

# **República de Cuba**

## **Primera Comunicación Nacional a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático**

Editores principales  
Abel Centella, Juan Llanes y Luis Paz

Editores  
Carlos López y Miriam Limia

## **AGRADECIMIENTOS**

---

**La preparación de la Primera Comunicación Nacional de Cuba estuvo financiada por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial a través del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Durante este proceso también resultó significativo el apoyo brindado por el Programa CC:TRAIN del Instituto de las Naciones Unidas para la Formación Profesional e Investigación. El soporte recibido a través del Programa de las Naciones Unidas para Medio Ambiente y de los gobiernos de Suiza y Dinamarca resultó igualmente importante para el desarrollo de algunos de los estudios técnicos.**

**Se agradece el esfuerzo desarrollado por todos los organismos e instituciones del país durante el desarrollo del trabajo, especialmente a aquellos que integran los equipos técnicos. Particular agradecimiento a las personas que tuvieron presencia y participación activa en los talleres de presentación de los resultados.**

**Nuestro reconocimiento para al Programa GEF/PNUD de Ayuda a las Comunicaciones Nacionales y a los expertos internacionales que ofrecieron una significativa contribución a los diferentes estudios, especialmente: Dr. Mike Hulme, Dr. Joel Smith, Dr. Ian Burton y Dra. Karen O'Brien. Así mismo se agradece la excelente labor realizada por el Sr. Emilio Sempris en la revisión del borrador final del documento.**

# Indice

Executive Summary .....	v
Resumen Ejecutivo .....	xv
Capítulo 1 Introducción General.....	1-1
1.1 El cambio climático.....	1-1
1.2 La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y el Protocolo de Kioto.....	1-2
1.3 La República de Cuba en el contexto del cambio climático.....	1-4
Capítulo 2 Circunstancias Nacionales.....	2-1
2.1 Introducción.....	2-1
2.2 Caracterización geográfica del archipiélago cubano.....	2-3
2.3 Condiciones climáticas generales.....	2-4
2.3.1 Los ciclones tropicales.....	2-5
2.4 Población, salud humana y educación.....	2-8
2.4.1 Población.....	2-8
2.4.2 Salud Pública.....	2-10
2.4.3 Educación.....	2-11
2.5 Estructura política y Marco jurídico e institucional.....	2-11
2.5.1 Organización territorial. División político-administrativa.....	2-12
2.5.2 Organos de poder.....	2-13
2.5.3 Marco jurídico e institucional.....	2-14
2.6 La economía cubana.....	2-15
2.6.1 Economía y medio ambiente.....	2-17
2.7 Energía.....	2-18
2.7.1 Fuentes de energía.....	2-18
2.7.2 Uso de energía.....	2-18
2.8 Agricultura, uso de la tierra y silvicultura.....	2-19
2.8.1 Agricultura.....	2-19
2.8.2 Uso de la tierra.....	2-20
2.8.3 Silvicultura.....	2-21
2.9 Recursos hídricos.....	2-21

2.10 Diversidad Biológica.....	2-22
2.11 Estado del medio ambiente.....	2-23
2.11.1 Degradación de los suelos.....	2-23
2.11.2 Deterioro del saneamiento y de las condiciones ambientales en los asentamientos humanos.....	2-24
2.11.3 Contaminación de aguas terrestres y marinas.....	2-24
2.11.4 Pérdida de la diversidad biológica.....	2-24
2.12 Resumen general de las circunstancias nacionales.....	2-25
Capítulo 3. Inventario Nacional de Emisiones y Absorciones de Gases de Efecto Invernadero. Años 1990 y 1994.....	3-1
3.1 Introducción.....	3-1
3.2 Sistema nacional para la determinación de las emisiones y absorciones de GEI.....	3-2
3.3 Metodologías y datos utilizados.....	3-2
3.3.1 Metodología y datos.....	3-2
3.3.2 Estructura de los inventarios.....	3-3
3.3.3 Gases de efecto invernadero y otros gases de importancia radiativa y fotoquímica tratados en los inventarios nacionales.....	3-3
3.4 Resultados generales obtenidos.....	3-4
3.4.1 Módulo 1: Energía.....	3-8
3.4.2 Módulo 2: Procesos industriales.....	3-13
3.4.3 Módulo 3: Uso de solventes y otros productos.....	3-14
3.4.4 Módulo 4: Agricultura.....	3-15
3.4.5 Módulo 5: Cambio de uso de la tierra y silvicultura.....	3-16
3.4.6 Módulo 6: Desperdicios.....	3-19
3.5 Evaluación de la calidad. Manejo de incertidumbres.....	3-19
3.6 Contribución relativa al calentamiento global de emisiones agregadas en equivalentes de CO <sub>2</sub> (CO <sub>2</sub> -e).....	3-22
3.7 Emisiones per cápitas de CO <sub>2</sub> y Carbono.....	3-23
Capítulo 4. Atenuación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero.....	4-1
4.1 Introducción.....	4-1
4.2 Eficiencia y uso racional de la energía.....	4-1
4.3 Opciones para reducir las emisiones de GEI.....	4-4
4.3.1 Opciones de mitigación en el sector residencial.....	4-6
4.3.2 Generación de energía eléctrica.....	4-7

---

4.3.3 Sector Industrial. Electricidad.....	4-8
4.3.4 Fuentes móviles cubanas.....	4-9
4.3.5 Forestal.....	4-9
Capítulo 5. Variabilidad climática. Impactos y adaptación.....	5-1
5.1 Introducción.....	5-1
5.2 Variaciones observadas en el clima de Cuba.....	5-2
5.3 Principales Impactos de la Variabilidad Climática.....	5-4
5.3.1 El evento ENOS.....	5-5
5.3.2 Ciclones Tropicales.....	5-10
5.4 Adaptación al impacto de la variabilidad natural del clima.....	5-12
5.4.1 Capacidad institucional para la predicción climática y la alerta temprana.....	5-13
5.4.2 Capacidad institucional para actuar ante eventos extremos.....	5-14
5.4.3 Posibles acciones estratégicas para reducir los impactos de la variabilidad climática.....	5-15
Capítulo 6. Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático.....	6-1
6.1 Introducción.....	6-1
6.2 Escenarios de cambio climático.....	6-2
6.3 Impactos de l cambio climático.....	6-5
6.3.1 Recursos hídricos.....	6-5
6.3.2 Zonas costeras y recursos marinos.....	6-6
6.3.3 Agricultura y silvicultura.....	6-7
6.3.4 Asentamientos humanos y uso de la tierra.....	6-10
6.3.5 Biodiversidad y vida silvestre.....	6-11
6.3.6 Salud Humana.....	6-12
6.4 Opciones de Adaptación.....	6-14
Capítulo 7. Observaciones sistemática e investigación.....	7-1
7.1 Introducción.....	7-1
7.2 Observación del clima y la composición química del aire.....	7-1
7.2.1 Centros y bases de datos.....	7-4
7.2.2 Contribución a los sistemas internacionales de monitoreo del clima y la composición de la atmósfera.....	7-4
7.3 Investigación científica.....	7-5
7.3.1 PNCT Los cambios globales y la evolución del medio ambiente cubano.....	7-6

---

7.3.2 PNCT Desarrollo sostenible de la montaña.....	7-9
7.3.3 PNCT Desarrollo energético sostenible.....	7-10
7.3.4 Programas nacionales vinculados con la seguridad alimentaria.....	7-11
7.3.5 Otros programas de investigación científica.....	7-12
7.4 Limitaciones.....	7-13
Capítulo 8. Creación de capacidades, educación y concientización pública.....	8-1
8.1 Introducción.....	8-1
8.2 Creación de capacidades técnicas sobre el tema del cambio climático.....	8-1
8.2.1 Iniciativas y esfuerzos nacionales.....	8-1
8.2.2 El Programa CC:TRAIN.....	8-2
8.2.3 Proyecto del PNUMA para la evaluación de los impactos del cambio climático y las medidas de adaptación en Cuba.....	8-3
8.2.4 Proyecto GEF/PNUD "Actividad habilitadora para que Cuba prepare su comunicación nacional a la CMNUCC".....	8-4
8.2.5 Desarrollo de capacidades en el contexto regional.....	8-4
8.3 Educación y sensibilización pública.....	8-5
8.3.1 Antecedentes.....	8-5
8.3.2 Acciones futuras.....	8-6
Capítulo 9. Posibles proyectos de investigación sobre el cambio climático.....	9-1
9.1 Introducción.....	3-1
9.2 Observación y vigilancia del clima.....	9-1
9.3 Variabilidad y cambio climático.....	9-2
9.4 Inventario nacional de emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero	9-3
9.5 Mitigación del cambio climático.....	9-4
9.6 Educación y sensibilización pública.....	9-4
Referencias.....	R-1
Anexo 1 Grupo Nacional de Cambio Climático.....	A-1
Anexo 2 Principales autores por capítulo.....	A-2
Anexo 3 Autores y colaboradores de los estudios técnicos.....	A-3
Anexo 4 Organismos, instituciones y organizaciones que han colaborado en el proceso de la Comunicación Nacional.....	A-5
Anexo 5 Símbolos y abreviaturas.....	A-7

## Executive summary

After having participated actively in the negotiation process for the adoption of the UNFCCC, the Republic of Cuba ratified the Convention on January 5<sup>th</sup>, 1994 and became Party to it on April 5<sup>th</sup>, 1994.

Like all the Parties to the Convention, Cuba is committed to transmit to the Conference of the Parties, through the Secretariat, different elements of information that are referred in Article 12. The presentation of Cuba's First National Communication to the UNFCCC constitutes the fulfilment of one of those obligations.

**National Circumstances:** The Republic of Cuba is a Socialist State organised as a Republic, whose official language is Spanish. The capital city is Havana. It is located in the Caribbean basin, between 19° 49' 36" and 23° 17' 09" North in latitude, and 74° 07' 52" and 84° 54' 57" West in longitude. The Cuban Archipelago is the westernmost in the Greater Antilles and has an extension of 110 860 km<sup>2</sup>, 104 945 km<sup>2</sup> corresponding to the Island of Cuba and 5915 km<sup>2</sup> to the Isle of Youth and the 1 600 remaining small islands and keys. The Island of Cuba presents an elongated and narrow configuration, and the length of its coasts is of 5 746 km. The insular shelf covers more than 50 000 km<sup>2</sup>. The whole archipelago represents 0.08% of the emerged lands of the planet, being fifteenth among the largest islands in the world.

Cuba's climate is tropical, seasonally wet, with marine influence and semi-continental features. Temperatures are generally high. The mean annual values go from 24°C in the plains to 26°C and even higher in the eastern coasts, being reported magnitudes lower than 20°C for the highest parts. The most variable element in the Cuban climate is rainfall. As average, 1 300 mm fall annually in most part of the territory. Two fundamental seasons are recognised: rainy (May to October) and not very rainy (November to April). Approximately 80% of the total of annual rain falls in the first season.

Among the meteorological events that affect Cuba's territory, tropical cyclones (TC) occupy an important place. The causes for that significance of the TCs are multiple and not only associated to the direct impact they produce. Their frequency of occurrence and linkages to some meteorological variables also make them an indisputable part of climate in Cuba. The two main natural disasters that Cuba has suffered in the last 100 years have been caused by the hurricane of Santa Cruz in 1932 and hurricane Flora in 1963, with great life losses of more than 3 000 and 1 500 inhabitants, respectively. The number of tropical cyclones that annually affect Cuba is very variable, with totals that go from zero to 5 storms (from zero to 4 in the case of hurricanes).

The estimated population ascended to 11 139 900 inhabitants in 1998. The mean rate of annual growth is 4.2 per thousand inhabitants, and the population density is 100.5 inhab/km<sup>2</sup>; whereas the global rate of 1.58 children per woman is the lowest in Latin America. About 74.3% of the Cuban population lives in 570 urban settlements (55 classify as cities, with populations that vary between 20 000 and more than 1 million inhabitants), while 6 264 rural settlements concentrate 25.7%.

In the 90's, the nation suffered a sharp shortage of financial resources due to the abrupt loss of nearly 80% of its foreign trade, resulting from the collapse of the socialist system in Europe and the strong limitations to accessing the external credit, as a consequence of different factors, among which the continuous and sustained blockade imposed by the United States of America against Cuba stands out. After a fall of almost 35% in the Gross Domestic Product (GDP) between 1989 and 1993, the descent stopped in 1994, with a discreet growth of 0.7%. A recovery process began in 1995 and has been continued in a sustained fashion during the last years, allowing for a greater reinsertion of the Cuban economy in the international market, as well as for the improvement of the levels of satisfaction of the fundamental needs that had also suffered a high degree of deterioration. This is the sixth consecutive year in which the Cuban economy presents increase in its GDP, reaffirming the continuity of the recovery process.

### **National inventory of greenhouse gas emissions and removals. Years 1990 and**

**1994:** For the elaboration of the inventories, a national multidisciplinary technical team was organised, with three working groups, co-ordinated by the Institute of Meteorology (INSMET) under the Environmental Agency of the Ministry of Science, Technology and Environment. These groups are the following: the technical/methodological group, the group of activity data and the technical sectorial group. An important number of institutions of the country participate in this team.

The inventory compilation was carried out using the 1996 guides of the Intergovernmental Panel on Climate Change approved by the Conference of the Parties to the UNFCCC for this objective. For some sources, these guides were supplemented by other internationally adopted methodologies, namely, the **EMEP/CORINAIR (1996), US EPA (1995) and IAEA (1999)**..

For the inventories, the different main categories of sources/sinks were used to report the emissions, and they constitute modules of the inventory monograph. These sources are the following: energy, industrial processes, solvents and other product use, agriculture, land use change and forestry, and waste. A module was also included for the analysis of the uncertainties.

The greenhouse gases included in the inventories are: Carbon dioxide (CO<sub>2</sub>); Methane (CH<sub>4</sub>); Nitrous oxide (N<sub>2</sub>O), Carbon monoxide (CO); Nitrogen oxides (NO<sub>x</sub>). Other gases of radioactive and photochemical importance were also considered, such as the volatile organic compounds different from Methane (VOC<sub>DM</sub>) and the Sulphur dioxide (SO<sub>2</sub>). It was not possible to approach the estimation of the emissions of Hydrofluorocarbons (HFCs); Perfluorocarbons (PFCs) and Sulphur hexafluoride of (SF<sub>6</sub>), for not having the necessary activity data.

In 1990, the greenhouse gas total gross emissions<sup>(1)</sup> turned out to be of 41 314.83 Gg, while in 1994 it was of 26 043.45 Gg, for a decrease of 36.96%. In both cases CO<sub>2</sub> accounts for the

---

<sup>1</sup> Total gross emissions, including the emissions from the Land Use Change and Forestry module.



---

greatest contributions to the emissions with 94.6% in 1990 and 94.74% in 1994. In 1990 CH<sub>4</sub> contributed in 1.23% and 1.7% in 1994; while the contribution of N<sub>2</sub>O was 0.14% in 1990 and 0.06% in 1994.

On the other hand, the national total of greenhouse gas net emissions<sup>(2)</sup> in Cuba for the baseline year 1990 was estimated in 13 656.75 Gg. Of the greenhouse gases of direct effect, the CO<sub>2</sub>, with 11 425.6 Gg, represents 83.66% of the net emissions, followed by the CH<sub>4</sub> with 510.19 Gg (3.74%), and the N<sub>2</sub>O with 56.3 Gg (0.40%). In 1994, on the contrary, a net removal of 2 797.56 Gg of greenhouse gases took place. This removal was caused by the combination of the increase of CO<sub>2</sub> removals in the land use change and forestry sector, with an important reduction of the emissions of that gas in the energy sector. Emission reductions were also observed in other sectors and gases.

With regard to each sector's contribution to the national emissions, in 1990 the energy sector contributed most of the emissions with 34 647.55 Gg, while in the land use change and forestry sector a net removal of 23 982.67 Gg took place. In 1994 the energy sector (22 259.56 Gg) also made the greatest contribution, while in the land use change and forestry sector there was a net removal of 26 469.6 Gg, a little higher than that of 1990.

The reductions observed in the emissions from 1990 on are a consequence of the sharp economic crisis resulting from the combined effect of the disappearance of the main commercial links and conditions that Cuba had sustained during several years with the eastern European countries, and the increase in the economic blockade exerted by the U.S.A. Although the decrease in terms of the GDP reached 35% in these years, production in general declined in more than 45%, affecting in a widespread way the economic and social activities, and especially fundamental economic lines like the sugar-producing industry. Sectors of great weight in the greenhouse gas emissions were also affected, such as electricity generation, steel industry, nickel extraction and processing, as well as the industry of construction materials, transportation and other agricultural activities.

**Mitigation options:** The CO<sub>2</sub> gross emissions reported by the National Inventory of Greenhouse Gas Emissions and Removals were used as starting point in order to analyse the mitigation potential for 1990 and 1994, ascending to 39.1 and 24.7 MMt of CO<sub>2</sub> respectively, with a reduction of 37% in 1994 with respect to 1990.

The design of mitigation options in the Cuban context possesses special characteristics, although not unique. In this case two elements to be taken in consideration converge. First, the reduction of emissions as a consequence of the economic crisis, and second, the relative reduction of emissions as a result of an energy policy that places special emphasis on a greater efficiency and a better use of the national energy sources. While these circumstances do not prevent the identification and design of concrete mitigation options, they constitute an obstacle for the design of a baseline that appropriately reflects the possible future scenarios of greenhouse gas emission, taking into consideration Cuba's fair aspirations to re-establish the standards of living and welfare reached before the present economic situation, and gradually increase them.

---

<sup>2</sup> Net Emissions or Removals = Emissions - Removals

Starting from the projections on the economic evolution for the coming years (increase of the gross domestic product in 4-6 % annually), it has been estimated that, if the carbon intensity levels and GDP are considered to be similar to those of 1990 and mitigation measures are not adopted, the gross emissions level would ascend to about 81.3 MMt for the year 2020.

An emission scenario for the year 2020, taking into consideration the reduction of the energy intensity reached in these years and without including mitigation actions, supposes a gross emissions level in the order of 70.8 MMt of carbon (a reduction in 10.5 MMt with regard to the previous projection). Therefore, it can be affirmed that the measures adopted in the 1990's, although they were not aimed at the mitigation of climate change, presuppose an important contribution to the reduction of emissions.

The mitigation study carried out during 1999 and the outlook in the progression of economy, allow to estimating that the levels of gross emissions in the year 1990 will be reached and surpassed approximately between 2005 and 2010. The onset of 26 mitigation options designed and evaluated in this stage represents a mitigation potential of about 230 MMt of carbon in the period comprised between 1999 and 2030. This figure constitutes only a part of the total mitigation potential, which could be higher.

A first approach to the economic evaluation demonstrates that parts of the measures are those known as "no regret" options. However, they confront important limitations for their implementation from the financing point of view and due to the insufficient knowledge, experience and mastering of financing mechanisms and sources.

According to the reasons stated above, it can be asserted that an important part of the designed options cover in essence the additionality requirement.

**Climate variability. Impacts and adaptation:** Most of the studies on the vulnerability and adaptation to climate change have been directed to determine its potential impacts for distant periods of time, without considering elements of the current or future climate variability. However, if it is considered that any change in climate will be superimposed to the natural climate variability, and considering that the latter represents a more urgent problem, there are good reasons to make a thorough analysis of the impacts related to it. The lessons learned today will increase our capacity to know in advance how to act before situations of crisis. The inclusion of an analysis on impacts and adaptation to climate variability within Cuba's National Communication shows the importance attributed to this issue.

Studies carried out in Cuba have demonstrated the existence of important climate variations in the country and in the region. Major trends to the increase of the annual mean air temperature in 0.5°C, and increase in the frequency of impact of extreme climatic events, like intense rains and severe local storms, among others, are evidences that characterise the climate of the second half of the XX century in Cuba. The frequency of drought events has also increased significantly, while the hurricanes that affect Cuba show a secular tendency to reduction. It has been demonstrated that these variations are consistent with the changes observed in the atmospheric circulation in the region and with the increase in the influence of El Niño/Southern Oscillation

(ENSO) event, which plays an important role as forcing element of climate variability in Cuba. Cuban climate's behaviour during the last 4 decades is consistent and suggests the existence of an important variation in the decade of the 1970's.

In spite that the effects of extreme climatic events have been remarkable for the country, the existence and development of institutional capacities to increase the level of preparedness and response have notably reduced the impacts, before a society that has increased the level of exposure, due to economic development and population growth. The importance of such capacities can be clearly demonstrated when comparing the impacts of hurricane Flora in 1963 and of the ENSO event in 1982-83, with those of hurricane Lili in 1996 and of the ENSO event in 1997-98, respectively. In the case of hurricane Flora (one of the greatest natural disasters occurred in Cuba), the capacity to prevent and to act was very reduced, resulting in a very low level of readiness. However, during Lili the level of preparedness and response was much higher and the impacts were notably lesser. Similar conclusions can be reached in the comparison of the impacts caused by the two ENSO events mentioned before.

The efforts of the Cuban State to develop science and technique in Cuba show the certainty of a policy established since the beginning of the Revolution. The creation of the Institute of Meteorology and the assignment to this institution of functions related to climate monitoring, and the development of investigations oriented to the establishment of prediction and climate warning methods for different timeframes, are a relevant evidence of the interest to reduce climate impacts.

Cuba possesses an efficient response system before the impacts of climate anomalies. The main achievements that it presents are based on the existence of a centralised structure that guarantees the participation of all the levels of society. The fact that the National Civil Defence System is inserted within the general plans for the defence of the country guarantees a high level of response. The main virtue of the Cuban response system is that the preservation of human life constitutes its main priority, even at the cost of employing important material resources.

Notwithstanding, weaknesses do exist. The popular perception and that of some productive sectors on the events of climate variability is still incomplete and in some cases erroneous, since there is no education system structured in this sense, in spite of the efforts carried out. Also, the monitoring and warning systems and the way they are used by society shall still be improved.

Therefore, it can be concluded that it is of paramount importance to deepen the knowledge about the different elements of climate variability in Cuba, its extreme events and the magnitude of its impacts. In fact, the measures of adaptation to climate variability identified are focused in the continuous strengthening of the institutional capacity to prevent and to act before this variations, increasing the level of readiness of the Cuban society. Experience demonstrates that preparedness is an appropriate strategy to reduce the adverse impacts of climate variability.

**Vulnerability and adaptation to climate change:** The climate change scenarios, developed in the framework of the evaluation of climate change impact and adaptation measures in Cuba, indicate that the magnitudes of the annual mean temperature of the air could increase gradually until reaching values between 1.6°C and 2.5°C for the year 2100. In the case of

rainfalls, the prospect presents greater uncertainty, because while some models indicate the reduction of the annual totals, others produce increments. In spite of this, it is estimated that the temperature increase is so remarkable that, even in the cases where rainfall increments are projected, there could occur an intensification and expansion of the aridity and drought processes. In the case of sea level, future projections indicate increments in the order of 8 to 44 cm for the 2050, and 20 to 95 cm for the 2100.

Consistently with the adopted climate scenarios, major impacts could affect the selected sectors. The fact that Cuba is an archipelago results in that the impacts associated to sea level rise can be classified as most important. Moreover, climate projections show the possible intensification and spatial extension of aridity, as well as a greater frequency of drought processes. In such circumstances, the decrease of potential water resources will be remarkable, which would sensibly affect the relationship availability - demand - delivery of water, and consequently all the uses of this resource, especially food production and human consumption.

The increment of aridity will have a very important influence in the reduction of the country's forest areas, and thus in the associated biodiversity loss . The above-mentioned could impose the need to carry out substantial changes in the use of land, whose surface will be reduced before the sea level increase.

Natural resources of great economic and social importance would increase their vulnerability before the impact of extreme meteorological events, because of the sea level rise. Marine biotic resources could also be affected, which, by decreasing, would limit their employment in feeding the population. This fact would be grave before a situation of reduction of agricultural yields because of adverse climatic conditions.

An important number of human settlements would increase their vulnerability as a result of the sea level rise. Hence, a greater quantity of inhabitants would be in danger of floods by sea transgression.

The results of the evaluation showed that the human settlements located in the eastern region of the country can be seriously affected. Consequently, climate change impacts could stimulate the exodus of their inhabitants toward areas with better conditions. This migratory process could increase the vulnerability of the recipient regions, making the impacts more remarkable.

When evaluating the impacts, a group of adaptation options were determined that are inserted within a strategy generally based on the immediate action, that is to say the anticipated adaptation. The general adaptation strategy in Cuba will guarantee:

1. The rational use and protection of water resources;
2. The conservation and protection of beaches and mangrove swamp areas;
3. The improvement of Cuban agriculture and the conservation and protection of forest resources;
4. The appropriate employment of territorial zonation in the human settlement and land use system;

5. The protection of biodiversity and wildlife; and
6. The improvement of the Cuban health system.

It is not paradoxical that many of the previous lines are considered within the national strategies of natural resource conservation and protection, as well as in the legislation in force to this respect. In fact, climate change is one, but not the only problem associated to environment. Its role should not be either exaggerated or ignored. The remarkable importance that the Cuban State has given to the protection of environment facilitates that many of the measures proposed for each sector can be adopted and implemented in a rational and planned fashion.

The will to ensure the welfare and protection of the population has potentiated the development of an important number of institutions directly or indirectly involved in the adaptation to climate change.

It should be noticed that the complexity of the topic demands the continuation of researches. For that purpose, use can be made of the accumulated experience and of new methods for scientific analysis and evidences on the characteristics of climate change. It will also be necessary the financial support to these researches on the part of multilateral or bilateral mechanisms. In general, it is strategic to develop actions directed to:

- Strengthen the observation systems of the different environment components, especially those related to climatic, hydrological and oceanological variables.
- Carry out new researches to evaluate the impact of the natural climate variability. A greater knowledge of the different ways of climate variation and the creation of climate prediction systems at different time terms, are indispensable elements to be able to elaborate more precise early adaptation strategies in each sector.
- Continue developing the researches related to climate change impact, using the new scientific evidences on their characteristics and employing more sophisticated methods of analysis that facilitate to carry out more integral evaluations.

**Systematic observation and research:** In order to guarantee the operation of the meteorological, climate and atmosphere pollution surveillance systems, the INSMET relies on a network of 75 meteorological stations and 11 rain and air quality control stations throughout the Cuban Archipelago. These systems are based on the information provided by the meteorological observation stations operated by the Institute of Civil Aeronautics of Cuba (IACC) at the Airports of the country, as well as the meteorological and hydrological stations and rain gauges operated by the National Institute of Hydraulic Resources (INRH), the Ministry of Sugar (MINAZ) and the Ministry of Agriculture (MINAGRI). INSMET operates an observatory for the measurement of stratospheric ozone since 1982, using instruments with M-83 and M-124 filters, as well as a Lidar Station for the measurement of stratospheric aerosols, located in Camagüey city since 1988.

By means of its hydrometeorological observation networks, the Republic of Cuba contributes to the main data collection systems of the WMO, such as the World Meteorological Surveillance

(WMS), and the Global Atmosphere Surveillance (GAS). Contribution is also made to the activities of the Global Climate Observing System (GCOS) and the Global Ocean Observing System (GOOS) by means of the systematic observations from ships of the Cuban fleet that provide meteorological information.

The surveillance of atmospheric pollution comprises the control of regional and global levels of atmosphere composition, according to the programs and criteria of the Background Atmospheric Pollution Monitoring Network (BAPMoN) of the WMO. It also considers the control of the main trace gases (nitrogen, sulphur and carbon compounds) that influence on the health, the terrestrial and aquatic ecosystems, and indirectly on climate.

Other programs for the surveillance of the atmospheric state include measurements of the stratospheric and tropospheric ozone, and other akin chemical compounds and variables, especially trace gases, water steam and UV, in accordance with the World Ozone Observing System (SMO03) of the WMO. The stratospheric aerosol control is also carried out, as well as the study and pursuit of the dispersion, transport, transformation and deposit of atmospheric constituents on the land and the sea in different time and space scales. Control in the level of impact of the atmosphere composition is also conducted, especially in the population settlements influenced by emissions from sources of air pollutants, based on the WHO-WMO joint program in this sector.

Cuba possesses a well structured system of research programs that, according to the available financial resources, allows to cover a wide spectrum of problems, basically oriented to the economic, technological, intellectual and cultural development of the Country.

Since 1995, the direction of science in Cuba has summoned different National Scientific-Technical Programs (NSTP), which respond to the priorities for the scientific and technological activity. Among the NSTP that are being undertaken at present, there are seven that include directly or indirectly researches relating to climate change. They are: 1) Global changes and the evolution of the Cuban environment; 2) Sustainable development of the mountains; 3) Sustainable Energy Development; 4) Production of foods for the population through sustainable ways; 5) Production of animal food through sustainable ways; 6) Agricultural biotechnology; 7) Vegetal improvement and phylogenetic resources. The Program of global changes stands out in this group, including among its programs one devoted to variability and climate change, and another oriented to the researches on atmosphere pollution and chemistry. Other sub-programs study biodiversity, terrestrial ecosystems, agricultural ecosystems and soils, among others.

Besides the NSTP, other research activities are underway the country. These are devoted to the study of the environment-development relationships, as well as to the development of forecasting systems and climatic studies applied to different sectors.

To maintain the existing observation systems, as well as the level of scientific activity, the Cuban State annually allocates considerable financial resources, in spite of the difficult moments that Cuban economy has undergone and continue undergoing. This represents a constraint to the intellectual capacity existing in the country to be able to advance in the complex studies about

climate change. Financial restrictions are more severe in the case of the observation and monitoring systems, because the resources required are significantly greater.

**Capacity building, education and public awareness:** Although climate change is a relatively new and complex topic, modest advances can be noticed in Cuba in the study and understanding of the different technical aspects related to this theme. On the one hand, these advances are the result of national efforts initiated at the beginning of the 1990's; while on the other hand, the financial support received from different international projects has allowed to enlarge the initially created capacities. However, in spite of the advance in the creation of technical capacities, the elements of education and public awareness are aspects that require to be developed in the near future.

The support received from the CC:TRAIN Program was crucial in the development of the technical capacities for the conduction of different studies and evaluations. Under CC:TRAIN, the National Group on Climate Change was created, integrated by more than a dozen of experts from different organisations and institutions. Another important step in the organisation of activities was the creation of the three technical teams in charge of the development of national studies. These teams are integrated by specialists from different academic, scientific and technical research institutions, as well as from the productive sector.

Other projects like the UNEP Project "Impacts of Climate Change and Adaptation Measures in Cuba", and the GEF/UNDP Project "Enabling Activity so that Cuba Elaborates its National Communication to the UNFCCC", increased much more the capacities and facilitated the execution of complex studies integrating numerous scientists and technicians. These activities created the potentialities so that Cuba could contribute to the development of the technical studies in other countries of the Latin America and Caribbean region. The fact that the Institute of the United Nations for the Professional Training and Investigation (UNITAR) has identified Cuba as regional partner for the capacity building in the region constitutes an evidence of how the technical capacities have been developed.

It should be noticed, however, that in the field of education and public awareness there is still much to be achieved and it is a high-priority to begin designing, implementing and developing a national program that tends to cover the following objectives:

- Strengthen the work linkages with the different mass media to develop environmental education and popularisation programs, achieving greater public awareness.
- Promote and address the themes on climate change issues and their effects within the educational programs of the national education system.
- Continue incorporating the topics related to climate change within the branch science and technique programs.
- Elaborate didactic, scientific and technical materials, and others of a popular sort, that bring the topic of climate change closer to daily reality.

- Strengthen the institutional capacities that potentiate the management of environmental education with regard to these topics.
- Establish a network of centres that guarantee public access to the information on the topic of climate change and its effects, the mitigation options and other types of information relating to the UNFCCC implementation process at global, regional or national level.
- Foster and promote the development of educational projects, propitiating the exchange of national and international experiences related to climate change.
- Strengthen and widen the exchange with the NGOs that are related to the environment.
- Organise systematic workshops with the objective of informing or updating decision-makers, mass media and other sectors of the Cuban society on the national results, as well as on the current and future UNFCCC implementation process in the country.
- Organise national public awareness campaigns oriented to different sectors.



## Resumen ejecutivo

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.

Como todas las Partes de la Convención, Cuba está obligada a transmitir a la Conferencia de las Partes, por conducto de la secretaría, varios elementos de información que aparecen referidos en el Artículo 12. La presentación de la Primera Comunicación Nacional de Cuba a la CMNUCC da cumplimiento a una de esas obligaciones.

**Circunstancias nacionales:** La República de Cuba es un Estado Socialista organizado en forma de República cuyo idioma oficial es el español; la capital es La Habana. Se encuentra situada en la cuenca del Caribe, entre los 19° 49' 36'' y 23° 17' 09'' de latitud Norte y los 74° 07' 52'' y 84° 54' 57'' de longitud oeste. El Archipiélago cubano es el más occidental de las Antillas Mayores y tiene una extensión superficial de 110 860 km<sup>2</sup>, de ellos corresponden 104 945 km<sup>2</sup> a la Isla de Cuba y 5915 a la Isla de La Juventud y los 1 600 islotes y cayos restantes. La Isla de Cuba tiene configuración alargada y estrecha y la longitud de sus costas es de 5 746 km. La plataforma insular abarca más de 50 000 km<sup>2</sup>. Todo el archipiélago representa el 0.08% de las tierras emergidas del planeta, ocupando el decimoquinto lugar entre las mayores islas del mundo.

El clima de Cuba es tropical, estacionalmente húmedo, con influencia marítima y rasgos de semicontinentalidad. Las temperaturas son generalmente altas. Los valores medios anuales van desde los 24°C en las llanuras hasta 26°C y más en las costas orientales, reportándose magnitudes inferiores a los 20°C en las partes más altas. El elemento que más varía en el clima de Cuba son las precipitaciones. Como promedio, anualmente caen 1 300 mm y en la mayor parte del territorio, se reconocen dos temporadas fundamentales: lluviosa (de mayo a octubre) y poco lluviosa (de noviembre a abril). En la primera cae aproximadamente el 80% del total de lluvia anual.

Entre los eventos meteorológicos que afectan al territorio de Cuba, los ciclones tropicales (CT) ocupan un lugar importante. Las causas que resaltan esa importancia de los CT son múltiples y no están asociadas únicamente al impacto directo que estos ocasionan; también, su frecuencia de ocurrencia y los vínculos que tienen con algunas variables meteorológicas, los hacen parte indiscutible del clima en Cuba. Cabe destacar que los dos principales desastres naturales que ha sufrido Cuba en los últimos 100 años han sido ocasionados por el huracán de Santa Cruz en 1932 y por el huracán Flora en 1963, en los cuales perdieron la vida más de 3 000 y 1 500 habitantes, respectivamente. El número de ciclones tropicales que afecta anualmente a Cuba es muy variable, con totales que van desde cero hasta 5 tormentas (desde cero hasta 4 para el caso de los huracanes).

La población estimada en el año 1998 ascendía a 11 139 900 habitantes. La tasa media de crecimiento anual es 4.2 por mil habitantes y la densidad de población de 100.5 hab/km<sup>2</sup>, mientras que la tasa global de 1.58 hijos por mujer es la más baja de América Latina. El 74.3% de la población cubana vive en 570 asentamientos urbanos (55 clasifican como ciudades, con

poblaciones que varían entre 20 000 y más de 1 millón de habitantes), mientras 6 264 asentamientos rurales concentran el 25.7%.

En el decenio de los 90, la nación sufrió una aguda escasez de recursos financieros producto de la brusca pérdida de cerca del 80% de su comercio exterior, resultante del derrumbe del campo socialista en Europa y de las fuertes limitaciones en el acceso al crédito exterior, como consecuencia de diferentes factores, entre los que se destaca el continuo y sostenido bloqueo impuesto por los Estados Unidos de América contra Cuba. En 1994, luego de una caída de casi el 35% en el PIB entre 1989 y 1993, se detuvo el descenso, con un discreto crecimiento del 0.7%. A partir de 1995 se inició un proceso de recuperación que se ha mantenido de manera sostenida durante los últimos años, permitiendo una mayor reinserción de la economía cubana en el mercado internacional, así como mejorar los niveles de satisfacción de las necesidades fundamentales que también sufrieron un alto grado de deterioro. Por sexto año consecutivo la economía cubana presenta crecimientos del producto interno bruto, reafirmando la continuidad del proceso de recuperación.

### **Inventario nacional de emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero.**

**Años 1990 y 1994:** Para la preparación de los inventarios se organizó un equipo técnico nacional multidisciplinario, con tres grupos de trabajo, coordinado por el Instituto de Meteorología perteneciente a la Agencia de Medio Ambiente del Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente. Estos grupos son los siguientes: grupo técnico/metodológico, grupo de datos de actividad y grupo técnico sectorial. En este equipo participan un número importante de instituciones del país.

La compilación del inventario se realizó utilizando las guías del Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático de 1996 que son las aprobadas por la Conferencia de las Partes de la CMNUCC para este objetivo. Para algunas fuentes, estas guías fueron complementadas por otras metodologías reconocidas internacionalmente.

En los inventarios se utilizaron las diferentes categorías principales de fuentes/sumideros para reportar las emisiones y que constituyen módulos de la monografía del inventario. Estas fuentes son las siguientes: energía, procesos industriales, solventes y uso de otros productos, agricultura, cambio del uso de la tierra y silvicultura, y desperdicios. Además se incluyó un módulo para el análisis de las incertidumbres.

Los gases de efecto invernadero directos tratados en los inventarios son: Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>); Metano (CH<sub>4</sub>); Oxido Nitroso (N<sub>2</sub>O), Monóxido de Carbono (CO); Oxidos de Nitrógeno (NO<sub>x</sub>). También se consideraron otros gases de importancia radiativa y fotoquímica como los compuestos orgánicos volátiles distintos al Metano (COVDM) y el Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>). No resultó posible abordar el cálculo de las emisiones de Hidrofluorocarbonos(HFC); Perfluorocarbonos (PFC<sub>s</sub>) y Hexafluoruro de Azufre (SF<sub>6</sub>), por no disponerse de los datos de actividad necesarios.

En 1990 el total de emisiones brutas de GEI<sup>(1)</sup> resultó ser de 41 314.83 Gg, mientras que en 1994 fue de 26 043.45 Gg, para una disminución del 36.96%. En ambos casos el CO<sub>2</sub> tiene los mayores aportes a las emisiones con el 94.6% en 1990 y el 94.74% en 1994. En 1990 el CH<sub>4</sub> contribuyó con el 1.23% y en 1994 el 1.7% , mientras que el N<sub>2</sub>O lo hizo con el 0.14% en 1990 y 0.06% en 1994.

Por otra parte, el total nacional de emisiones netas<sup>(2)</sup> de GEI en Cuba para el año base 1990, fue estimado en 13 656.75 Gg. De los GEI de efecto directo, el CO<sub>2</sub>, con 11 425.6 Gg, representa el 83.66% de las emisiones netas, seguido por el CH<sub>4</sub> con 510.19 Gg (3.74%) y el N<sub>2</sub>O con 56.3 Gg (0.40%). En 1994, por el contrario, se produjo una absorción neta de 2 797.56 Gg de GEI. Esta absorción fue provocada por la combinación del aumento de las absorciones de CO<sub>2</sub> en el sector de cambio de uso de la tierra y silvicultura, con una importante reducción de las emisiones de ese gas en el sector de la energía. También se observaron reducciones de emisiones en otros sectores y gases.

Con respecto a la contribución de cada sector a las emisiones, en 1990 el sector de la energía aportó la mayor parte de las emisiones con 34 647.55 Gg, mientras que en el sector de cambio de uso de la tierra y silvicultura se produjo una absorción neta de 23 982.67 Gg. En 1994 el sector de la energía (22 259.56 Gg) también aportó la mayor contribución, mientras que en el sector de cambio de uso de la tierra y silvicultura se produjo una absorción neta de 26 469.6 Gg, algo superior a la observada en 1990.

Las reducciones observadas en las emisiones a partir de 1990, son una consecuencia de la aguda crisis económica resultante del efecto combinado de la desaparición de los principales vínculos y condiciones comerciales que durante varios años sostuvo Cuba con los países de Europa del Este y la agudización del bloqueo económico que ejercen los EE.UU. Si bien la disminución en términos del Producto Interno Bruto alcanzó 35% en estos años, la producción en general decayó en más del 45%, afectando de forma generalizada las actividades económicas y sociales y en especial, renglones económicos fundamentales como la agroindustria azucarera. También fueron afectados sectores de gran peso en las emisiones de GEI, como la generación de electricidad, la industria siderúrgica, la extracción y procesamiento de níquel, así como la industria de materiales de construcción, el transporte y otras actividades agropecuarias.

**Opciones de mitigación:** Para analizar el potencial de mitigación se utilizaron como base de partida las emisiones brutas de CO<sub>2</sub> reportadas por el Inventario Nacional de Emisiones y Absorciones de Gases de Invernadero para 1990 y 1994, cuyos montos ascienden a 39.1 y 24.7 MMt de CO<sub>2</sub> respectivamente, con una reducción del 37% en 1994 respecto a 1990.

El diseño de opciones de mitigación en el contexto cubano posee características especiales, aunque no únicas. En este caso concurren dos elementos a tomar en consideración. Primero, la reducción de emisiones como consecuencia de la crisis económica y segundo, la reducción relativa de emisiones como resultado de una política energética, que pone especial énfasis en una

---

<sup>1</sup> Emisiones brutas totales, incluyendo las emisiones del módulo Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura

<sup>2</sup> Emisiones o Absorciones Netas = Emisiones - Absorciones

mayor eficiencia y un mejor uso de las fuentes nacionales de energía. Si bien estas circunstancias no impiden la identificación y el diseño de opciones concretas de mitigación, constituye un obstáculo para el diseño de una línea base que refleje de forma adecuada los posibles escenarios futuros de emisión de gases de efecto invernadero, tomando en consideración las justas aspiraciones de Cuba de restablecer los niveles de bienestar y de vida alcanzados antes de la presente situación económica y de aumentar paulatinamente los mismos.

A partir de las proyecciones sobre la evolución económica para los próximos años (crecimiento del producto interno bruto entre 4-6 % anual) se ha estimado que, si se consideran los niveles de intensidad de carbono y del producto interno bruto iguales a los del año 1990 y no se adoptan medidas de mitigación, para el año 2020 el nivel de emisiones brutas de carbono ascendería a unas 81.3 MMt.

Un escenario de emisiones para el año 2020, tomando en consideración la reducción de la intensidad energética alcanzada en estos años y sin incluir acciones de mitigación, supone un nivel de emisiones brutas del orden de las 70.8 MMt de carbono (una reducción de 10.5 MMt con respecto a la proyección anterior). Por eso se puede afirmar que las medidas adoptadas en los años 90, si bien no estaban destinadas a la mitigación del cambio climático, suponen una importante contribución a la reducción de emisiones.

El estudio de mitigación efectuado durante 1999 y las previsiones sobre la marcha de la economía, permiten estimar que los niveles de emisiones brutas del año 1990, serán alcanzados y sobrepasados aproximadamente entre 2005 y 2010. El conjunto de las 26 opciones de mitigación diseñadas y evaluadas en esta etapa, representan un potencial de mitigación cercano a las 230 MMt de carbono en el período comprendido entre 1999 y 2030. Esta cifra constituye solamente una parte del potencial total de mitigación, pues el mismo podría ser superior.

Una primera aproximación a la evaluación económica, demuestra que una parte de las medidas resultan opciones conocidas como “sin excusa”. Sin embargo, afrontan limitaciones importantes para su implementación desde el punto de vista del financiamiento y debido al insuficiente conocimiento, experiencia y dominio de mecanismos y fuentes de financiamiento.

Por las razones anteriormente apuntadas puede afirmarse que una parte importante de las opciones diseñadas, cubren en lo fundamental el requisito de adicionalidad.

**Variabilidad del clima. Impactos y adaptación:** La mayor parte de los estudios sobre vulnerabilidad y adaptación al cambio climático se han orientado a determinar los impactos potenciales del mismo para períodos de tiempo lejanos, sin considerar elementos de la variabilidad climática actual o futura. Sin embargo, si se considera que cualquier cambio en el clima se superpondrá a la variabilidad climática natural y considerando que esta última representa un problema más apremiante, existen buenas razones para adentrarse en el análisis de los impactos relacionados con la misma. Las lecciones que hoy aprendamos incrementarán nuestra capacidad para saber actuar anticipadamente ante situaciones de crisis. La inclusión de un análisis sobre impactos y adaptación a la variabilidad del clima dentro de la comunicación nacional de Cuba permite mostrar la importancia que se le atribuye a este tema.

Estudios realizados en Cuba han demostrado la existencia de variaciones importantes del clima en el país y en la región. Tendencias significativas al aumento de la temperatura media anual del aire en el orden de 0.5°C, e incremento en la frecuencia de afectación de eventos climáticos extremos, como las lluvias intensas y las tormentas locales severas, entre otros, son evidencias que caracterizan el clima de la segunda mitad del siglo XX en Cuba. La frecuencia de los eventos de sequía también se ha incrementado significativamente, mientras que los huracanes que afectan a Cuba muestran una tendencia secular a la reducción. Se ha demostrado que estas variaciones son consistentes con los cambios observados en la circulación atmosférica en la región y con el incremento de la influencia del evento Niño/Oscilación del Sur, el cual juega un papel importante como elemento de forzamiento de la variabilidad climática en Cuba. El comportamiento observado en el clima de Cuba durante las últimas 4 décadas es consistente y sugiere la existencia de una variación importante en la década de los años 70.

A pesar de que los efectos de eventos climáticos extremos han sido notables para el país, la existencia y desarrollo de capacidades institucionales para aumentar el nivel de preparación y respuesta, han reducido notablemente los impactos, ante una sociedad que ha incrementado el nivel de exposición, debido al desarrollo económico y el crecimiento de la población. La importancia de tales capacidades se puede demostrar con claridad al comparar los impactos del huracán Flora en 1963 y del evento ENOS 1982-83 con los del huracán Lili en 1996 y del evento ENOS 1997-98, respectivamente. En el caso del huracán Flora (uno de los mayores desastres naturales acontecidos en Cuba) la capacidad de prevenir y actuar era muy reducida, de ahí que el nivel de preparación resultaba muy bajo. Sin embargo, durante el Lili, el nivel de preparación era mucho más alto y los impactos fueron notablemente menores. En la comparación de los impactos de los dos eventos ENOS mencionados se pueden extraer conclusiones similares.

Los esfuerzos del estado cubano para desarrollar la ciencia y la técnica en Cuba muestran la certeza de una política trazada desde el inicio de la revolución. La creación del Instituto de Meteorología y la asignación a esta institución de funciones relacionadas con la vigilancia del clima y el desarrollo de investigaciones orientadas al establecimiento de métodos de predicción y avisos climáticos para diferentes plazos de tiempo, es una muestra relevante del interés para reducir el impacto del clima.

Cuba posee un eficiente sistema de respuesta ante los impactos de las anomalías climáticas. Los principales logros que el mismo presenta parten de la existencia de una estructura centralizada que garantiza la participación de todos los niveles de la sociedad. El hecho de que el Sistema Nacional de Defensa Civil se inserte dentro de los planes generales para la defensa del país garantiza un alto nivel de respuesta. La principal virtud del sistema de respuesta cubano, es que en el mismo se pone como principal prioridad la preservación de la vida humana, aún a costo del empleo de importantes recursos materiales.

A pesar de lo anterior existen debilidades. Aún la percepción popular y de algunos sectores productivos sobre los eventos de la variabilidad climática, es incompleta y en algunos casos errónea, ya que a pesar de los esfuerzos realizados, todavía no existe un sistema de educación estructurado en este sentido. Además, los sistemas de monitoreo y aviso y la forma en que los mismos son utilizados por la sociedad, aún deberán ser mejorados.

De lo anterior, se puede concluir que resulta de capital importancia profundizar en el conocimiento sobre los diferentes elementos de la variabilidad del clima en Cuba, sus extremos y la magnitud de sus impactos. De hecho, las medidas de adaptación a la variabilidad del clima que se identifican están enfocadas en el continuo fortalecimiento de la capacidad institucional para prevenir y actuar ante dichas variaciones, elevando el nivel de preparación de la sociedad cubana. La experiencia demuestra que la preparación es una estrategia acertada para reducir los impactos adversos de la variabilidad climática.

**Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático:** Los escenarios de cambio climático desarrollados dentro de la evaluación del impacto del cambio climático y medidas de adaptación en Cuba, indican que las magnitudes de la temperatura media anual del aire pudieran incrementar paulatinamente hasta alcanzar magnitudes entre 1.6°C y 2.5°C para el año 2100. En el caso de la precipitación el panorama presenta mayor incertidumbre, pues cuando unos modelos indican la reducción de los totales anuales, otros producen incrementos. A pesar de esto último se estima que el incremento de la temperatura sea tan notable, que aún en los casos donde se proyectan incrementos de las precipitaciones, podría ocurrir una intensificación y expansión de los procesos de aridez y sequía. En el caso del nivel del mar, las proyecciones futuras indican incrementos en el orden de 8 a 44 cm para el 2050 y de 20 a 95 cm para el 2100.

En concordancia con los escenarios climáticos adoptados, los impactos sobre los sectores seleccionados podrían ser notables. El hecho de que Cuba sea un archipiélago, hace que los impactos asociados con el ascenso del nivel del mar puedan clasificar como los más importantes. Las proyecciones climáticas muestran, además, la posible intensificación y extensión espacial de la aridez, así como una mayor frecuencia de los procesos de sequía. En tales circunstancias, la disminución de los recursos hídricos potenciales será notable, lo cual afectaría sensiblemente la relación disponibilidad - demanda - entrega de agua y como consecuencia afectaría todos los usos del recurso, en especial la producción de alimentos y el consumo humano.

El incremento de la aridez tendrá un peso muy importante en la reducción de las áreas boscosas del país y por ende en la pérdida de la biodiversidad a ellos asociada. Lo anterior podría imponer la necesidad de realizar cambios sustanciales en el uso de la tierra, cuya superficie se verá reducida ante el incremento del nivel del mar.

Recursos naturales de gran importancia económica y social, incrementarían su vulnerabilidad ante la afectación de eventos meteorológicos extremos a causa del ascenso del nivel del mar. También podrían verse afectados los recursos bióticos marinos, los que al reducirse, limitarían su empleo en la alimentación de la población. Este hecho sería grave ante una situación de reducción de los rendimientos agrícolas a causa de condiciones climáticas adversas.

Un número importante de asentamientos humanos incrementarían su vulnerabilidad como resultado de la elevación del nivel del mar. Así, una mayor cantidad de habitantes se encontraría bajo el peligro de las inundaciones por penetración del mar.

Los resultados de la evaluación mostraron que los asentamientos humanos ubicados en la región oriental del país pueden ser seriamente afectados. De esta forma, los impactos del cambio

climático podrían estimular el éxodo de sus habitantes hacia zonas con mejores condiciones. Este proceso migratorio podría incrementar la vulnerabilidad de las regiones receptoras, haciendo que los impactos sean más notables.

Al evaluar los impactos se determinaron un conjunto de opciones de adaptación que se insertan dentro de una estrategia, que en general se fundamenta en la actuación inmediata, es decir la adaptación anticipada. La estrategia de adaptación general en Cuba deberá garantizar:

1. El uso racional y protección de los recursos hídricos;
2. La conservación y protección de las playas y áreas de manglares;
3. El perfeccionamiento de la agricultura cubana y la conservación y protección de los recursos forestales;
4. El adecuado empleo del ordenamiento territorial en el sistema de asentamientos humanos y uso de la tierra;
5. La protección de la biodiversidad y la vida silvestre; y
6. El perfeccionamiento del sistema de salud cubano.

No resulta paradójico que muchas de las líneas anteriores estén consideradas dentro de las estrategias nacionales de conservación y protección de los recursos naturales, así como en las legislaciones vigentes al respecto. De hecho, el cambio climático es uno, pero no el único, de los problemas asociados al medio ambiente. Su papel no debe ser exagerado y mucho menos ignorado. La notable importancia que el Estado cubano ha dado a la protección del medio ambiente facilita que muchas de las medidas propuestas dentro de cada sector, puedan ser adoptadas e implementadas de modo racional y planificado.

La voluntad por asegurar el bienestar y la protección de la población, ha potenciado el desarrollo de un importante número de instituciones involucradas directa o indirectamente en la adaptación al cambio climático.

Debe notarse que la complejidad del tema tratado exige la continuación de las investigaciones. Para ello, se podrá hacer uso de la experiencia acumulada y de nuevos métodos de análisis y evidencias científicas sobre las características del cambio climático. También será necesario el apoyo financiero a estas investigaciones por parte de mecanismos multilaterales o bilaterales. En general resulta estratégico el desarrollo de acciones dirigidas a:

- Fortalecer los sistemas de observación de los diferentes componentes del medio ambiente, en especial, aquellos que se relacionan con las variables climáticas, hidrológicas y oceanológicas.
- Desarrollar nuevas investigaciones para evaluar el impacto de la variabilidad natural del clima. El mayor conocimiento de los diferentes modos de variación del clima y la creación de sistemas de predicción climática a diferentes plazos temporales, son elementos imprescindibles para poder elaborar estrategias de adaptación anticipada más precisas en cada sector.

- Continuar desarrollando las investigaciones relacionadas con el impacto del cambio climático, utilizando las nuevas evidencias científicas sobre sus características y empleando métodos más sofisticados de análisis que permitan realizar evaluaciones más integrales.

**Observación sistemática e investigación:** Para garantizar la operación de los sistemas de vigilancia meteorológica, del clima y de la contaminación de la atmósfera el Instituto de Meteorología (INSMET) cuenta con una red de 75 estaciones meteorológicas y 11 estaciones de control de la calidad de la lluvia y del aire a lo largo y ancho del Archipiélago cubano. Estos sistemas se apoyan con la información suministrada por las estaciones de observación meteorológica operadas por el Instituto de Aeronáutica Civil de Cuba (IACC) en los Aeropuertos del país, así como las estaciones meteorológicas, hidrológicas y pluviométricas que operan el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH), el Ministerio del Azúcar (MINAZ) y el Ministerio de la Agricultura (MINAGRI). El INSMET opera un observatorio para la medición de ozono estratosférico desde el año 1982, empleando ozonómetros de filtro M-83 y M-124, así como una Estación Lidar para la medición de aerosoles estratosféricos ubicada en la ciudad de Camagüey desde el año 1988.

Por medio de sus redes de observaciones hidrometeorológicas, la República de Cuba contribuye a los principales sistemas de recopilación de datos de la OMM, como son la Vigilancia Meteorológica Mundial (VMM), la Vigilancia de la Atmósfera Global (VAG). También existe la contribución a las actividades del Sistema Mundial de Observación del Clima y el Sistema Mundial de Observación de los Océanos, por medio de las observaciones sistemáticas de los barcos de la flota cubana que brindan información meteorológica.

La vigilancia de la contaminación atmosférica abarca el control de los niveles regional y global de la composición de la atmósfera, de acuerdo a los programas y criterios de la Red Mundial de Monitoreo del Fondo de la Contaminación Atmosférica (BAPMoN) de la OMM. También considera el control de los principales gases trazas (compuestos de nitrógeno, azufre y carbono) que influyen sobre la salud, los ecosistemas terrestres y acuáticos e indirectamente en el clima.

Otros programas de vigilancia del estado atmosférico incluyen mediciones del ozono estratosférico y troposférico y otros compuestos químicos y variables afines, especialmente gases trazas, vapor de agua y radiación UV de acuerdo con el Sistema Mundial de Observación del Ozono (SMO<sub>3</sub>) de la OMM. También se realiza el control de los aerosoles estratosféricos así como el estudio y seguimiento de la dispersión, transporte, transformación y depósito de constituyentes atmosféricos sobre la tierra y el mar en diferentes escalas temporales y espaciales. Se ejecuta además el control en el nivel de impacto de la composición de la atmósfera, especialmente en los asentamientos poblacionales influidos por emisiones de fuentes emisoras de contaminantes del aire, tomando como base el programa conjunto OMS-OMM en este sector.

Cuba posee un sistema de programas de investigación bien estructurado que de acuerdo a los recursos financieros disponibles, permite abarcar un amplio espectro de problemas, orientados básicamente al desarrollo económico, tecnológico, intelectual y cultural del País.



Desde 1995 la dirección de la ciencia en Cuba ha convocado diferentes Programas Nacionales Científicos Técnicos (PNCT), los cuales responden a las prioridades para la actividad científica y tecnológica. Entre los PNCT que se desarrollan actualmente, hay siete que incluyen directamente o indirectamente investigaciones referentes al cambio climático. Ellos son: 1) Los cambios globales y la evolución del medio ambiente cubano; 2) Desarrollo sostenible de la montaña; 3) Desarrollo Energético Sostenible; 4) Producción de alimentos a la población por vías sostenibles; 5) Producción de alimento animal por vías sostenibles; 6) Biotecnología agrícola; 7) Mejoramiento vegetal y recursos fitogenéticos. Dentro de este grupo se destaca el Programa de cambios globales, que incluye dentro de sus programas uno dedicado a la variabilidad y cambio climático y otro orientado a las investigaciones sobre la contaminación y la química de la atmósfera. Otros subprogramas estudian la biodiversidad, los ecosistemas terrestres, los agroecosistemas y los suelos, entre otros.

Además de los Programas Nacionales de Ciencia y Técnica, en el país se desarrollan otras investigaciones dedicadas al estudio de las relaciones medio ambiente-desarrollo, así como al desarrollo de sistemas de pronósticos y estudios climáticos aplicados a diferentes sectores.

Para mantener los sistemas de observación existentes, así como el nivel de actividad científica, el Estado cubano dedica anualmente notables recursos financieros, a pesar de los difíciles momentos por los que ha atravesado y atraviesa la economía cubana. Esto representa una limitación a la capacidad intelectual existente en el país de poder avanzar en los complejos estudios sobre el cambio climático. Las restricciones financieras son mucho mayores en el caso de los sistemas de observación y monitoreo, pues los recursos que se requieren son significativamente superiores.

**Creación de capacidades, educación y sensibilización pública:** Aunque el cambio climático es un tema relativamente nuevo y complejo, en Cuba se pueden notar modestos avances en el estudio y comprensión de los diferentes aspectos técnicos relacionados con esta temática. Por una parte, estos avances son el resultado de los esfuerzos nacionales iniciados a principios de la década de los años 90, mientras que por otra, el soporte financiero recibido de diferentes proyectos internacionales ha permitido ampliar las capacidades inicialmente creadas. Sin embargo, a pesar del avance en la creación de las capacidades técnicas, los elementos de educación y concientización pública son aspectos que requieren ser desarrollados en el futuro próximo.

El apoyo recibido de parte del Programa CC:TRAIN fue crucial en el desarrollo de las capacidades técnicas para la realización de los diferentes estudios y evaluaciones. Bajo CC:TRAIN se creó el Grupo Nacional de Cambio Climático el cual integra a más de una decena de expertos de diferentes organismos e instituciones. Otro paso importante en la organización de las actividades fue la creación de los tres equipos técnicos encargados de la ejecución de los estudios nacionales. Estos equipos están integrados por especialistas de diferentes instituciones académicas, de investigación científica y técnica, así como del sector productivo.

Otros proyectos como el Proyecto PNUMA “Impactos del cambio climático y medidas de adaptación en Cuba” y el Proyecto GEF/PNUD “Actividad habilitadora para que Cuba prepare su

Comunicación Nacional a la CMNUCC”, ampliaron mucho más las capacidades y posibilitaron la realización de complejos estudios integrando a numerosos científicos y técnicos. Estas actividades crearon las potencialidades para que Cuba pudiera contribuir en el desarrollo de los estudios técnicos de otros países de la región de Latino América y el Caribe. El hecho de que el Instituto de las Naciones Unidas para la Formación Profesional y la Investigación haya identificado a Cuba como socio regional para el desarrollo de capacidades en la región es una muestra de cómo se han desarrollado las capacidades técnicas.

Debe notarse , sin embargo, que en el terreno de la educación y la sensibilización pública aun falta mucho terreno por ganar y que resulta prioritario comenzar a diseñar, implementar y desarrollar un programa nacional que tienda a cubrir lo siguiente:

- Fortalecer los vínculos de trabajo con los diferentes medios de difusión para desarrollar programas de educación y divulgación ambiental, logrando una mayor sensibilización del público.
- Promover y abordar los contenidos sobre la problemática de los cambios climáticos y sus efectos dentro de los programas educacionales del sistema nacional de enseñanza.
- Continuar incorporando los temas relacionados con el cambio climático dentro de los programas ramales de la ciencia y la técnica.
- Elaborar materiales didácticos, científicos y técnicos y otros de corte popular, que acerquen el tema del cambio climático a la realidad cotidiana.
- Fortalecimiento de las capacidades institucionales que potencien la gestión de educación ambiental con relación a estos temas.
- Establecer una red de centros que garantice el acceso del público a la información del tema del cambio climático y sus efectos, las opciones de mitigación y otro tipo de información relativa al proceso de implementación de la CMNUCC a nivel global, regional o nacional.
- Fomentar y promover el desarrollo de proyectos educativos, propiciando el intercambio de experiencias nacionales e internacionales con relación al cambio climático.
- Fortalecer y ampliar el intercambio con las ONGs que se relacionen con el medio ambiente.
- Organizar talleres periódicos con el objetivo de informar o actualizar a los tomadores de decisiones, los medios y otros sectores de la sociedad cubano, sobre los resultados nacionales, así como sobre el proceso actual y futuro de implementación de la CMNUCC en el país.
- Organizar campañas nacionales de sensibilización pública orientadas a diferentes sectores.

# Capítulo 1. Introducción general

## 1.1 El cambio climático

La temperatura del sistema tierra-atmósfera (temperatura media global cerca de la superficie terrestre) esta determinada por el balance entre la radiación solar entrante (de longitud de onda corta) y la radiación saliente, la cual comprende la parte de la radiación solar reflejada (onda corta) y la radiación infrarroja terrestre (de longitud de onda larga).

En escalas prolongadas de tiempo (décadas o más) existe un balance entre la energía entrante y saliente. Esto significa que la temperatura del sistema tierra-atmósfera permanece aproximadamente constante en esas escalas temporales. Si este balance es alterado (al desbalance se le denomina forzamiento radiativo), entonces el sistema responde al forzamiento radiativo e intenta restablecer el balance cambiando su temperatura.

Los procesos que producen forzamientos radiativo son conocidos como factores de forzamiento externo. En términos generales el forzamiento externo puede ser natural o antropogénico. Un ejemplo de forzamiento externo natural puede ser un cambio en la energía emitida por el sol, mientras que, un ejemplo de forzamiento externo antropogénico puede ser el *reforzamiento* del efecto invernadero.

El efecto invernadero es un proceso natural que ocasiona el calentamiento de la superficie terrestre y la atmósfera baja. Este efecto se origina por la presencia en la atmósfera de gases que tienen la capacidad de absorber y reemitir la radiación terrestre. Estos gases actúan de forma similar a los cristales de una casa de invernadero y de ahí proviene la denominación. En ausencia de esos gases la temperatura media global de la tierra sería 33°C más baja que la actual (alrededor de -18°C), haciendo imposible la existencia de las actuales formas de vida en el planeta.

Hasta hace poco tiempo, los cambios en el clima se asociaban solamente a forzamientos externos naturales. Sin embargo, hoy esta claro que, debido a los patrones de desarrollo utilizados, el hombre puede cambiar el clima terrestre, produciendo un reforzamiento del efecto invernadero. Debe notarse que el empleo de la palabra *reforzamiento* (del efecto invernadero), tiene especial importancia para hacer notar que el efecto invernadero es natural y que la causa del cambio climático como consecuencia de las actividades humanas se asocia con su intensificación y no con su existencia.

El resultado de la intensificación del efecto invernadero no debe ser visto en términos tan simples como el solo aumento de la temperatura. En realidad el clima de la tierra no está asociado exclusivamente con lo que sucede en la atmósfera, pues el mismo es el resultado de múltiples interacciones entre diferentes componentes que integran lo que se denomina como Sistema Climático; estos componentes son los océanos, la criósfera (graciares, hielos continentales y marinos), la geósfera (superficie sólida de la Tierra) y la biósfera. Como resulta difícil prever las múltiples interacciones que se producen en el sistema climático y debido a que las reacciones de

sus componentes se producen en períodos de tiempo diferentes, entonces la predicción de los cambios en el clima aun no resulta precisa.

El cambio climático de origen antropogénico, causante de tanta preocupación a nivel mundial, tiene el agravante de que se espera que se produzca en un plazo de tiempo tan breve que no permita la adaptación natural de los ecosistemas naturales y los sistemas socio-económicos actuales.

## **1.2 La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y el Protocolo de Kioto**

En 1990, la Segunda Conferencia Mundial sobre el clima, a partir de las conclusiones del Primer Informe Científico del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (conocido por sus siglas en inglés como IPCC), recomendó el inicio de las negociaciones para elaborar un tratado internacional que regulara la cooperación entre los países para mitigar el posible cambio climático mundial.

En ese mismo año, la Asamblea General de las Naciones Unidas, basada en la recomendación anterior, estableció el Comité Intergubernamental de Negociación (CIN) encargado de negociar la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). El CIN redactó el texto de la Convención y lo aprobó en mayo de 1992 en la sede de las Naciones Unidas en Nueva York.

La Convención se abrió a la firma de los jefes de estados y de gobiernos en la Cumbre para la Tierra en Río de Janeiro en junio de 1992, siendo firmada por un total de 154 países. Esta Convención es un marco de referencia dentro del cual los gobiernos podrán colaborar para aplicar nuevas políticas y programas, que tendrán amplias repercusiones en la manera en que viven y trabajan los seres humanos.

*Según lo reflejado en su Artículo 2, el objetivo último de la Convención y de todo instrumento jurídico conexo que adopte la Conferencia de las Partes, es lograr, de conformidad con las disposiciones pertinentes de la Convención, la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático. Ese nivel debería lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible.*

En la Convención se puntualizan, entre otros, los siguientes aspectos:

- Que los países industrializados son los principales responsables de las emisiones de gases pasadas y presentes y, en consecuencia, deben estar a la vanguardia en la lucha contra el cambio climático;

- Que la principal prioridad de los países en desarrollo será su desarrollo económico y social y por lo tanto la parte de las emisiones mundiales originadas por ellos aumentará a medida que se industrialicen;
- Que los países con ecosistemas frágiles, como son los pequeños Estados insulares y los países áridos, son particularmente vulnerables ante los efectos previstos del cambio climático.

La Convención entró en vigor el 21 de marzo de 1994, al ser ratificada noventa días antes por más de 50 países.

En su Artículo 4 la Convención establece compromisos que son comunes a todas las partes y que están relacionados con: la elaboración de inventarios nacionales de emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero, la formulación y aplicación de programas nacionales para mitigar el cambio climático, la promoción del desarrollo sostenible, la preparación de medidas para la adaptación al cambio climático, el apoyo a la investigación científica y la observación del sistema climático, entre otros. El Artículo 4 también establece que, teniendo en cuenta las responsabilidades comunes pero diferenciadas, las Partes en el Anexo I (países desarrollados) reducirán sus emisiones de GEI para el año 2000 a los niveles de 1990

En 1995, la Primera Conferencia de las Partes, celebrada en la ciudad alemana de Berlín, reconoció que dichos compromisos de reducción eran insuficientes para estabilizar las concentraciones de GEI en la atmósfera a fin de satisfacer el objetivo último de la Convención. Como resultado se adoptó el Mandato de Berlín, que puso en marcha un proceso para negociar un protocolo que estableciera compromisos cuantificados de limitación y reducción de emisiones antropógenas de GEI para las Partes en el Anexo I de la Convención a partir del año 2000, con el objetivo de mitigar en parte la influencia de las actividades humanas que provocan el calentamiento global de la atmósfera y el consecuente cambio climático.

Para negociar el texto de dicho instrumento jurídico, la Primera Conferencia de las Partes estableció el Grupo Especial del Mandato de Berlín. El Grupo, tras ocho períodos de sesiones, sometió a la consideración de la Tercera Conferencia de la Partes un borrador de texto que fue aprobado finalmente el 11 de diciembre de 1997 con el nombre de Protocolo de Kioto.

El Protocolo de Kioto de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático está conformado por 28 artículos y dos anexos. Establece compromisos jurídicamente vinculantes para las Partes en el Anexo I de la Convención (países desarrollados), con el objetivo de reducir colectivamente sus niveles de emisiones de GEI en un 5.2% con respecto a los existentes en 1990, en un período de compromiso de 5 años comprendido del 2008 al 2012. Cubre seis gases de efecto invernadero: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), hidrofluorocarbonos (HFCs), perfluorocarbonos (PFCs) y hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>). Para los tres primeros, que son los principales, el año de referencia será 1990 y para los tres últimos será 1995.

## **1.3 La República de 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 los 90, ya se manifestaba una notable preocupación por el tema.

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.

Aunque la contribución de la República de Cuba al calentamiento global es muy reducida, existe una notable preocupación por los impactos que el cambio climático pueda tener sobre el país. De hecho, los resultados de esa primera evaluación mostraron el elevado nivel de vulnerabilidad de Cuba ante los impactos potenciales, especialmente aquellos relacionados con el incremento del nivel de mar.

Como todas las Partes de la Convención, Cuba está obligada a transmitir a la Conferencia de las Partes, por conducto de la secretaría, varios elementos de información que aparecen referidos en el Artículo 12. En especial, el párrafo 5 de ese artículo establece los términos de tiempo para la presentación de las comunicaciones nacionales. De esta forma, la presentación de la Primera Comunicación Nacional de Cuba a la CMNUCC permite el cumplimiento de estas obligaciones.

En la preparación de este documento se han considerado las guías propuestas por la Conferencia de las Partes para la realización de los inventarios de emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero, los estudios de vulnerabilidad y adaptación, así como los estudios de mitigación. Se utilizaron además, las directrices establecidas por la decisión 10/CP2, para la preparación de las comunicaciones nacionales de las Partes no Anexo I.

## Capítulo 2. Circunstancias nacionales

### 2.1 Introducción

El proceso revolucionario cubano se define esencialmente por su carácter humanista y se caracteriza porque desde sus inicios se ha trazado, como principal objetivo, elevar el nivel y calidad de vida de la sociedad. Crecer económicamente, preservando el medio ambiente y en un marco de equidad social, son las premisas de Cuba en la búsqueda de la sostenibilidad del desarrollo.

No obstante estos propósitos, cabe advertir que el país no escapa a los problemas ambientales que caracterizan el contexto global. Ubicados en una perspectiva temporal, esta situación ambiental del país debe enmarcarse dentro del proceso histórico, económico y social por el que Cuba ha transitado.

Durante el período colonial, que transcurrió desde el Siglo XVI hasta 1902, la mitad de los bosques de la Isla fueron desbastados y reemplazados por áreas agrícolas para cultivos intensivos y para la ganadería. Fenómenos de deforestación, pérdida de suelos y de diversidad biológica, aparecieron asociados a este proceso.

La situación persistió y se agravó durante la primera mitad del Siglo XX, donde la cubierta boscosa del país se vio reducida hasta un 14%. A los problemas en curso se comenzaron a unir los asociados a los crecimientos en los asentamientos humanos. En contraste con el agravamiento de esta situación, los gobiernos permanecían indiferentes al evidente deterioro de las condiciones ambientales del país.

Al triunfar en 1959, la Revolución hereda una estructura económica deformada, con una base agropecuaria atrasada y escaso desarrollo industrial, concentrado principalmente en la industria azucarera. Al propio tiempo existía una crítica situación social con altos niveles de marginación, desempleo, analfabetismo y bajos niveles de salud.

Los esfuerzos del gobierno revolucionario se concentraron en revertir esta situación, con particular énfasis en los problemas sociales, lográndose la erradicación del analfabetismo y la marginación. Desde los primeros años se inició un intenso programa de repoblación forestal.

La etapa que ocupa las últimas cuatro décadas, ha tenido su propia contribución a los problemas ambientales del país, en particular por los modelos de desarrollo agropecuario adoptados, que se basaron, sobre todo hasta finales de la década del 80, en el uso intenso de maquinarias agrícolas y altos consumos de productos químicos. Se observa también un incremento de la contaminación de las aguas terrestres y marinas, tanto de origen industrial como doméstico.

La creciente conciencia sobre estos problemas, se expresa en el plano institucional en la década del 70. Así, en 1975, el Primer Congreso del Partido Comunista de Cuba aprobó las Tesis sobre Política Científica, donde se subraya la necesidad de crear un órgano para la atención a los

problemas del medio ambiente. En 1976 se crea la Comisión Nacional para la Protección del Medio Ambiente y la Conservación de los Recursos Naturales (COMARNA) y ese mismo año, al promulgarse la Constitución de la República (1976), se introduce, en su Artículo 27, lo concerniente a la protección del medio ambiente.

La COMARNA coordinó su acción con los órganos, organismos e instituciones más directamente vinculadas a la protección del medio ambiente y el uso racional de los recursos naturales. De este modo, constituyó un ejemplo de cooperación intersectorial y una expresión de co-responsabilidad con los problemas ambientales del país.

El segundo Congreso del Partido Comunista de Cuba, celebrado en 1980, consideró la necesidad de elaborar la legislación adecuada para dar cumplimiento a las tareas vinculadas con la protección del medio ambiente, lo cual sentó las bases para la ulterior promulgación de la Ley 33 del 10 de enero de 1981 “De Protección del Medio Ambiente y del Uso Racional de los Recursos Naturales”, una de las leyes pioneras de América Latina en este campo.

La década del 90 marcó un momento de auge en la política y la gestión ambiental nacional. Cuba participó activamente en las reuniones del Comité Preparatorio de la Conferencia de Río de Janeiro sobre Medio Ambiente y Desarrollo y cuando esta tiene lugar, firma el Convenio sobre la Diversidad Biológica y la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

Apenas concluida la Cumbre, se introducen modificaciones al Artículo 27 de la Constitución de la República, declarándose como meta el alcanzar un desarrollo económico y social sobre el principio de la sustentabilidad.

En 1993 se elabora el Programa Nacional de Medio Ambiente y Desarrollo, que constituye la adecuación cubana a la Agenda 21. Este instrumento se concibió a partir de la combinación de los Programas de Desarrollo Económico y Social en ejecución o proyectados, con las condiciones y necesidades ambientales del país, teniendo a la vista los elementos esenciales de la Agenda 21. La elaboración del Programa tuvo lugar mediante un amplio proceso de participación social.

En abril de 1994, el Consejo de Estado, adopta el Decreto - Ley 147, "De la reorganización de la Administración Central del Estado", que entre otras cosas, establece la extinción de la COMARNA, cuyas atribuciones y funciones se transfieren al Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), creado por la propia legislación.

En 1997, después de un amplio proceso de consultas, el Gobierno aprobó la Estrategia Ambiental Nacional elaborada por el CITMA. La Estrategia define los principales problemas ambientales del país e identifica los cursos de acción para su solución o mitigación. A partir de entonces se desarrolla y aplica un sistema de estrategias territoriales y sectoriales. En el presente, todos los territorios del país cuentan con una estrategia ambiental adecuada a sus particularidades y exigencias.

Al propio tiempo, los principales sectores productivos y de servicios del país, cuentan también con sus Estrategias Sectoriales específicas, tal es el caso de la minería, la agricultura, el azúcar, la pesca, el turismo, las aguas terrestres, la industria sideromecánica, la construcción y el transporte, entre



otros. Dentro de estos sectores y actividades (si bien con desiguales niveles de desarrollo) va teniendo lugar un proceso de diseminación y aplicación de estos marcos estratégicos.

## 2.2 Caracterización geográfica del archipiélago cubano

La República de Cuba se encuentra situada en la cuenca del Caribe, entre los 19° 49'36'' y 23°17'09'' de latitud Norte y los 74°07'52'' y 84°54'57'' de longitud oeste (Figura 2.1). Desde el punto de vista político administrativo, se divide en 14 provincias y 169 municipios, incluyendo al municipio especial Isla de la Juventud. Desde el punto de vista geoeconómico se reconocen tres regiones: Occidental, Central y Oriental.

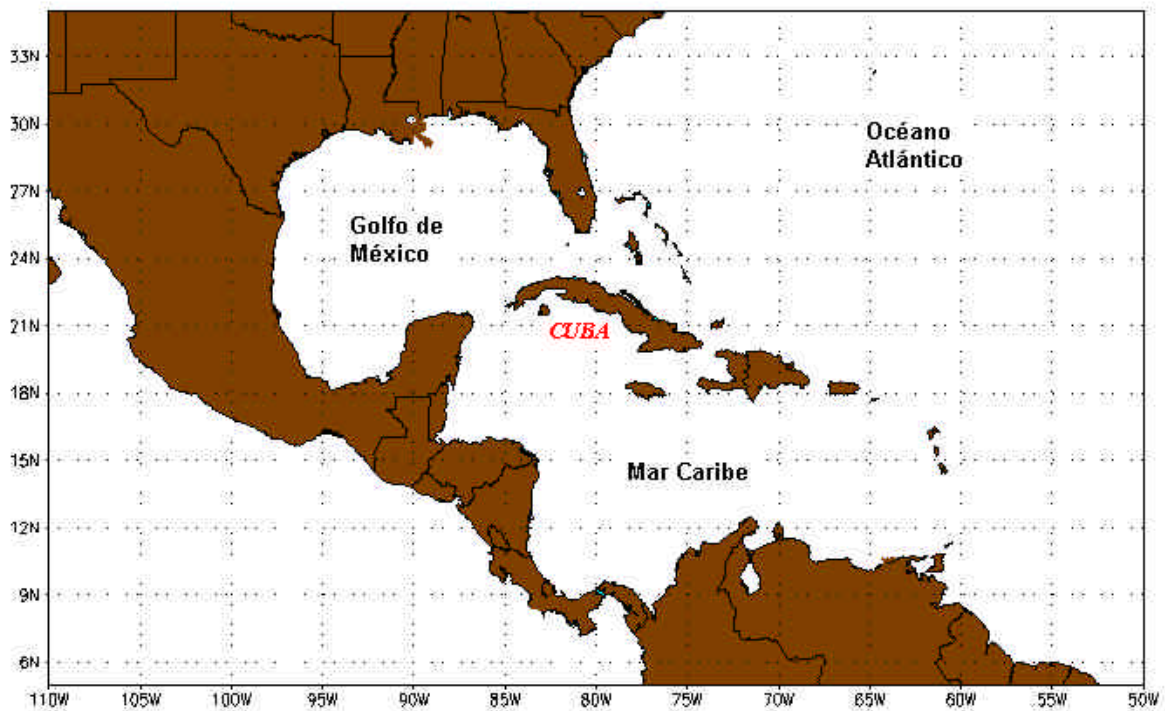


Figura 2.1 Ubicación geográfica de la República de Cuba

La República de Cuba está constituida por el Archipiélago Cubano, el más occidental de las Antillas Mayores, con una extensión superficial de 110 860 km<sup>2</sup>, de ellos corresponden 104 945 km<sup>2</sup> a la Isla de Cuba y 5915 a la Isla de La Juventud y los 1 600 islotes y cayos restantes. (ONE, 1998). La Isla de Cuba tiene configuración alargada y estrecha y la longitud de sus costas es de 5 746 km. La plataforma insular abarca más de 50 000 km<sup>2</sup>. Cuba representa el 0.08% de las tierras emergidas del planeta, ocupando el decimoquinto lugar entre las mayores islas del mundo.

El relieve es variado. Existen cuatro sistemas montañosos que ocupan 19 594 km<sup>2</sup>, lo que equivale al 18% del área total del país. La altura máxima es el Pico Real del Turquino con 1974 m sobre el nivel del mar. Las llanuras representan el 82% del área total, con diversidad de orígenes, apareciendo las

típicas llanuras costeras y las fluviales, donde están presentes procesos de origen cársico, biogénico e intemperismo. Las zonas más bajas corresponden a ciénagas y ciénagas costeras.

Existe una amplia cobertura de suelos, que se clasifican según su génesis en 10 grupos genéticos. Entre los más difundidos se encuentran los suelos ferralíticos, pardos, aluviales, fersialíticos y húmicos, que brindan un soporte de diversas potencialidades para el desarrollo de las actividades agropecuarias y forestales.

Los recursos hídricos superficiales y subterráneos son limitados. Debido a la configuración larga y estrecha de la Isla de Cuba, los ríos presentan pequeñas cuencas, cursos cortos, poco caudal y rápida evacuación de las avenidas al mar. Las cuencas subterráneas están vinculadas al fuerte desarrollo cársico, y satisfacen en mayor o menor medida las demandas de agua, en particular de la población.

El país cuenta con tres zonas fundamentales de pesca: el litoral estuarino, con un área de 8 500 km<sup>2</sup> y un rendimiento alto de 1.47 tm/km<sup>2</sup>; los seibadales y arrecifes coralinos, con un área de 45 000 km<sup>2</sup> y rendimientos de 0.58 tm/km<sup>2</sup>; y las aguas oceánicas que es el área más extensa y con el rendimiento más bajo de 0.24 tm/km<sup>2</sup>.

## 2.3 Condiciones climáticas generales

Según la clasificación de Köppen (modificada), en la mayor parte de Cuba el clima predominante es del tipo cálido tropical, con estación lluviosa en el verano. En general es bastante aceptado expresar que el clima de Cuba es tropical, estacionalmente húmedo, con influencia marítima y rasgos de semicontinentalidad. Sin embargo, en el país se reporta también la presencia de otros tipos climáticos. Por ejemplo, en las zonas más altas de los principales sistemas montañosos existe el clima de tipo tropical húmedo de selva, lluvioso durante todo el año; o el observado en la franja costera sur de la provincias de Santiago de Cuba y Guantánamo, el cual clasifica como tropical relativamente seco con pocas lluvias

Por su posición geográfica, Cuba se encuentra situada en una latitud muy próxima al Trópico de Cáncer, lo que condiciona la recepción de altos valores de radiación solar durante todo el año, determinando el carácter cálido de su clima. Además, se localiza en la frontera entre las zonas de circulación tropical y extratropical, recibiendo la influencia de ambas con carácter estacional. En la temporada que va aproximadamente de noviembre a abril, las variaciones del tiempo y el clima se hacen más notables, con cambios bruscos en el tiempo diario, asociados al paso de sistemas frontales, a la influencia anticiclónica de origen continental y de centros de bajas presiones extratropicales. De mayo a octubre, por el contrario, se presentan pocas variaciones en el tiempo, con la influencia más o menos marcada del Anticiclón del Atlántico Norte. Los cambios más importantes se vinculan con la presencia de disturbios en la circulación tropical (ondas del Este y ciclones tropicales).

En Cuba, las temperaturas son generalmente altas. Los valores medios anuales van desde los 24°C en las llanuras hasta 26°C y más en las costas orientales, reportándose magnitudes inferiores a los 20°C en las partes más altas de la Sierra Maestra. La temporada de noviembre a abril es menos calurosa y se conoce como “invierno”, mientras que los meses de mayo a octubre, más calurosos, reciben el nombre de “verano”. Las temperaturas máximas y mínimas absolutas registradas son de 38.8°C (Gramma, 17 de abril de 1999) y 0.6°C (Bainoa, 18 de febrero de

1996), respectivamente. Como es típico en los climas tropicales, la variación diaria de la temperatura es mayor que la anual.

La humedad relativa media es alta, con promedios cercanos al 80%. Los máximos diarios, generalmente superiores al 90%, ocurren a la salida del sol, mientras que los mínimos descienden, al mediodía, hasta 50 - 60% en el interior del territorio. Las zonas más húmedas son las regiones occidental y central, junto con los principales núcleos montañosos.

En Cuba imperan los vientos de componente este. De noviembre a abril predominan rumbos del primer cuadrante, debido a la influencia de los sistemas meteorológicos de la temporada invernal; mientras que en el verano los vientos giran más al sudeste, sobre todo con el retraimiento de la cuña anticiclónica. Las velocidades máximas del viento ocurren al paso de los frentes fríos, ciclones extratropicales, tormentas locales y huracanes, entre otros fenómenos. De interés resultan también los sistemas de vientos locales, con la presencia de un cinturón central convectivo y la influencia costera de las brisas de mar y tierra, que se refuerzan o debilitan en dependencia del flujo predominante del viento. La orografía es el factor de transformación fundamental del régimen normal del viento local. La influencia anticiclónica es mayoritaria durante todo el año, con valores más elevados y mayores gradientes de presión en los meses de invierno.

El elemento que más varía en el clima de Cuba son las precipitaciones. En la mayor parte del territorio, se reconocen dos temporadas fundamentales: lluviosa (de mayo a octubre) y poco lluviosa (de noviembre a abril). En la primera cae aproximadamente el 80% del total de lluvia anual. En el nordeste de la región oriental y en las zonas montañosas, estos por cientos cambian, debido a que durante los meses de noviembre a abril es cuando se producen los mayores totales de lluvia. Es precisamente en esa zona del país donde se localizan las áreas con mayor pluviosidad, con valores por encima de los 3 000 mm al año. En cambio, en el litoral sur de las provincias de Guantánamo y Santiago de Cuba, a sotavento de la Sierra Maestra y del Grupo Sagua-Baracoa, se reportan 600 mm y menos, con condiciones de aridez. Los mayores volúmenes de lluvia están asociados a algunos de los fenómenos meteorológicos más importantes (ciclones tropicales, frentes fríos, ondas tropicales, etc.) o tienen su origen en el calentamiento diurno, ocurriendo casi siempre en horas de la tarde en forma de episodios de corta duración. En presencia de sistemas meteorológicos de gran escala pueden producirse períodos de grandes lluvias, sobre todo en los meses de mayo – junio y septiembre – octubre.

Cuba posee valores altos de evaporación, que llegan hasta los 2 300 mm en el Valle del Cauto y en la costa sur de Guantánamo. Las magnitudes más bajas se registran en las zonas montañosas (1 100 mm anuales). En general, se incrementa de occidente a oriente, y en su distribución espacio - temporal influyen la altitud y estructura del relieve, la distancia a la costa, el grado de exposición al viento, entre otros.

### **2.3.1 Los ciclones tropicales**

Entre los eventos meteorológicos que afectan al territorio de Cuba, los ciclones tropicales (CT) ocupan un lugar importante. Las causas que resaltan esa importancia de los CT son múltiples y no están asociadas únicamente al impacto directo que estos ocasionan; también, su frecuencia de ocurrencia y los vínculos que tienen con algunas variables meteorológicas, los hacen parte indiscutible del clima en Cuba. Cabe destacar que los dos principales desastres naturales que ha

sufrido Cuba en los últimos 100 años han sido ocasionados por el huracán de Santa Cruz en 1923 y por el huracán Flora en 1963, en los cuales perdieron la vida más de 3 000 y 1 500 personas, respectivamente.

En el transcurso de su vida, los ciclones tropicales pasan a través de los estados de intensificación, madurez, debilitamiento y disipación o transformación. Se incluye dentro del término de CT a los estadios de depresión tropical, tormenta tropical y huracán, los que dependen de la intensidad de los vientos máximos sostenidos (media del viento en un minuto) que los mismos tengan asociados, según la clasificación<sup>1</sup>:

Depresión tropical: viento máximo sostenido  $\leq 62$  km/h

Tormenta tropical: viento máximo sostenido  $\geq 63$  km/h y  $< 118$  km/h

Huracán: viento máximo sostenido  $\geq 118$  km/h

### ***La actividad ciclónica en el Océano Atlántico***

En el Océano Atlántico se forman aproximadamente el 11% de todos los ciclones tropicales del mundo. Cada año se originan, como promedio, 8 ciclones tropicales de los cuales 5 alcanzan la categoría de huracán. Según lo observado en el período 1890-1991, la frecuencia anual de estos organismos es muy variable (coeficiente de variación igual a 0.43). Así, las tormentas tropicales varían entre 1 y 21 mientras que los huracanes pueden oscilar entre 0 y 12.

En el trimestre agosto-octubre se produce el 80% del número total de los ciclones tropicales del Atlántico, correspondiendo al área oceánica el 62.5 % del total.

La frecuencia de comienzo de la temporada ciclónica tiene un máximo absoluto en junio, a pesar de que ocasionalmente se han observado algunas tormentas en el mes de mayo. La gran mayoría de las temporadas ciclónicas finalizan en octubre y noviembre.

Durante el período 1890 a 1995 Cuba fue afectada por numerosos CT, los cuales se convirtieron en huracanes de categoría 4 ó 5 (Tabla 2.1) en alguna región del Océano Atlántico. Una imagen de las trayectorias de esos organismos se aprecia en la Figura 2.2, para los huracanes de categoría 4 y 5, mientras que en la Figura 2.3 se muestran las correspondientes a los huracanes de categoría 5.

Tabla 2.1 Escala Saffir – Simpson para la clasificación de los Huracanes.

CATEGORIA	PRESION CENTRAL (hPa)	VIENTO MAXIMO SOSTENIDO (Km/h.)	SURGENCIA DE LA TORMENTA (m)
1	980	118 – 153	1.0-1.7
2	965 - 979	154 – 177	1.8-2.6
3	945 - 964	178 – 209	2.7-3.8
4	920 - 944	210 – 250	3.9-5.6
5	< 920	> 250	>5.6

---

<sup>1</sup> Debe notarse sin embargo, que en lo sucesivo, cuando se haga referencia al término Ciclón Tropical, se estará considerando solamente a las Tormentas Tropicales y a los huracanes.

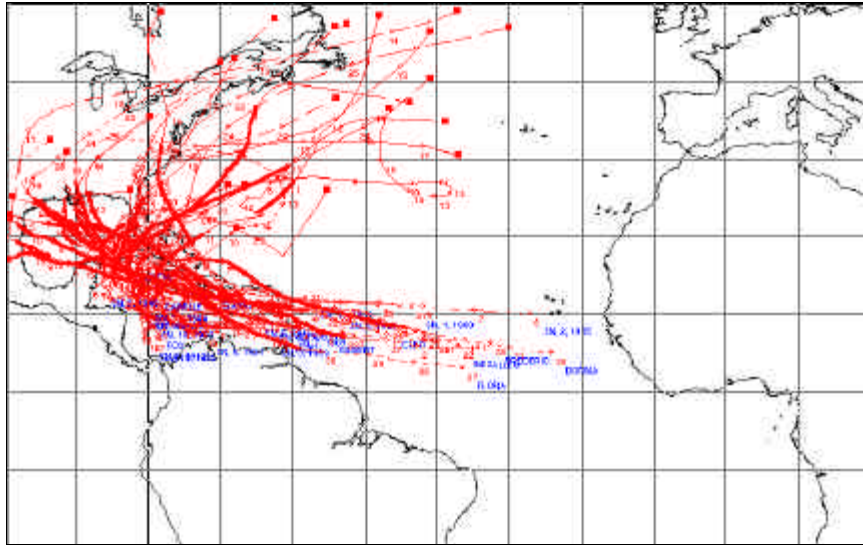


Figura 2.2 Huracanes de categoría 4 y 5 del Océano Atlántico que de alguna forma afectaron a Cuba durante el período 1890 a 1995.

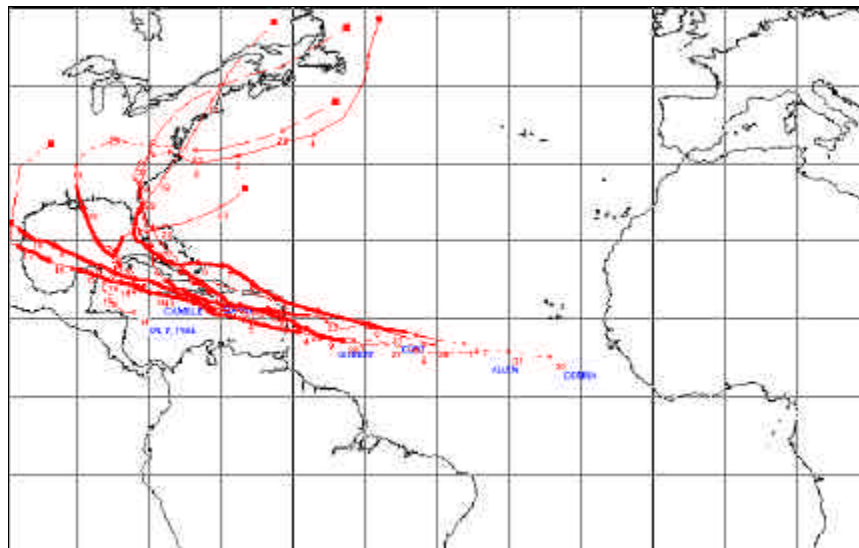


Figura 2.3 Huracanes de categoría 5 del Océano Atlántico que de alguna forma afectaron a Cuba durante el período 1890 a 1995.

### ***La afectación de los ciclones tropicales a Cuba***

El número de ciclones tropicales que afecta anualmente a Cuba es muy variable, con totales que van desde cero hasta 5 tormentas (desde cero hasta 4 para el caso de los huracanes). Entre 1900 y 1995 se observan 31 años en que el país no fue afectado por CT; 35 años en que lo fue por uno sólo; 18 años en que fue afectado por dos; 8 años por tres; 2 años por 4 ;y el año 1933, en el cual el territorio cubano fue afectado por 5.

La afectación de los CT presenta una marcada estacionalidad. El mes de mayor frecuencia es octubre, seguido por septiembre, agosto y noviembre. Resulta de interés el máximo secundario que se observa en junio, al inicio de la temporada. Un comportamiento similar ocurre en el caso de los huracanes, de los cuales la mayor parte se originó en el Mar Caribe (53%), mientras que los restantes lo hicieron en el área oceánica (47%).

Como promedio un ciclón tropical afecta a Cuba cada año, mientras que un huracán lo hace cada dos años. La región occidental es la más afectada (Tabla 2.2), mientras que la central ha sido la menos perjudicada. La afectación a occidente se produce durante toda la temporada (junio-noviembre) e incluso en mayo. En el resto del país no ocurre así.

Septiembre y octubre son los meses de mayor influencia en todas las regiones, con la excepción de la región central en la que sólo lo es octubre. Un rasgo distintivo de la región oriental es la de ser la más afectada en noviembre.

Tabla 2.2 Períodos de retorno (años) observados de la afectación de los ciclones tropicales (según su clasificación) a las regiones de Cuba.

Región	Ciclón Tropical	Tormenta. Tropical	Huracán
Occidental	1.3	2.4	2.6
Central	3.0	5.6	6.3
Oriental	2.3	4.5	4.8

En el caso de los huracanes, la región más afectada durante toda la temporada es la occidental, exceptuando el máximo que se produce en noviembre para la región oriental, el cual presenta un promedio de un huracán cada 1.9 años. Sin embargo, cuando se considera la afectación por regiones, el mes de octubre es el de mayor afectación en las regiones occidental y central con promedios de 7.3 y 15.8 años, respectivamente. En la parte oriental de Cuba esta característica le corresponde a septiembre, con un huracán cada 13.6 años.

## **2.4 Población, salud humana y educación**

### **2.4.1 Población**

La población cubana se ha caracterizado tradicionalmente por presentar un crecimiento demográfico moderado dentro del contexto de los países latinoamericanos.

La población estimada en el año 1998 ascendía a 11 139 900 habitantes (ONE, 1999b). Aunque Cuba es un país en vías de desarrollado económico, desde el punto de vista demográfico presenta indicadores similares a los de países desarrollados. La tasa media de crecimiento anual es 4.2 por mil habitantes y la densidad de población de 100.5 hab/km<sup>2</sup>. La población se encuentra en proceso de envejecimiento como resultado de la sensible disminución de la fecundidad que se observa desde mediados de la década de los años 70. La tasa global de 1.58 hijos por mujer es la más baja de América Latina.

La tasa de natalidad bruta es de 13.6 por mil habitantes; la mortalidad general es de 7.0 por 1 000 habitantes; y la infantil de 7.1 por 1 000 nacidos vivos. La esperanza de vida al nacer alcanza el promedio de 74.83 años para ambos sexos. El índice de urbanización se eleva al 75.2% de la población total, presentándose una tendencia a la concentración que permite pronosticar su incremento relativo a largo plazo.

En cuanto a la dinámica poblacional, el comportamiento de la tasa de crecimiento en el año 1997 fue de 4.2 por mil habitantes (ONE, 1999) que es considerado el menor índice de América Latina.

En la tendencia actual del crecimiento poblacional en Cuba, se observa un bajo índice de incremento. Se estima incluso que alrededor del año 2025, el número de habitantes comience a decrecer. Por otra parte, el envejecimiento de la población constituye el principal problema demográfico del país.

### ***Asentamientos humanos***

En la evaluación del desarrollo actual y prospectivo del Sistema de Asentamientos Humanos (SAH), se hace necesario considerar las transformaciones económicas y sociales que se producen a partir de 1959 con el triunfo de la Revolución. Desde ese momento se comenzaron a hacer esfuerzos para el establecimiento del desarrollo proporcional de los territorios y con ellos el de sus asentamientos para la eliminación gradual de las desigualdades en las condiciones de vida entre el campo y la ciudad. De esta forma surgen programas que inciden directamente en la distribución espacial de la población, como son los de desarrollo agropecuario, industrial, de la infraestructura y los servicios.

Entre los principales logros que inciden en el desarrollo de los asentamientos humanos se encuentran la cobertura de los niveles básicos y especializados de servicios, educación, cultura y salud, etc. El programa de infraestructura técnica logró electrificar el 95% de las viviendas y a la casi totalidad de los objetivos económicos, se construyeron autopistas y carreteras, se amplió y modernizó la red portuaria y de aeropuertos, se desarrolló un intenso programa de construcción de presas, sistemas de riego y drenaje, y acueductos, entre otros.

El 74.3% de la población cubana vive en 570 asentamientos urbanos (55 clasifican como ciudades, con poblaciones que varían entre 20 000 y más de 1 millón de habitantes), mientras 6 264 asentamientos rurales concentran el 25.7%.

El proceso migratorio es escalonado. La población dispersa se concentra en asentamientos rurales mayores de 200 habitantes y eventualmente migran hacia asentamientos urbanos, sin que ocurra la explosión demográfica de las ciudades mayores. Este fenómeno es el resultado de las políticas de distribución de inversiones y la elevación del nivel de servicios como la educación y la salud.

A partir de 1981 se experimenta un aumento gradual de la urbanización, cuando el 51% de la población fue considerada urbana. Este proceso de urbanización alcanza hoy el 75.3% de la población.

En Cuba la distribución de agua por acueductos alcanzó en el año 1996 la cobertura de 10 962 900 de habitantes, es decir el 89% del total, correspondiéndose esto con un nivel de satisfacción del 96% del sector urbano y un 69% del rural. La red de alcantarillado sólo beneficia 384 asentamientos con alrededor de 3.7 millones de habitantes. Las aguas residuales en muy poca

proporción son tratadas antes de su disposición final. No obstante, la incorporación de fosas y letrinas, como medidas de saneamiento, han permitido elevar el total de la población con solución mínima apropiada a un 91%. Esto es equivalente a un 94% en los asentamientos urbanos y un 81% en los rurales.

El 95% de la población cubana dispone de servicio eléctrico, en su mayoría de forma convencional. El uso de la energía no convencional se produce en zonas aisladas, que satisfacen sus demandas mediante minihidroeléctricas, celdas fotoeléctricas o energía eólica.

Debido al carácter insular y las condiciones geográficas existentes, alrededor del 44% del territorio nacional se ubica en ecosistemas frágiles, considerándose como tales, las montañas, los humedales, las costas, cayería y zonas con ambiente seco. En ellos se localiza el 27% de la población urbana del país, con un predominio en los ecosistemas costeros.

## 2.4.2 Salud pública

La salud pública es un sector de gran prioridad estatal en Cuba. El sector Salud fue unificado en la década de los 60, cuando por decisión del Gobierno cubano se desarrolló un sistema sanitario único bajo la responsabilidad del Estado, con características de universalidad y gratuidad general. En las siguientes tres décadas el cuadro de salud varió significativamente con la aplicación de políticas y programas de salud encaminados, entre otros aspectos, al control y prevención de enfermedades infecciosas. A través del Programa de Inmunizaciones han sido controladas y/o eliminadas varias enfermedades, mientras otras han reducido su influencia en el cuadro de salud de la morbi-mortalidad del país.

Desde los años 60 se introdujo el Sistema de Registro Estadístico de Enfermedades de Declaración Obligatoria. Los departamentos de estadísticas de las distintas unidades compilan los registros de consultas médicas en la atención primaria y secundaria; semanalmente consolidan una información que fluye por la red del sistema a los niveles de municipio, provincia y nación, la cual constituye fuente del Sistema de Vigilancia Epidemiológica de Enfermedades Infecciosas.

Por el número de notificaciones que producen, las infecciones respiratorias agudas (IRA), las enfermedades diarreicas agudas (EDA), las hepatitis virales (HV) y la varicela (V) son cuatro de las enfermedades de mayor relevancia epidemiológica en Cuba, con tasas respectivas de 43 905.4; 8 996.9, 214.8 y 234.9 por 100 000 habitantes en 1997 (CEPAL, 1997 y MINSAP, 1999). Otra enfermedad de importancia, pero con tasas muy inferiores, es el asma bronquial (AB), que presenta un 8.58% en las zonas urbanas y un 7.5% en las zonas rurales; además ocupa el 13.6% de todas las urgencias de los hospitales.

En las enfermedades de transmisión sexual (blenorragia y sífilis) las cifras son de 304.3 y 142.2 por 100 000 habitantes, respectivamente. Las enfermedades inmunoprevenibles están prácticamente eliminadas. En 1997 no se reportaron casos de poliomielitis, difteria, tos ferina, sarampión, rubéola, parotiditis ni tétanos neonatal.



### 2.4.3 Educación

La educación es igualmente un sector al cual el Gobierno Cubano le otorga una gran prioridad. Durante los años 60 se inició la reorganización del sistema de educación bajo la responsabilidad del Estado, cuya primera gran medida fue la realización de la Campaña de Alfabetización en el año de 1962.

En el sistema educacional cubano es obligatoria la enseñanza hasta el duodécimo grado, a partir del cual el acceso a los niveles superiores de educación se sustenta en un proceso de selección académica. Está organizado un sistema de educación para los menores que poseen limitaciones físicas de cualquier tipo.

Partiendo de las bases informativas de la Oficina Nacional de Estadísticas (ONE 1999b), el país cuenta con 12 235 centros, que permiten brindar servicios a una matrícula de 2.2 MM de alumnos en los diversos niveles de enseñanza. La distribución de instalaciones por niveles de escolaridad refleja la siguiente distribución: 9 401 escuelas primarias, 1 966 del nivel secundario, 365 destinados a la educación de adultos, 446 a la enseñanza especial, y 37 al nivel superior. Esta dotación de instalaciones se halla distribuida en el Sistema de Asentamientos Humanos a lo largo del país brindando cobertura total a la enseñanza. En 1998 se graduaron 412.7 miles de alumnos en los diversos niveles. La tasa de escolarización es de 97.8.

## 2.5 Estructura política y marco jurídico e institucional

La República de Cuba es un Estado Socialista organizado en forma de República cuyo idioma oficial es el español; la capital es La Habana. El sistema económico se basa esencialmente en la propiedad socialista de todo el pueblo sobre los medios fundamentales de producción. A partir de 1993, la Constitución de la República reconoce la propiedad mixta con entidades extranjeras, entre las posibles formas de propiedad. Los artículos más relevantes de la Constitución cubana son los siguientes

**Artículo 11.-** "El Estado ejerce su soberanía:

- a) "Sobre todo el territorio nacional, integrado por la isla de Cuba, la Isla de la Juventud, las demás islas y cayos adyacentes, las aguas territoriales y el mar territorial en la extensión que fija la ley y el espacio aéreo que sobre estos se extiende;
- b) sobre el medio ambiente y los recursos naturales del país;
- c) sobre los recursos naturales, tanto vivos como no vivos, de las aguas, el lecho y el subsuelo de la zona económica marítima de la República, en la extensión que fija la Ley conforme a la práctica internacional.

La República de Cuba repudia y considera ilegales y nulos los tratados, pactos y concesiones concertados en condiciones de desigualdad o que desconocen o disminuyen su soberanía y su integridad territorial."

**Artículo 27.-** "El Estado protege el medio ambiente y los recursos naturales del país. Reconoce su estrecha vinculación con el desarrollo económico y social sostenible para hacer más racional la vida humana y asegurar la supervivencia, el bienestar y la seguridad de las generaciones actuales y futuras. Corresponde a los órganos competentes aplicar esta política. Es deber de los ciudadanos, contribuir a la protección del agua, la atmósfera, la conservación del suelo, la flora, la fauna y todo el rico potencial de la naturaleza".

## 2.5.1 Organización territorial. División político-administrativa

Para los fines políticos administrativos, el territorio nacional se divide en provincias y municipios. La Ley 1304 de 3 de julio de 1976, dividió el territorio nacional en catorce (14) provincias y ciento sesenta y nueve (179) municipios. El número, límites y denominación de las provincias y municipios aparecen establecidos en dicha Ley. Algunos datos relevantes sobre las características de las provincias de Cuba aparecen en la Tabla 2.3

A la Provincia se le define como sociedad local, con personalidad jurídica a todos los efectos legales, organizada políticamente por la Ley como eslabón intermedio entre el gobierno central y el municipal. Tiene una extensión superficial equivalente a la del conjunto de municipios comprendidos en su demarcación territorial.

Al Municipio también se le define como sociedad local con personalidad jurídica a todos los efectos legales, organizada políticamente por la Ley. Su extensión territorial está determinada por las relaciones económicas y sociales de su población, con capacidad para satisfacer las necesidades mínimas locales.

Tabla 2.3 Extensión superficial, densidad poblacional, cantidad de municipios y ciudades cabeceras de las provincias .

Territorios	Superficie (km <sup>2</sup> )	Densidad (hab/km <sup>2</sup> )	Número de municipios	Ciudades Cabeceras
Pinar del Río	1 0 925.0	66.9	14	Pinar del Río
La Habana	5 731.0	121.5	19	La Habana
Ciudad de La Habana	727.0	3 014.0	15	La Habana
Matanzas	11 978.0	54.6	14	Matanzas
Villa Clara	8 662.0	96.2	13	Santa Clara
Cienfuegos	4 178.0	93.9	8	Cienfuegos
Sancti Spíritus	6 744.0	68.0	8	Sancti Spíritus
Ciego de Avila	6 910.0	58.4	10	Ciego de Avila
Camagüey	15 990.0	49.9	13	Camagüey
Las Tunas	6 589.0	79.7	8	Las Tunas
Holguín	9 300.0	110.2	14	Holguín
Granma	8 372.0	98.8	13	Bayamo
Santiago de Cuba	6 170.0	166.6	9	Stgo. de Cuba
Guantánamo	6 186.0	82.6	10	Guantánamo
Isla de la Juventud	2 398.0	32.8	1	Nueva Gerona

## **2.5.2 Organos de poder**

Los órganos representativos de poder son electivos y renovables. Los diputados, delegados y demás funcionarios elegidos, tienen el deber de rendir cuenta de su actuación y en cualquier momento pueden ser revocados de sus cargos. A nivel nacional existen tres Organos, a saber: la Asamblea Nacional del Poder Popular, el Consejo de Estado y el Consejo de Ministros; mientras que a nivel local existen los Organos Locales del Poder Popular.

### ***La Asamblea Nacional del Poder Popular***

La Asamblea Nacional del Poder Popular es el único órgano con potestad constituyente y legislativa en la República, resultando el órgano supremo del poder del Estado. La Asamblea está constituida por diputados que representan y expresan la voluntad soberana del pueblo, el cual los elige mediante voto libre, directo y secreto. El período de mandato de los diputados tiene una duración de cinco años y puede ser extensible en circunstancias excepcionales. En el seno de la Asamblea son electos el Presidente, el Vicepresidente y el Secretario de la misma. Los diputados también eligen al Consejo de Estado, el cual está integrado por un Presidente, un primer Vicepresidente, cinco Vicepresidentes, un Secretario y 23 miembros.

### ***El Consejo de Estado***

El Consejo de Estado es el órgano colegiado de la Asamblea Nacional del Poder Popular; la representa entre uno y otro período de sesiones y ejecuta los acuerdos de esta, además de otras funciones que la Constitución le atribuye. A los fines nacionales e internacionales, el Consejo de Estado ostenta la suprema representación del Estado cubano.

### ***El Consejo de Ministros***

El Consejo de Ministros es el máximo órgano ejecutivo y administrativo y constituye el Gobierno de la República. Está integrado por el Jefe de Estado y de Gobierno, que es su Presidente, el Primer Vicepresidente, los Vicepresidentes, los Ministros, el Secretario y los demás miembros que determine la Ley.

El Presidente, el Primer Vicepresidente, los Vicepresidentes y otros miembros del Consejo de Ministros que determine el Presidente, integran su Comité Ejecutivo, el cual puede decidir sobre las cuestiones atribuidas al Consejo de Ministros durante los períodos que median entre una y otra de sus reuniones.

Los integrantes del Comité Ejecutivo orientan, controlan y coordinan la labor de los Organismos de la Administración Central del Estado (OACE), quienes a su vez actúan como rectores de las ramas, subramas y actividades económicas y sociales.

## ***Los Organos Locales del Poder Popular***

**Las Asambleas del Poder Popular**, constituidas en las demarcaciones político-administrativas en que se divide el territorio nacional, constituyen los órganos locales superiores del poder del Estado y para ello ejercen gobierno dentro de su ámbito de competencia, coadyuvando además al desarrollo de las actividades y el cumplimiento de los planes de las unidades establecidas en su territorio.

En el caso de las Asambleas Provinciales el mandato es de cinco años y en el caso de las Municipales es de dos años y medio, ambos períodos son extensibles por la Asamblea Nacional ante circunstancias excepcionales.

**Las Administraciones Locales** que las Asambleas del Poder Popular constituyen, dirigen y controlan las entidades económicas, de producción y de servicios de subordinación local, con el propósito de satisfacer las necesidades económicas, de salud y otras de carácter asistencial, educacionales, culturales, deportivas y recreativas de la colectividad del territorio al que se extiende la jurisdicción de cada una.

### **2.5.3 Marco jurídico e institucional.**

El Comité Ejecutivo del Consejo de Ministros ha dictado, con carácter transitorio, las regulaciones relativas a la organización, atribuciones y funciones de los OACE y de los órganos subordinados al Consejo de Ministros.

La mayor parte de estas disposiciones fueron aprobadas con fecha 25 de noviembre de 1994. Tal es el caso del Acuerdo del Comité Ejecutivo por el que se establecen las atribuciones y funciones principales del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, en cuyo Acuerdo, tras declarar que este es el organismo rector de la política ambiental del país, se le atribuyen los mandatos correspondientes en la esfera ambiental.

Como parte de este proceso de reorganización de las funciones de los Organismos de la Administración Central de nuestro Estado, el Comité Ejecutivo del Consejo de Ministros, al amparo de su Acuerdo del 25 de noviembre de 1994, estableció las funciones comunes de todos los OACE. Entre esas funciones se destaca la de “incorporar la dimensión ambiental en las políticas, planes, proyectos, programas y demás acciones que realice el organismo, en correspondencia con el desarrollo económico y social sostenible; cumplir con las disposiciones y medidas que deriven de la política ambiental nacional y a ese fin, dictar las disposiciones que correspondan, dentro del marco de su competencia, y controlar su cumplimiento”

El ordenamiento legal en materia de medio ambiente se ha venido fortaleciendo significativamente en los últimos años. En 1997 se aprueba la Ley 81, Ley del Medio Ambiente, la cual trata de modo holístico los temas ambientales, incluyendo la atmósfera. Le siguen en 1999 tres Decretos-Leyes que tratan sucesivamente la Seguridad Biológica, el Sistema Nacional de Areas Protegidas y las Contravenciones en materia de medio ambiente. En fecha más reciente, se ha dictado un Decreto-Ley sobre Gestión Ambiental de la Zona Costera.

Al propio tiempo se ha venido trabajando por el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente en el dictado de disposiciones reglamentarias que complementan este marco legal, tal es el caso de los reglamentos sobre Evaluación de Impacto Ambiental, Inspección Ambiental Estatal, Productos Químicos Tóxicos y Desechos Peligrosos, entre otros.

También se ha trabajado en la incorporación de las consideraciones ambientales en diversas leyes claves del desarrollo. La Ley de Minas introdujo en 1994 el concepto de Evaluación de Impacto Ambiental, mientras que la Ley para la Inversión Extranjera de 1995 dedica todo un Capítulo al tema. Por último, la Ley del Sistema Tributario, también de 1994, introdujo un impuesto por la explotación del medio ambiente y el uso racional de los recursos naturales.

## **2.6 La economía cubana.**

En el decenio de los 90, la nación sufrió una aguda escasez de recursos financieros producto de la brusca pérdida de cerca del 80% de su comercio exterior, resultante del derrumbe del campo socialista en Europa y de las fuertes limitaciones en el acceso al crédito exterior, como consecuencia de diferentes factores, entre los que se destaca, el continuo y sostenido bloqueo impuesto por los Estados Unidos de América contra Cuba.

Luego de una caída de casi el 35% en el PIB entre 1989 y 1993, en 1994 se detuvo el descenso, con un discreto crecimiento del 0.7%.

A partir de 1995 se inicia el proceso de recuperación el cual se ha mantenido de manera sostenida durante los últimos años, permitiendo una mayor reinserción de la economía cubana en el mercado internacional, así como mejorar los niveles de satisfacción de las necesidades fundamentales que también sufrieron un alto grado de deterioro. Por sexto año consecutivo la economía cubana presenta crecimientos del producto interno bruto, reafirmando la continuidad del proceso de recuperación (Figura 2.4).

El crecimiento del producto interno bruto en 1999 estuvo acompañado por un mejor desempeño económico en distintas esferas. El consumo físico de portadores energéticos descendió en un 5.7%, la productividad del trabajo creció en un 5.4%; el gasto en divisas por cada dólar de ingreso bruto se redujo en 2.8%; y el rendimiento de las inversiones aumentó en 8.8%. El índice de desempleo es de 6.0%.

Resultó significativo el comienzo de la recuperación de la industria azucarera que incrementó su producción en más de medio millón de toneladas, para un crecimiento de 18.6 %.

A lo anterior se suma un mercado interno que mantiene una tendencia al equilibrio financiero, con un crecimiento importante del segmento que opera en moneda libremente convertible (MLC) y una tasa de cambio de peso/USD estable.

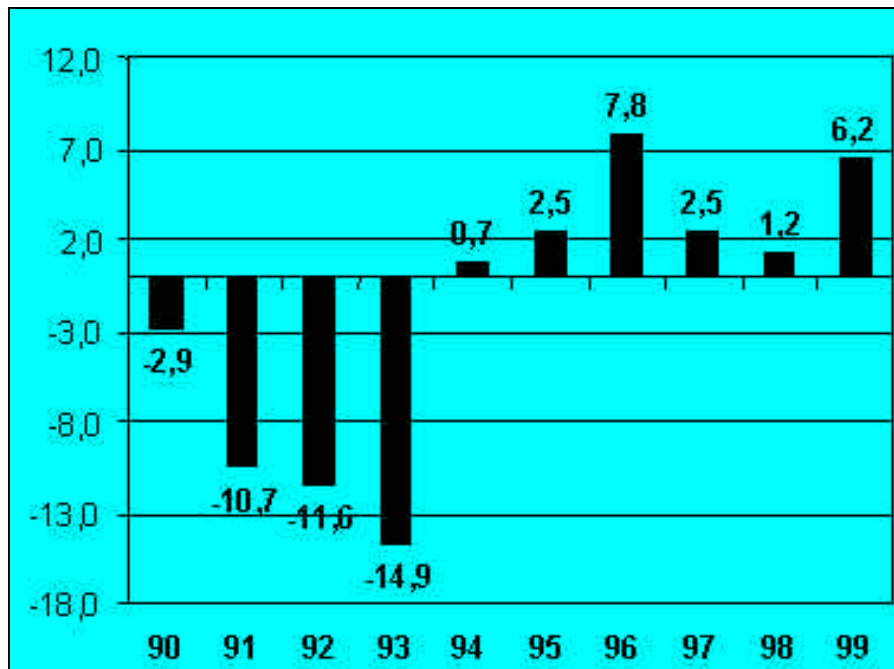


Figura 2.4 Tasa anual (%) del producto interno bruto.

Estos resultados fueron obtenidos a pesar del descenso de los precios de importantes rubros de exportación, como azúcar, níquel, productos de la pesca y otros. No se puede dejar de mencionar la compleja situación financiera externa que enfrenta el país; así como las afectaciones originadas por el bloqueo y otras acciones asociadas a la Ley Helms-Burton.

En la Tabla 2.4 aparece una muestra del desempeño de indicadores económicos seleccionados.

Tabla 2.4 Tasa anual 1999 - 1998 (%) para algunos indicadores económicos seleccionados.

ACTIVIDADES	%
Agricultura, silvicultura y pesca	12.3
Industria	6.0
Construcción	6.6
Transporte y comunicaciones	6.6
Comercio y turismo	9.1
Servicios comunales, sociales y personales	2.3
Consumo	6.1
Inversiones	9.4
Exportaciones	-6.9
Importaciones	3.9
Productividad del trabajo	5.4

Los gastos del Presupuesto del Estado aumentaron 7.3%; mientras que en educación y en salud pública los crecimientos fueron 23.9% y 19.0%, respectivamente. Dentro de estos gastos presupuestarios se destinaron 140 MM de pesos a la solución de problemas ambientales.

Los ingresos muestran un incremento del 7.6%, por lo que se estima un déficit fiscal de alrededor de 612 MM de pesos. Con ello se logra mantener la tendencia a la estabilidad en términos relativos del déficit respecto al producto interno bruto, que debe resultar del orden del 2.4%. Este resultado permite afirmar que al igual que en los últimos 4 años, la ejecución del Presupuesto del Estado ha propiciado el mantenimiento del equilibrio general de las finanzas públicas.

Se ha estimado que durante los próximos diez años se necesitarán más de 700 MM de pesos anuales adicionales para garantizar las metas del desarrollo sostenible, de los cuales alrededor de 275 MM deberán proceder de fuentes externas.

### **2.6.1 Economía y medio ambiente.**

El artículo 4 de la Ley 81 del Medio Ambiente establece que “los recursos naturales deben aprovecharse de manera racional, previendo la generación de impactos negativos sobre el medio ambiente” y que “Los requerimientos de la protección del medio ambiente deben ser introducidos en todos los programas, proyectos y planes de desarrollo”.

En concordancia con lo anterior, el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente y el Ministerio de Economía y Planificación, han logrado introducir los aspectos relativos al medio ambiente y al uso racional de los recursos naturales en los planes de la economía nacional. Anualmente se determinan los recursos que se destinarán a la solución de los problemas de contaminación y la rehabilitación y mejoramiento de las condiciones ambientales.

En la planificación anual se considera el volumen total de inversiones para solucionar los problemas de contaminación, incluyendo los relativas a la atmósfera. Para aprobar las nuevas éstas tienen que contar con un estudio del impacto ambiental, así como las medidas que se adoptarán para revertir el mismo. Los diferentes OACE incluyen entre sus gastos corrientes, aquellos que ejecutarán para la rehabilitación y/o mejoramiento de las condiciones ambientales.

Cuba se apresta a retomar la planificación a mediano y largo plazo, en la cual se incluirán los proyectos que permitan reducir los niveles de emisión y aumentar la absorción de gases de efecto invernadero.

Se ha avanzado también en el desarrollo de instrumentos de regulación económica que coadyuven a la conservación del medio ambiente, entre los que destacan determinados impuestos y contribuciones y el uso de medidas arancelarias. Con el objetivo de facilitar el cumplimiento de la Ley de Medio Ambiente y con la finalidad esencial de financiar total o parcialmente proyectos destinados a la protección del medio ambiente, fue creado el Fondo Nacional del Medio Ambiente. Las reglamentaciones requeridas para el funcionamiento del Fondo son establecidas por el Ministerio de Finanzas y Precios y el Ministerio de Economía y Planificación, con la

participación del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente y de otros órganos y organismos competentes.

## 2.7 Energía.

La actividad energética ocupa una gran importancia para el desarrollo del país que depende en lo fundamental de energía importada. Los gastos que Cuba realiza en la importación de portadores energéticos representan casi la quinta parte del total de los recursos financieros dedicados a las importaciones de bienes y servicios, alrededor del 5% del PIB nacional.

### 2.7.1 Fuentes de energía.

El 80% de uso de energía corresponde a combustibles convencionales de los cuales el 85% corresponde a fuel oil, petróleo crudo de origen nacional y diesel oil. Una gran parte de estos combustibles (44%) se utiliza en la generación de electricidad.

Las fuentes renovables de energía aportan el 20% del balance nacional de portadores energéticos. Su principal fuente es el bagazo generado por la agroindustria azucarera, con el cual se generó en 1999 el 7% de la electricidad del país. La leña y la hidroenergía poseen una participación del 2.2% en el total de las fuentes.

Otra fuente de energía potencialmente importante en la generación de electricidad es la energía eólica. Estimaciones realizadas sobre la base de mediciones en el litoral norte centro oriental del país sugieren la posibilidad de instalaciones de este tipo.

### 2.7.2 Uso de energía

Los sectores de mayor peso en el uso de energía son el industrial, la población y el sector público. El consumo de electricidad está dominado por el sector doméstico, seguido de los sectores empresarial y público (Tabla 2.5).

Tabla 2.5 Distribución en por ciento del uso total de energía y de electricidad por sectores.

Sector	Uso de energía	Consumo de electricidad
Industrial	46.04	28.32
Población	22.96	43.13
Público	14.67	17.35
Transporte	6.22	1.06
Servicio y comercio	4.23	7.06
Agricultura	0.11	3.07

El mayor consumidor de portadores energéticos de forma directa es el industrial al cual se atribuye el 60% del total.



La producción de petróleo crudo nacional ha crecido cuatro veces en los últimos 10 años y alcanza una cifra de 2.1 MMt. Se destina en lo fundamental a la generación de electricidad y a la producción de cemento.

## **2.8 Agricultura, uso de la tierra y silvicultura**

### **2.8.1 Agricultura**

La agricultura y la silvicultura constituyen un importante sector de la economía cubana. La producción agrícola de Cuba puede dividirse en aquella que es básicamente destinada a la exportación y la que es fundamentalmente consumida en el mercado interno por la población. Los cultivos destinados fundamentalmente a la exportación son la caña de azúcar, el tabaco, el café, el cacao y los cítricos. De ellos el más importante es la caña de azúcar.

Las producciones agrícolas destinadas a la exportación están concentradas en regiones con condiciones ambientales específicas, excepto la caña de azúcar, cuyo cultivo está distribuido a lo largo y ancho del territorio nacional (con la excepción de la Isla de la Juventud). Los cultivos destinados a la exportación se caracterizan por ser permanentes en áreas secas con muy poca utilización del regadío, con la excepción del tabaco y el cítrico.

Los cultivos agrícolas destinados básicamente al consumo interno son el arroz, el maíz, el plátano, la papa, la yuca, el tomate, la col, y el frijol. Deben considerarse aquí las plantas oleaginosas como la soya y el girasol, así como aquellas que se utilizan principalmente para la producción de piensos y forraje para el ganado. En su gran mayoría se trata de cultivos temporales bajo riego, que en algunos renglones como la papa, el arroz y el plátano, puede ser intensivo. Estos cultivos poseen una amplia distribución nacional y generalmente tienen asociada una agrotecnia moderna. La producción nacional de alimentos, sin embargo, aún no cubre la demanda de productos que pudieran ser producidos nacionalmente y se importan anualmente volúmenes considerables de arroz, frijoles y otros productos alimenticios.

Los suelos de Cuba constituyen un mosaico con una gran complejidad edáfica a causa de los diversos procesos geológicos y geomorfológicos que les dieron origen. Factores climáticos y genéticos, unidos a factores antrópicos, relacionados con el uso y manejo inadecuado de los suelos, han conducido a la degradación de éstos y a la aparición de un importante problema ambiental.

Por otra parte, existen tierras están afectadas por la desertificación y hay presencia de condiciones de aridez en el 14% del territorio. El factor degradante más importante es el bajo contenido de materia orgánica que afecta a más de 4 MM de ha. La baja fertilidad, y las condiciones de mal drenaje, son elementos de segundo y tercer orden de importancia. Otros factores como la baja retención de humedad, la erosión fuerte y media, la compactación, la acidez, la salinidad y el alto contenido de sodio, afectan a millones de hectáreas de suelo.

En la actualidad se adoptan estrategias y medidas antierosivas, de protección y conservación en millones de hectáreas. Este esfuerzo deberá intensificarse y extenderse en el futuro al total de las áreas afectadas por la degradación de los suelos.

Una parte importante de la producción agrícola para el consumo interno se obtiene durante el período invernal, que coincide con la época más seca del año. También proviene de cultivos permanentes que requieren de un suministro adicional de agua durante el período poco lluvioso. Una parte considerable de la producción agrícola exportable, como los cítricos y el tabaco, requieren de riego durante ese mismo período.

La producción agropecuaria se basa actualmente en Empresas Estatales (ganaderas y agrícolas no cañeras), Granjas independientes, Entidades Cooperativas y productores individuales.

A partir de 1994, ha cambiado la estructura de tenencia de la tierra, propiciándose una mayor proporción de tierras entregadas en usufructo, organizadas en formas de cooperativas o atendidas por familias campesinas, campesinos individuales y otras formas de usufructo. El sector estatal se ha reorganizado en pequeñas granjas para la atención de los cultivos que así lo requieren.

En los últimos años se ha desarrollado de forma apreciable la agricultura urbana, con el fin de aumentar el suministro de vegetales, hortalizas y condimentos.

## 2.8.2 Uso de la tierra

Según el balance de la Tierra del año 1997 realizado por la Oficina Nacional de Estadísticas (ONE, 1999a), obtenido como resultado del levantamiento cartográfico estadístico, la superficie del país y su utilización se puede describir de forma resumida tal y como se refleja en la Tabla 2.6. Debe notarse que con posterioridad a los cambios efectuados en 1994, se reduce la cantidad de tierras estatales la cual alcanza actualmente el 53.7% del total.

Tabla 2.6 Superficie geográfica de la República de Cuba y su utilización

CONCEPTO	SUPERFICIE (ha)
<b>SUPERFICIE AGRÍCOLA</b>	<b>6 686 749</b>
• Superficie cultivada	3 701 459
Superficie cultivos permanentes	2 606 136
Superficie de cultivos temporales	1 089 443
• Superficie no cultivada	2 985 290
Pastos naturales	2 222 840
Tierras ociosas	762 450
<b>SUPERFICIE NO AGRÍCOLA</b>	<b>4 285 477</b>
• Forestales	2 924 931
• Superficie no aptas para Agricultura/Forestales	464 864
• Superficie acuosa	346 158
• Superficie poblacional constructiva	549 524

### 2.8.3 Silvicultura

Según los datos reflejados en la tabla 2.6, la superficie forestal total de Cuba representa el 26.3% del territorio nacional. Aproximadamente el 62% corresponde a bosques productivos y el 37.4% a bosques protectores de las cuencas hidrográficas, protección de la diversidad biológica y protección costera.

En Cuba ocurren como promedio anual aproximadamente 200 incendios forestales, que afectan un estimado de 5 000 ha de bosques. Se estima que el 12% de los incendios es resultado de la propia naturaleza, básicamente por descargas eléctricas y por las condiciones que se crean en etapas de sequía. Aunque el promedio anual de incendios forestales no es una cifra alarmante, debe tomarse en consideración, no sólo por las pérdidas económicas que ocasiona, sino también por el impacto que produce la reducción de la masa boscosa en los procesos de desertificación. En el año 1998 se promulgó por el Parlamento Cubano la Ley forestal (Ley 85 de 1998), dirigida a normar el accionar nacional con relación a los bosques, sus productos y servicios.

Desde 1975 se mantiene un inventario forestal nacional, el cual es la base para un sistema de manejo forestal coherente e incorpora todos los niveles administrativos y cubre todos los aspectos sobre el manejo, utilización y conservación de los recursos forestales..

Los principales actores vinculados al sector forestal, como son: sector privado, cooperativas rurales, comunidades locales, grupos juveniles, grupos femeninos y Organizaciones no Gubernamentales. Estos agrupan 18 700 personas, contribuyen a la protección del bosque y de la fauna participando en brigadas voluntarias de protección, que cuentan con 1 141 unidades en todo el país.

El proceso de ordenamiento forestal, el incremento de las áreas de nuevas plantaciones con fines de producción y el establecimiento de categorías de bosques para su conservación, para la protección de ecosistemas, y para su explotación productiva, ha permitido disminuir el área de bosques naturales que son intervenidos, con el consiguiente incremento de las áreas de bosques de protección y de conservación. El Programa Forestal de Cuba hasta el año 2015 reconoce la posibilidad de utilizar 500 000 ha de tierras, adicionales a las actuales, para nuevas plantaciones forestales.

## 2.9 Recursos hídricos

El potencial hídrico del país asciende a 38 139 km<sup>3</sup> al año, de ellos 31 683 km<sup>3</sup> corresponden al escurrimiento superficial y 6 456 km<sup>3</sup> a las aguas subterráneas. De este potencial son utilizables 23 988 km<sup>3</sup>, 68% corresponde a aguas reguladas (120 presas y 900 micropresas), 6.2% a aguas no reguladas y 25.2% a las aguas subterráneas. Dado que algunas cuencas subterráneas son del tipo abierto al mar, éstas suelen presentar problemas de intrusión salina a los acuíferos.

En total existen 563 cuencas fluviales, de las cuales 236 desaguan en la costa norte, mientras que las 327 restantes lo hacen en la costa sur. La mayoría de las cuencas son pequeñas: 478 poseen una extensión superficial inferior a los 200 km<sup>2</sup> y sólo 14 superan los 1 000 km<sup>2</sup>. El Cauto,

ubicado en la Región Oriental, es el mayor de los ríos de Cuba y su cuenca abarca un área aproximada de 9 000 km<sup>2</sup> (Planos et al, 1995).

Los acuíferos más importantes, desde el punto de vista de la capacidad de almacenamiento, están distribuidos hacia el occidente y centro de la isla. La mayor parte de estos se ubican y drenan hacia la costa sur. En el caso del agua subterránea, la recarga depende, casi exclusivamente, de la lluvia que cae en los seis meses del período lluvioso.

Existen aproximadamente 165 unidades hidrogeológicas evaluadas (cuencas, tramos y zonas), en 86 de las cuales se almacena el 77% del volumen total de agua subterránea. De las unidades más importantes, 16 son cerradas y 70 abiertas al mar, por lo que más del 80% tienen problemas de intrusión salina.

En la actualidad, existen un total de 223 embalses construidas, más de 800 micropresas, 11 estaciones de bombeo, 800 km de canales magistrales, 1 287 km de diques de protección contra inundaciones y 211 mini y micro centrales hidroeléctricas. Estas obras dan prioridad a la entrega de agua al riego, al abasto a la población y a la generación de energía para pequeños núcleos poblacionales.

El volumen de agua aprovechable per cápita anualmente asciende a 1 293 m<sup>3</sup>/hab, sin considerar los beneficios que puedan recibirse directamente de la lluvia. Sin embargo, el Índice de Disponibilidad Específica de Agua definido por Shiklomanov (1998), tiene un valor de 1.4, lo que califica la disponibilidad de agua para el desarrollo como *muy baja*.

## **2.10 Diversidad biológica**

En 1995 se realizó el Estudio Nacional de la Diversidad Biológica. Este estudio permitió examinar, entre otros, el estado de la biodiversidad cubana así como las amenazas para su preservación in situ y los beneficios del manejo e identificación de las necesidades de la conservación. Más tarde, en 1999, se aprobó la Estrategia Nacional sobre la Diversidad Biológica, cuyo objetivo es contribuir a la integración de las políticas ambientales y de desarrollo en esta esfera.

La diversidad biológica del archipiélago cubano se caracteriza por los notables valores de su medio natural, la gran diversidad de ecosistemas presentes y el alto grado de endemismo de sus recursos bióticos. Por esta razón, el territorio nacional es un exponente representativo y singular del patrimonio regional y mundial.

Como país insular pequeño, con extensión superficial y limitados recursos naturales para su desarrollo, el uso de los componentes de la diversidad biológica constituye la base de los programas de desarrollo económico del país, tanto en las áreas terrestres como en las costeras y marinas.

Como base institucional para el desarrollo de todos estos programas, en 1993 se constituyó el Centro Nacional de Biodiversidad, perteneciente al Instituto de Ecología y Sistemática así como el Grupo Nacional de Biodiversidad, el cual está integrado por un conjunto de instituciones nacionales vinculadas a la temática.

La biodiversidad del archipiélago es elevada (se considera la mayor del Caribe Insular) reportándose alrededor de 6 700 especies de flora agrupadas en 1300 géneros y 181 familias.

La diversidad de ecosistemas (42 tipos) y paisajes (6 y 17 tipos de niveles altos y medios respectivamente) está relacionada con la alta diversidad de especies; 6 500 especies de plantas vasculares (con un porcentaje de endemismo por encima del 50%) y más de 19 600 especies descritas por la fauna, pertenecientes a los diferentes grupos, las que representan en opinión de los especialistas tan sólo el 50% de la cantidad estimada de la fauna cubana; principalmente en grupos invertebrados, y el endemismo de esta fauna está calculado en un 42%.

Los vertebrados alcanzan un número de 612 animales ( de los cuales son endémicos: 15 mamíferos, 91 reptiles, 43 anfibios, 23 peces y 22 aves ). Alrededor del 10% de la fauna y el 2% de las plantas vasculares, son consideradas como amenazadas o en extinción.

Aunque el conocimiento que se tiene de la fauna es menor que el de la flora, se destaca la diversidad en grupos como los moluscos (2 947 especies conocidas), arácnidos (1 300 especies) e insectos (7 493 especies), en los cuales los estimados de especies por conocer son considerables.

Como complemento a las acciones nacionales dirigidas a la conservación del medio ambiente, Cuba cuenta con un Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) que tiene el propósito de preservar, bajo distintos tipos de manejo, un total de 80 áreas no sólo de interés científico, sino también turístico y económico, las cuales están distribuidas en todo el territorio nacional. Estas áreas ocupan una extensión total de 1 389 467 ha, un 12.5% del territorio nacional.

## **2.11 Estado del medio ambiente**

En la Estrategia Nacional Ambiental aparecen identificados cinco grandes problemas ambientales, a saber: degradación de los suelos, deterioro del saneamiento y las condiciones ambientales en asentamientos humanos, contaminación de las aguas terrestres y marinas, deforestación y pérdida de biodiversidad.

### **2.11.1 Degradación de los suelos**

Los resultados de las investigaciones y la experiencia práctica de los técnicos y profesionales vinculados con las labores agrarias y el conocimiento tradicional y local, han permitido reconocer la grave situación que enfrentan los suelos agrícolas de Cuba, reflejado en la alta tasa de suelos clasificados en las categorías agroproductivas de poco (30.8%) y muy poco productivos (46%).

Estas afectaciones han traído como consecuencia una reducción del rendimiento de los cultivos a valores inferiores al 70% de su potencial productivo. De no introducirse medidas efectivas que detengan tales procesos y en otros casos, los reduzcan, estos valores pudieran presentar una tendencia hacia el incremento de alrededor de 0.5 MM de ha en los próximos 15 años.

### **2.11.2 Deterioro del saneamiento y de las condiciones ambientales en los asentamientos humanos.**

Un importante indicador de evaluación de este aspecto lo constituye el acceso de la población al agua potable. En 1998 el 95.5% de la población cubana tiene acceso a estos servicios, tanto en el sector urbano como en el rural (INRH, 1998). Durante los últimos años el servicio público de agua se ha reducido, incrementándose el servicio de conexión domiciliaria. Esto ha sido posible debido a la construcción de nuevos acueductos rurales y otros sistemas de abasto. La región del país que presenta los mayores niveles de servicio público es la oriental.

La cobertura del servicio de acueductos, así como la frecuencia de entrega del agua, continúa siendo insuficiente en casi todo el territorio nacional. Como parte de las acciones preventivas contra los efectos de la sequía se están haciendo esfuerzos en la búsqueda de nuevas fuentes, lográndose avances en algunas zonas de la región oriental del país.

Los insuficientes niveles de saneamiento, han provocado un deterioro sostenido de la calidad ambiental de los cuerpos fluviales. No obstante, se observa una discreta mejoría en algunas cuencas de interés nacional donde se están ejecutando programas de reducción de cargas contaminantes.

### **2.11.3 Contaminación de aguas terrestres y marinas**

En el ámbito nacional se refleja la existencia de 2 160 fuentes contaminantes principales, de las cuales 29% no poseen sistemas de tratamiento y 53% de las capacidades destinadas a estos fines, se encuentran en estado deficiente, determinando la disposición aproximada de 341 716 ton/año de materia orgánica biodegradable, expresada como demanda bioquímica de oxígeno (DBO), lo que equivale a la contaminación generada por una población de 22 290 672 habitantes. Dentro del universo de fuentes existentes, solamente el 18% cuenta con sistemas de tratamiento operando de forma eficiente, correspondiéndole al sector industrial 18%, al agropecuario 20% y al doméstico 16%.

La cobertura actual de tratamiento de residuales de origen doméstico está caracterizada por la baja capacidad y funcionamiento irregular de las 5 plantas de tratamiento existentes en el país, lo cual determina que sólo del 25 al 28% de las aguas residuales evacuadas por el alcantarillado urbano, reciba tratamiento, disponiéndose el resto, en diversos cursos de aguas terrestres y la zona marino costera.

### **2.11.4 Pérdida de la diversidad biológica.**

Las características insulares del país, la fragilidad y vulnerabilidad de algunos de nuestros ecosistemas y los procesos antrópicos ocurridos han incidido negativamente sobre nuestra diversidad biológica siendo además muy difícil evaluar los impactos producidos.

A partir de estudios detallados sobre los valores de la biodiversidad del país, se desarrolla actualmente el Sistema Nacional de Áreas Protegidas de la República de Cuba. Este está constituido por las áreas de mayor relevancia ecológica, social e histórico-cultural de la nación y es un importante eslabón para garantizar la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad cubana.

## 2.12 Resumen general de las circunstancias nacionales

En las directrices de la CMNUCC para la preparación de las comunicaciones de las Partes no incluidas en el anexo I (Decisión 10 de la Segunda Conferencia de las Partes) se indica la conveniencia de presentar un cuadro con determinados indicadores socio-económicos. Atendiendo a esto, y a pesar de que en el texto del capítulo se pueda haber hecho referencia a algunos de dichos indicadores, la Tabla 2.7 recoge en buena medida la información solicitada en las directrices para los años 1990, 1994 y 1998. En la tabla sólo aparecen reflejados aquellos indicadores cuyas estadísticas estaban disponibles para alguno de los años mencionados.

Tabla 2.7 Circunstancias nacionales

<b>Criterios</b>	<b>1990</b>	<b>1994</b>	<b>1998</b>
Población (miles)	10 694.5	10 960.5	11 139.9
Superficies correspondientes (en km <sup>2</sup> )	110 860	110 860	110 860
PIB (MM de PC)	19008.3	12868.3	14 754.1
PIB por habitantes (PC)	1776.5	1169.8	1329.1
Parte de la industria manufacturera en el PIB (en porcentaje)	24.4	25.9	29.1
Parte de los servicios comunales, sociales y personales en el PIB (en porcentaje)	20.1	28.6	25.1
Parte de la agricultura, caza, silvicultura y pesca en el PIB (en porcentaje)	9.2	6.8	6.9
Superficie agrícola cultivada y no cultivada (en miles de ha)	6735.6	6682.6	ND
Porcentaje de población urbana	73.9	ND	75.2
Ganado nacional (en miles de cabezas)	ND	7432.2	ND
Vacuno	4802.6	4617.1	ND
Porcino	ND	1037.4	ND
Equino	ND	635.6	ND
Ovino, caprino	ND	1142.1	ND
Superficie forestal en Km <sup>2</sup>	2621.7	2649.2	ND
Número de habitantes en situación de pobreza absoluta.	NE	NE	NE
Esperanza de vida al nacer (en años)	ND	74.8*	ND
Tasa de alfabetización**	100	100	100

\* se refiere al período 1994-95; \*\* Se refiere a la Tasa bruta de escolarización de la enseñanza primaria

PC: Pesos cubanos; ND: No disponible; NE: No existe.

Fuente: Oficina Nacional de Estadísticas.

## **Capítulo 3. Inventario Nacional de Emisiones y Absorciones de Gases de Efecto Invernadero. Años 1990 y 1994**

### **3.1 Introducción**

Entre los compromisos asumidos en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, todas las Partes, deberán:

*“Elaborar, actualizar periódicamente, publicar y facilitar a la Conferencia de las Partes, inventarios nacionales de las emisiones antropogénicas por las fuentes y de la absorción por los sumideros de todos los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal, utilizando metodologías comparables que habrán de ser acordadas por la Conferencia de las Partes”*

El inventario nacional, es un componente importante de la comunicación nacional inicial que no solo contribuye a mejorar los estimados de las emisiones globales, sino que proporciona el basamento para la ejecución de diferentes acciones en el país. Entre esas acciones están la proyección de las probables emisiones en el futuro, así como la identificación y evaluación de estrategias para su mitigación.

Desde el año 1995 se viene trabajando en la determinación de las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero (GEI) en Cuba. Hasta la fecha de preparación de esta comunicación nacional, se han culminado los inventarios correspondientes al año base 1990 (CITMA, 1998) y al año 1994 (CITMA, 1999). Los años 1990 y 1994 son los establecidos por la CMNUCC como opciones de año base y además, para Cuba, representan años muy cercanos a los valores máximo y mínimo de emisiones de GEI observados en el período posterior a 1989.

Estos inventarios fueron desarrollados en el marco del Programa Ramal Científico Técnico “Protección del Medio Ambiente y el Desarrollo Sostenible Cubano” coordinado por la Agencia de Medio Ambiente de Cuba y financiado por el Gobierno Cubano y también como parte de las actividades del Programa CC:TRAIN implementado por UNITAR (inventario de 1990) y del Proyecto CUB/98/G31 “Actividad habilitadora para que Cuba prepare su Comunicación Inicial a la CMNUCC” con financiamiento del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF) e implementado por el PNUD (inventario de 1994).



## 3.2 Sistema nacional para la determinación de las emisiones y absorciones de GEI

Para la preparación de los inventarios se organizó un equipo técnico nacional multidisciplinario, con tres grupos de trabajo, coordinado por el Instituto de Meteorología perteneciente a la Agencia de Medio Ambiente del Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente. Estos grupos son los siguientes:

- 1) **Grupo Técnico/ Metodológico.** Tiene como tarea la dirección metodológica y la preparación del inventario, incluyendo el cálculo de emisiones, la determinación de incertidumbres etc. Está constituido fundamentalmente por especialistas en contaminación atmosférica del Instituto de Meteorología.
- 2) **Grupo de Datos de Actividad.** Tiene como tarea la captación de los datos de actividad necesarios para la preparación del inventario. Está constituido por especialistas en datos de la Oficina Nacional de Estadísticas (ONE). Participan expertos en datos de los diferentes sectores que se abordan en el inventario.
- 3) **Grupo Técnico Sectorial.** Tiene como tarea aportar la experticidad necesaria para el análisis de las fuentes que se tratan en el inventario. Está constituido por especialistas de los sectores que se abordan en el inventario y proceden de diferentes organismos e instituciones. Para algunas fuentes ejecutan, también, el cálculo de las emisiones.

En este equipo participan un número importante de instituciones del país pero en general, para estos estudios, contribuyen la mayor parte de los Organismos de la Administración Central del Estado.

## 3.3 Metodologías y datos utilizados. Estructura de los inventarios

### 3.3.1 Metodologías y datos

Al compilar el inventario deben ser utilizadas metodologías comparables, de modo que los resultados nacionales puedan ser comparados de una forma consistente. Las guías revisadas del Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático de 1996 (IPCC, OECD, IEA, 1997) son las aprobadas por la Conferencia de las Partes de la CMNUCC para este objetivo y son las utilizadas para la preparación de los inventarios de Cuba. Para algunas fuentes, estas Guías fueron complementadas por otras metodologías reconocidas internacionalmente, a saber: EMEP/CORINAIR (1996), US EPA (1995) y IAEA (1999).

Los datos de actividad utilizados son los disponibles en el país y fueron captados desde diferentes fuentes, fundamentalmente a través de la Oficina Nacional de Estadísticas (ONE). Con relación a los factores de emisión se utilizan básicamente los proporcionados por las metodologías citadas

anteriormente. Para aquellas fuentes donde resultó posible, esos factores fueron modificados y adaptados a partir de los resultados de estudios desarrollados en el país.

### **3.3.2 Estructura de los inventarios**

En los inventarios de 1990 y 1994 se utilizan las siguientes categorías principales de fuentes/sumideros para reportar las emisiones y que constituyen módulos de la monografía del inventario:

- Energía
- Procesos industriales
- Solventes y uso de otros productos
- Agricultura
- Cambio del uso de la tierra y silvicultura
- Desperdicios

Además de los módulos anteriores, los inventarios cuentan con una introducción al tema, un resumen general, un módulo para el análisis de las incertidumbres, referencias y anexos con las hojas de resúmenes y las hojas de trabajo.

### **3.3.3 Gases de efecto invernadero y otros gases de importancia radiativa y fotoquímica tratados en los inventarios nacionales**

Sobre la base de diversos criterios se han seleccionado (para ser tratados en los inventarios) los gases atmosféricos de mayor relevancia para el clima. Por conveniencia, todos son genéricamente referidos como GEI, aunque algunos de ellos no lo son, por lo que pueden subdividirse en:

a) Gases de efecto invernadero directo

Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>); Metano (CH<sub>4</sub>); Oxido Nitroso (N<sub>2</sub>O); Hidrofluorocarbonos(HFC); Perfluorocarbonos (PFC<sub>s</sub>) y Hexafluoruro de Azufre (SF<sub>6</sub>).

Entre estos, el CO<sub>2</sub>, el CH<sub>4</sub> y el N<sub>2</sub>O tienen orígenes tanto natural como antropogénico y han contribuido aproximadamente al 80% del forzamiento adicional del clima, debido a las emisiones de GEI desde la época preindustrial. En los inventarios desarrollados en Cuba para los años 1990 y 1994 no resultó posible abordar el cálculo de las emisiones de HFCs, PFCs y SF<sub>6</sub> por no disponerse de los datos de actividad necesarios.

b) Otros gases de importancia radiativa y fotoquímica

Monóxido de Carbono (CO); Oxidos de Nitrógeno (NO<sub>x</sub>); compuestos orgánicos volátiles distintos al Metano (COVDM) y Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>).

La importancia de estos otros gases viene dada de su papel como precursores de GEI, modificadores de sus concentraciones en la atmósfera o precursores de aerosoles como el SO<sub>2</sub>. El CO, los NO<sub>x</sub> y los COVDM son conocidos, también, como gases de efecto invernadero indirecto.

### 3.4 Resultados generales obtenidos

En la Tabla 3.1 se muestra un resumen de las emisiones brutas o absolutas de GEI obtenidas para Cuba en los años 1990 y 1994. En la propia tabla, se indican las reducciones observadas en las emisiones entre estos dos años. El total de emisiones brutas de GEI en 1990 resultó 41 314.83 Gg y en 1994, 26 043.45 Gg para una disminución, entre estos dos años, del 36.96%. En ambos años, el CO<sub>2</sub> tiene los mayores aportes a las emisiones con el 94.6% de estas en 1990 y el 94.74% en 1994. En 1990 el CH<sub>4</sub> contribuyó con el 1.23% y en 1994 el 1.7% y el N<sub>2</sub>O, 0.14% en 1990 y 0.06% en 1994.

Tabla 3.1 Emisiones brutas o absolutas<sup>(1)</sup> de GEI (Gg) para los años 1990 y 1994.

Año	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	CO	COVDM	SO <sub>2</sub>
<b>1990</b>	39 083.64	510.19	56.30	141.73	947.23	142.90	432.84
<b>1994</b>	24 673.01	445.53	16.94	66.59	402.43	35.73	403.22
<b>Diferencia (90-94)</b>	14 410.63	64.66	39.36	75.14	544.80	107.17	29.62
<b>%<sup>(*)</sup></b>	36.87	12.67	69.90	53.02	42.48	74.99	6.84

\* % de disminución de las emisiones de 1994 con relación a las de 1990

Como se observa de la tabla, la disminución de mayor peso en el volumen de emisiones correspondió al CO<sub>2</sub> con 14 410.63 Gg, lo que fue motivado fundamentalmente por las reducciones experimentadas en los sectores de la energía y los procesos industriales. En otros gases como el N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub>, CO y COVDM, aunque el peso de las reducciones es menor, también se observan altos porcentajes de disminución en las emisiones con relación a 1990. En el caso específico del N<sub>2</sub>O influyó, de forma importante, la disminución observada en el uso de los fertilizantes sintéticos.

Por otra parte, el total nacional de emisiones netas<sup>(2)</sup> de GEI en Cuba, para el año base 1990, fue estimado en 13 656.75 Gg. De los GEI de efecto directo el CO<sub>2</sub>, con 11 425.6 Gg, representa el 83.66% de las emisiones netas, seguido por el CH<sub>4</sub> con 510.19 Gg (3.74%) y el N<sub>2</sub>O con 56.3 Gg (0.40%). En 1994, por el contrario, se produjo una absorción neta de 2 797.56 Gg de GEI. Esta absorción fue provocada por la combinación del aumento de las absorciones de CO<sub>2</sub> en el sector de cambio de uso de la tierra y silvicultura, con una importante reducción de las emisiones de ese gas en el sector de la energía. También se observaron reducciones de emisiones en otros sectores y gases.

En las Tablas 3.2 y 3.3 se expone un resumen de las emisiones/absorciones netas totales de GEI por gases y sectores, mientras que en la Figura. 3.1 se presenta la contribución de cada sector a las emisiones.

<sup>1</sup> Emisiones brutas totales, incluyendo las emisiones del módulo Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura

<sup>2</sup> Emisiones o Absorciones Netas = Emisiones - Absorciones

Tabla 3.2 Emisiones y absorciones netas totales de GEI (Gg) para el año 1990.

Categorías de Fuentes y Sumideros	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	CO	COVDM	SO <sub>2</sub>
<b>TOTAL NACIONAL</b>	<b>11 425.56</b>	<b>510.19</b>	<b>56.300</b>	<b>141.73</b>	<b>947.2300</b>	<b>142.900</b>	<b>432.840</b>
<b>ENERGIA</b>	<b>33 155.06</b>	<b>10.58</b>	<b>1.060</b>	<b>129.06</b>	<b>857.1600</b>	<b>69.990</b>	<b>424.650</b>
<b>A Quema de Combustibles (referencia)</b>	33 279.20						
<b>A Quema de Combustibles (sectorial)</b>	33 155.06	10.04	1.060	128.67	856.5700	33.840	418.560
1 Industrias de la Energía	12 105.56	0.48	0.100	31.86	2.3900	0.800	235.800
2 Manufactureras y Construcción	9 348.20	5.77	0.810	46.39	711.3900	9.800	150.340
3 Otros Sectores	4 067.77	1.33	0.044	5.75	19.9600	1.280	10.800
a) Comercial Institucional	322.39	0.14	0.004	0.45	2.3600	0.140	2.500
b) Residencial	2 235.93	0.50	0.020	3.20	6.8700	0.270	1.600
c) Agricultura/Silvicultura/Pesca	1 509.45	0.69	0.020	2.10	10.7300	0.870	6.700
4 Otros (incluye el transporte)	7 633.54	2.46	0.110	44.67	122.8300	21.960	21.620
<b>B Emisiones Fugitivas</b>	0.00	0.54	0.000	0.39	0.5900	36.150	6.090
1 Combustibles Sólidos		NO					
2 Petróleo y Gas Natural	0.00	0.54	0.000	0.39	0.5900	36.150	6.090
<b>PROCESOS INDUSTRIALES</b>	<b>2 268.50</b>	<b>0.00</b>	<b>3.320</b>	<b>8.02</b>	<b>1.5700</b>	<b>65.670</b>	<b>8.190</b>
<b>A Productos Minerales</b>	1 605.91	0.00	0.000	0.00	0.0002	53.920	0.990
<b>B Industria Química</b>	261.70	0.00	3.220	7.96	1.3800	0.820	6.950
<b>C Producción de Metales</b>	400.89	0.00	0.000	0.01	0.0003	0.010	0.010
<b>D Otras Producciones</b>	0.00	0.00	0.000	0.05	0.1900	10.920	0.240
1 Pulpa y Papel	0.00	0.00	0.000	0.05	0.1900	0.120	0.240
2 Alimentos y Bebidas	0.00	0.00	0.000	0.00	0.0000	10.800	0.000
<b>USO DE SOLVENTES</b>						<b>7.300</b>	
<b>A Aplicación de Pinturas</b>						4.026	
<b>B Otros</b>						3.312	
1 Industria de las Impresiones						0.185	
2 Usos de Solventes en el Hogar						2.590	
3 Polimerización de Asfalto						0.537	
<b>AGRICULTURA</b>	<b>0.00</b>	<b>3 74.51</b>	<b>51.910</b>	<b>4.27</b>	<b>75.0900</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>
<b>A Fermentación Entérica</b>		346.44					
<b>B Manejo del Estiércol</b>		17.85					
<b>C Cultivo del Arroz</b>		6.64					
<b>D Suelos Agrícolas</b>			51.780				
<b>E Quema Prescrita de Sabanas</b>	NO	NO	NO	NO	NO	0.000	0.000
<b>F Quema de Residuos Agrícolas</b>		3.58	0.130	4.27	75.0900	0.000	0.000
<b>CAMBIO DE USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA</b>	<b>-23 998</b>	<b>1.53</b>	<b>0.010</b>	<b>0.38</b>	<b>13.4100</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>
<b>A Cambios en Bosques y Otras Reservas de Biomasa Leñosa</b>	-27 282.50						
<b>B Conversión de Bosques</b>	3 242.03	1.53	0.010	0.38	13.4100	0.000	0.000
<b>C Abandono de Tierras Cultivadas</b>	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
<b>D Emisiones y Remociones desde el Suelo</b>	42.50						
<b>DESPERDICIOS</b>		<b>123.58</b>					
<b>A Disposición de Residuos Sólidos</b>		71.09					
<b>B Tratamiento de Aguas Residuales</b>		52.49					
1 Efluentes Industriales		45.95					
2 Aguas Resid. Domésticas y Comerciales		6.54					
<b>MEMO<sup>1</sup></b>							
<b>Bunkers Internacionales</b>	<b>11 43.99</b>	<b>0.050</b>	<b>0.023</b>	<b>15.61</b>	<b>15.4600</b>	<b>2.150</b>	<b>11.075</b>
Transporte Aéreo	450.53	0.003	0.018	1.90	6.3200	0.320	0.125
Transporte Marítimo	693.46	0.046	0.005	13.71	9.1400	1.830	10.950
<b>Emisiones de CO<sub>2</sub> desde la Biomasa</b>	<b>21 380.84</b>						

NO—No ocurre; NE—No estimado; 1—No se incluyen en el total del módulo energía; Los valores con signo negativo indican absorciones netas.

Tabla 3.3 Emisiones y absorciones netas totales de GEI (Gg) para el año 1994.

Categorías de Fuentes y Sumideros	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	CO	COVDM	SO <sub>2</sub>
<b>TOTAL NACIONAL</b>	<b>-4168</b>	<b>445.53</b>	<b>16.94</b>	<b>66.59</b>	<b>402.43</b>	<b>35.73</b>	<b>403.22</b>
<b>ENERGIA</b>	<b>21 375.41</b>	<b>5.66</b>	<b>0.66</b>	<b>66.11</b>	<b>402.35</b>	<b>10.92</b>	<b>398.12</b>
<b>A Quema de Combustibles (referencia)</b>	21 375.41						
<b>A Quema de Combustibles (sectorial)</b>	22 571.17	5.20	0.66	66.03	402.21	9.24	396.69
1 Industrias de la Energía	10 774.61	0.74	0.18	31.33	26.73	1.95	
2 Manufactureras y Construcción	6 266.89	2.41	0.41	26.52	352.02	4.98	
3 Otros Sectores	2 765.89	1.19	0.03	4.15	14.94	1.30	
a) Comercial Institucional	308.06	0.09	0.00	0.46	0.84	0.11	
b) Residencial	1 267.79	0.35	0.01	1.88	4.84	0.31	
c) Agricultura/Silvicultura/Pesca	1 190.04	0.75	0.02	1.81	9.26	0.88	
4 Otros (incluye el transporte)	2 763.78	0.86	0.03	4.03	10.51	1.01	
<b>B Emisiones Fugitivas</b>	0.00	0.46	0.00	0.09	0.14	1.69	1.43
1 Combustibles Sólidos		NO					
2 Petróleo y Gas Natural	0.00	0.46	0.00	0.09	0.14	1.69	1.43
<b>PROCESOS INDUSTRIALES</b>	<b>926.19</b>	<b>0.00</b>	<b>0.17</b>	<b>0.48</b>	<b>0.08</b>	<b>20.20</b>	<b>5.10</b>
<b>A Productos Minerales</b>	690.19	0.00	0.00	0.00	0.00	11.65	0.33
<b>B Industria Química</b>	0.00	0.00	0.17	0.45	0.00	0.00	4.65
<b>C Producción de Metales</b>	236	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01
<b>D Otras Producciones</b>	0.00	0.00	0.00	0.02	0.08	8.55	0.11
1 Pulpa y Papel	0.00	0.00	0.00	0.02	0.08	0.06	0.11
2 Alimentos y Bebidas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.49	0.00
<b>USO DE SOLVENTES</b>						<b>4.61</b>	
<b>A Aplicación de Pinturas</b>						1.96	
<b>B Otros</b>						2.65	
1 Industria de las Impresiones						0.06	
2 Usos de Solventes en el Hogar						2.59	
3 Polimerización de Asfalto						0.00	
<b>AGRICULTURA</b>	<b>0.00</b>	<b>352.44</b>	<b>16.11</b>	<b>NE</b>	<b>NE</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
<b>A Fermentación Entérica</b>		333.01					
<b>B Manejo del Estiércol</b>		15.55					
<b>C Cultivo del Arroz</b>		3.88					
<b>D Suelos Agrícolas</b>			16.11				
<b>E Quema Prescrita de Sabanas</b>	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
<b>F Quema de Residuos Agrícolas</b>		NE	NE	NE	NE	0.00	0.00
<b>CAMBIO DE USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA</b>	<b>-26 469.60</b>	<b>NE</b>	<b>NE</b>	<b>NE</b>	<b>NE</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
<b>A Cambios en Bosques y Otras Reservas de Biomasa Leñosa</b>	-28 546.20						
<b>B Conversión de Bosques</b>	2 076.56	NE	NE	NE	NE	0.00	0.00
<b>C Abandono de Tierras Cultivadas</b>	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
<b>D Emisiones y Remociones desde el Suelo</b>	NE						
<b>DESPERDICIOS</b>		<b>87.43</b>					
<b>A Disposición de Residuos Sólidos</b>		55.91					
<b>B Tratamiento de Aguas Residuales</b>		31.52					
1 Efluentes Industriales		24.17					
2 Aguas Resid. Domésticas y Comerciales		7.35					
<b>MEMO<sup>1</sup></b>							
<b>Bunkers Internacionales</b>	<b>247.71</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>1.04</b>	<b>3.29</b>	<b>0.17</b>	<b>0.13</b>
Transporte Aéreo	243.95	0.00	0.01	0.97	3.24	0.16	0.06
Transporte Marítimo	3.76	0.00	0.00	0.07	0.05	0.01	0.07
<b>Emisiones de CO<sub>2</sub> desde la Biomasa</b>	<b>11 769.78</b>						

NO—No ocurre; NE—No estimado; 1—No se incluyen en el total del módulo energía; Los valores con signo negativo indican absorciones netas.

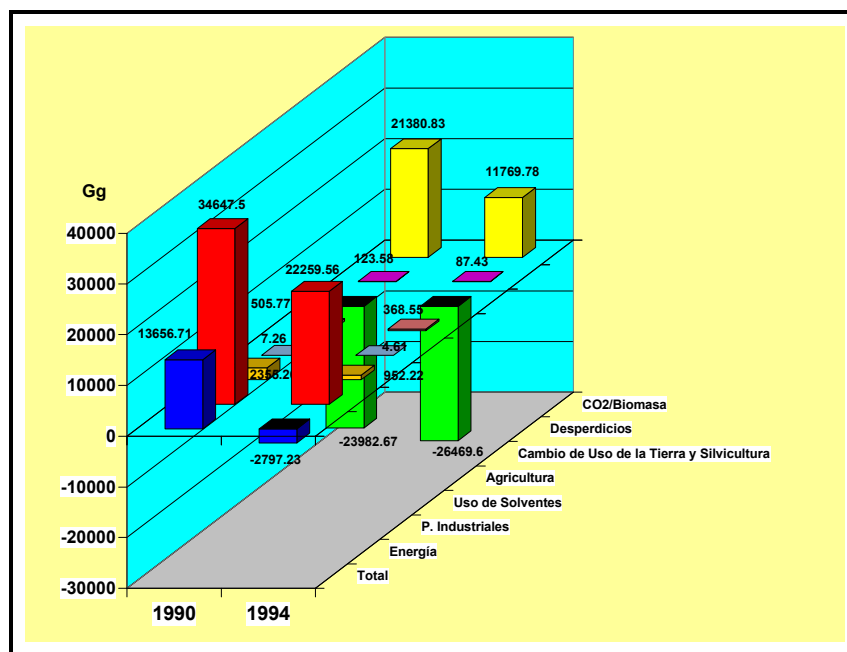


Figura 3.1 Aporte de cada sector a las emisiones totales de GEI (Gg) y otros gases de importancia radiativa para los años 1990 y 1994.

En 1990 el sector de la energía aportó la mayor parte de las emisiones con 34 647.55 Gg, mientras que en el sector de cambio de uso de la tierra y silvicultura se produjo una absorción neta de 23 982.67 Gg. En 1994 el sector de la energía (22 259.56 Gg) también aportó la mayor contribución, mientras que en el sector de cambio de uso de la tierra y silvicultura se produjo una absorción neta de 26 469.6 Gg, algo superior a la observada en 1990.

Debido a la falta de información, en el inventario correspondiente a 1994 no pudieron estimarse algunas pocas categorías de fuentes incluidas en el inventario del año base 1990. No obstante, dado que esas categorías aportan bajas emisiones, su exclusión no tiene un peso decisivo en las disminuciones observadas entre los dos años citados. En este caso pudieran mencionarse las emisiones de los incendios forestales por causas antropogénicas, las cuales se tratan como quemas en el sitio y no pudieron estimarse en 1994. Aunque esto disminuye en algo las emisiones de CO<sub>2</sub> y otros GEI en 1994, no es la causa fundamental de la notable reducción observada.

Las reducciones observadas en las emisiones a partir de 1990, son una consecuencia de la aguda crisis económica resultante del efecto combinado de la desaparición de los principales vínculos y condiciones comerciales que durante varios años sostuvo Cuba con los países de Europa del Este y la agudización del bloqueo económico que ejercen los EE.UU. Si bien la disminución en términos del Producto Interno Bruto alcanzó 35% en estos años, la producción en general decayó en más del 45%, afectando de forma generalizada las actividades económicas y sociales y en

especial, renglones económicos fundamentales como la agroindustria azucarera. También fueron afectados sectores de gran peso en las emisiones de GEI, como la generación de electricidad, la industria siderúrgica, de la extracción y procesamiento de níquel, así como la industria de materiales de construcción, el transporte y otras actividades agropecuarias.

### 3.4.1 Módulo 1: Energía

En este módulo se aborda la estimación de las emisiones de GEI y SO<sub>2</sub> procedentes de las actividades energéticas. Está dividido en dos categorías principales:

- La quema de combustibles
- Las emisiones fugitivas

En 1994 las emisiones de GEI en este módulo resultaron sobre 22 259.23 Gg, lo que significa una reducción de 12 387.94 Gg con relación al año base 1990.

#### *Quema de combustibles*

Las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de la quema de combustibles fueron calculadas utilizando tanto la aproximación de referencia o “arriba-abajo” (Figura 3.2), como la aproximación sectorial o método por categorías de fuentes del IPCC (Figura 3.3). La aproximación sectorial se refiere al cálculo de las emisiones a partir del contenido de carbono de los combustibles suministrados a las principales actividades de combustión (categorías de fuentes).

Como se observa en la Figura 3.2, las emisiones de CO<sub>2</sub>, calculadas a partir de la aproximación de referencia, verificaron una reducción notable entre 1990 y 1994 (de 33 279.26 Gg a 21 375.41 Gg). Para ambos años se aprecia el peso fundamental que tiene la quema de combustibles fósiles líquidos. En la aproximación sectorial (Figura 3.3), se obtuvo una reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> desde 33 155.1 Gg en 1990 a 22 571 Gg en 1994. Además, en esta sección fueron también calculadas las emisiones de gases diferentes al CO<sub>2</sub>, sobre las cuales se presenta un resumen en la Figura 3.4. En todos estos gases se apreciaron también reducciones en las emisiones, aunque para el caso del SO<sub>2</sub> esta disminución fue atenuada por el incremento en el uso del petróleo crudo cubano el cual posee un alto contenido de azufre.

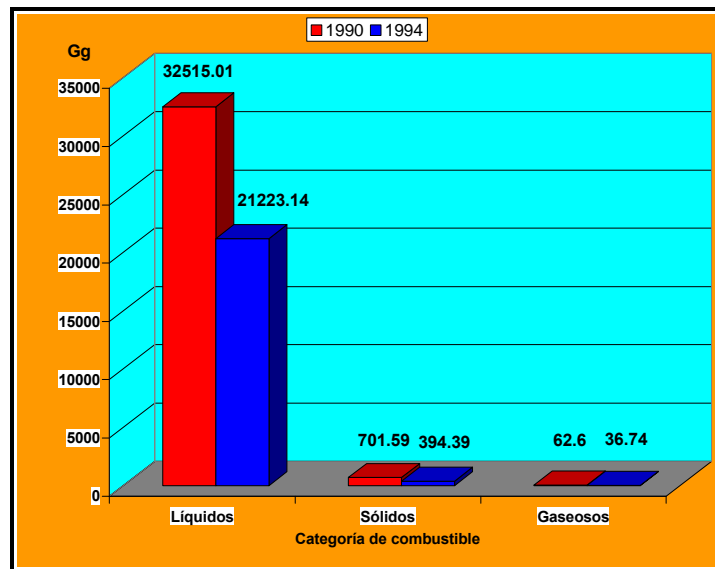


Figura 3.2 Emisiones de CO<sub>2</sub> (Gg) procedentes de la quema de combustibles fósiles (aproximación de referencia) para los años 1990 y 1994.

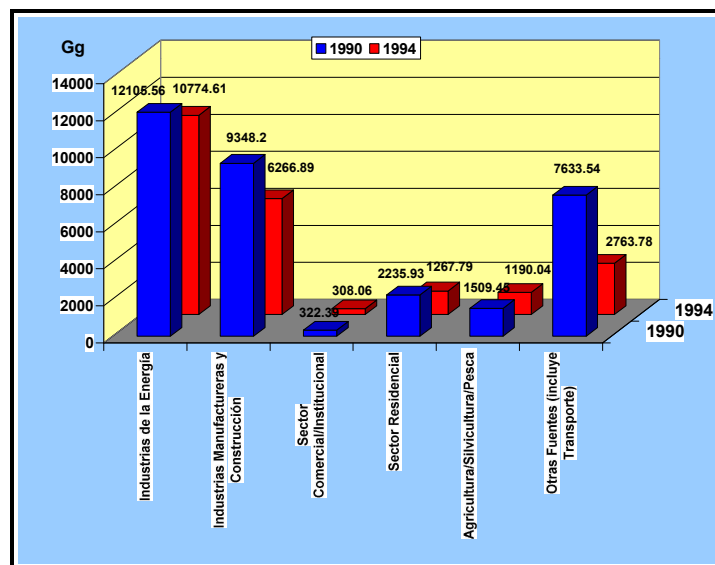


Figura 3.3 Emisiones de CO<sub>2</sub> (Gg) por categorías de fuentes o aproximación sectorial para los años 1990 y 1994.



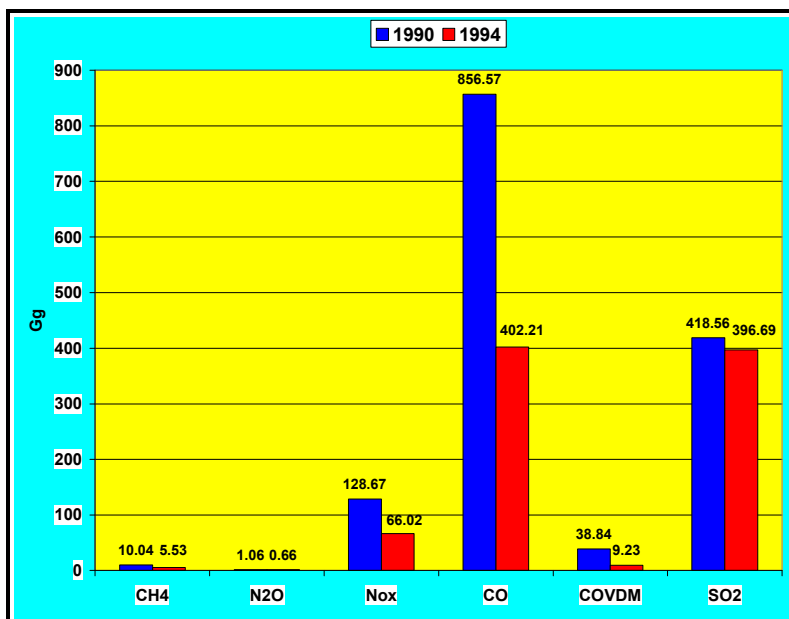


Figura 3.4 Emisiones de GEI (Gg) diferentes del CO<sub>2</sub> procedentes de la quema de combustibles para los años 1990 y 1994.

### *Generación de electricidad y fuentes móviles*

Por su importancia para las emisiones de este módulo, en el inventario, se efectuó el cálculo detallado de las emisiones procedentes de la generación de electricidad y las fuentes móviles. Para el caso de la generación de electricidad, el cálculo se realizó a partir del programa DECADES del OIEA (IAEA, 1999). Así se obtuvo como resultado (Figura 3.5) que entre 1990 y 1994 se produjo una reducción del 41.87% de las emisiones de GEI en este sector (de 15 899.29 Gg a 9 241.89 Gg).

Con relación a las fuentes móviles terrestres, se utilizó la metodología desarrollada para su aplicación en la Comunidad Económica Europea (CEE), pero con factores de emisión modificados a partir de estudios desarrollados en Cuba por el Centro de Estudios y Desarrollo del Transporte (CETRA). Para el cálculo se tomó en cuenta la clase de vehículos, el tipo de combustible consumido, las características de explotación del parque, tecnologías de control de emisiones y otros factores (Tabla 3.4). En el análisis de los vehículos automotores de carretera se incluyó el análisis de las emisiones de vehículos ligeros, medios y pesados, todos subdivididos de acuerdo al tipo de combustible utilizado –diesel o gasolina. En las otras fuentes móviles se abordó el cálculo por separado para el ferrocarril, y los equipos de la agricultura y la construcción.

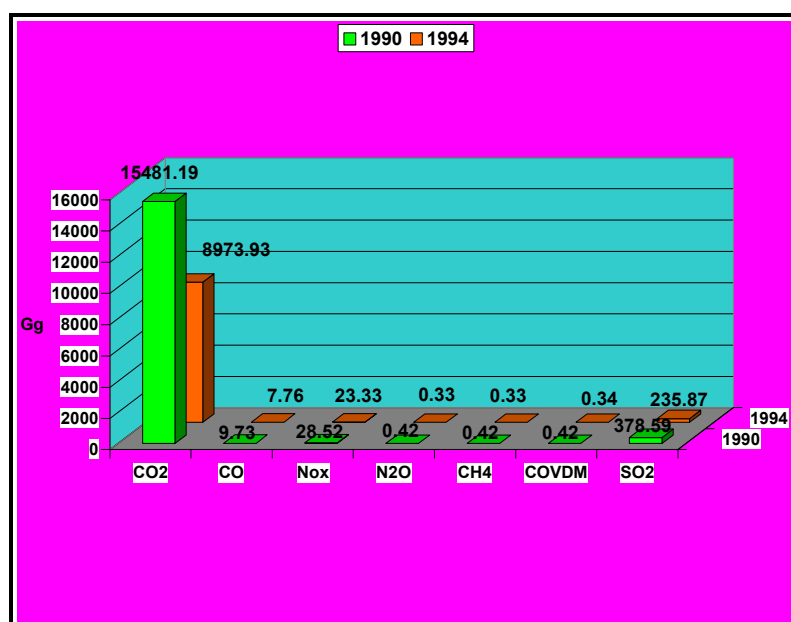


Figura 3.5 Emisiones de GEI (Gg) procedentes de la generación de electricidad para los años 1990 y 1994.

Tabla 3.4 Emisiones de GEI procedentes de las fuentes móviles (Gg) para los años 1990 y 1994.

	Año	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	COVDM	CO	NO <sub>x</sub>
<b>Vehículos automotores</b>	1990	5649.80	1.19	0.140	67.300	500.20	67.10
	1994	1444.90	0.42	0.040	33.880	137.13	19.95
<b>Otras fuentes móviles (1)</b>	1990	2467.40	0.80	0.920	25.000	197.50	35.50
	1994	1602.98	0.19	0.640	4.490	8.38	20.61
<b>Naves marítimas</b>	1990	858.20	0.00	0.020	0.000	0.51	23.25
	1994	369.06	0.00	0.009	0.004	0.23	9.28

(1) Incluye equipos ferroviarios, agrícolas y de la construcción.

En este módulo, también se acometió el cálculo de las emisiones procedentes del transporte aéreo en la aviación civil. Este análisis se efectuó de forma separada para los vuelos domésticos y los vuelos internacionales (las emisiones de estos últimos no se incluyen en el total nacional), así como de acuerdo a las operaciones de las aeronaves (ciclos de aterrizaje y despegue u operaciones de crucero). En la Tabla 3.5 se expone un resumen de estas emisiones para los vuelos domésticos, donde se puede apreciar el ligero incremento observado entre 1990 y 1994.

Tabla 3.5 Emisiones de GEI (Gg) procedentes del transporte aéreo en la aviación civil para los vuelos domésticos para los años 1990 y 1994.

	Año	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	COVDM	CO	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>
<b>CAD</b>	1990	68.44	0.01	0.002	0.08	0.37	0.20	0.02
	1994	73.72	0.01	0.002	0.09	0.40	0.21	0.02
<b>Crucero</b>	1990	615.90	0.00	0.020	0.14	1.37	2.15	0.20
	1994	663.50	0.00	0.020	0.15	1.47	2.32	0.21

### Emisiones fugitivas

En esta categoría se incluyen todas las emisiones de metano (CH<sub>4</sub>) procedentes de la producción, procesamiento, transporte y usos del petróleo y el gas natural, así como de la combustión no productiva. Se excluye el uso del petróleo y el gas o de los productos derivados de los combustibles, para proporcionar energía para uso interno en el procesamiento y transporte de la producción de energía (se consideran quema de combustibles y ya fueron incluidas en un epígrafe anterior). También se estiman las emisiones de monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), los compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (COVDM) y el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) procedentes de las actividades de refinación de petróleo. En la Figura 3.6 se presenta un resumen de estas emisiones.

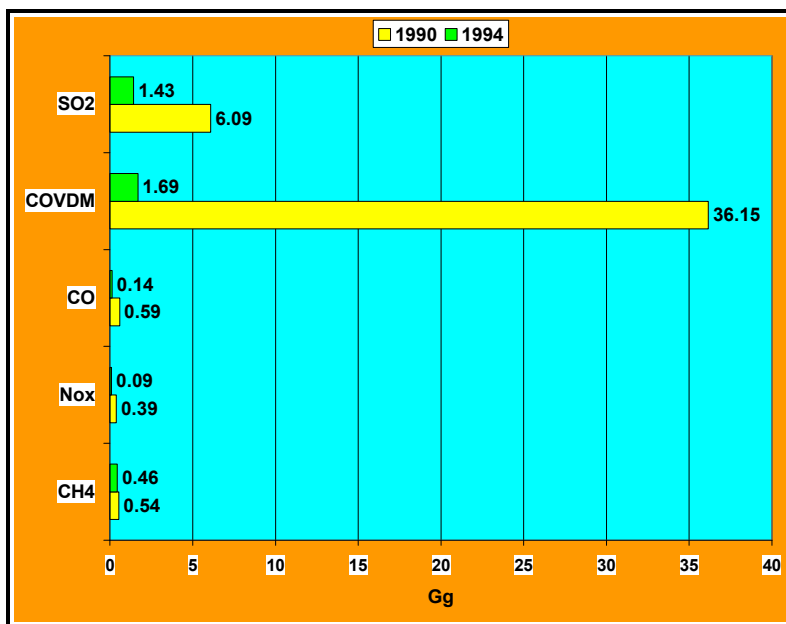


Figura 3.6 Emisiones fugitivas de las operaciones del petróleo y el gas natural, así como de la refinación del petróleo (Gg) para los años 1990 y 1994.

### 3.4.2 Módulo 2: Procesos industriales

En este módulo se tratan las emisiones de gases de invernadero producidas en las actividades industriales que no están relacionadas con la energía. Aquí las principales fuentes son aquellos procesos de producción industrial que transforman los materiales física o químicamente. Los cálculos de las emisiones se efectuaron para cuatro categorías principales de fuentes de emisiones que ocurren en el país. Para cada una de esas categorías principales, se efectuaron también los cálculos de emisiones por los tipos de fuentes indicados entre paréntesis. Las categorías son las siguientes:

- Productos minerales (cemento, cal, uso de piedra caliza y dolomita, carbonato de sodio, materiales asfálticos para techos, pavimentación asfáltica, vidrio)
- Industria química (amoniaco, ácido nítrico, ácido sulfúrico)
- Producción de metales (hierro y acero)
- Otras producciones (pulpa y papel, alimentos, bebidas alcohólicas)

Durante 1994 se emitieron 952.22 Gg de GEI procedentes de los procesos industriales, 1402.33 Gg menos que en el año base 1990. Un resumen de estas emisiones se muestra en la Tabla 3.6, y donde, como se aprecia, al CO<sub>2</sub> le corresponden, los mayores aportes básicamente provenientes de las producciones de cemento y acero. La reducción de las emisiones con relación a 1990 correspondió a 1342.31 Gg de CO<sub>2</sub> (59.17% menos); 3.15 Gg de N<sub>2</sub>O (94.88% menos); 1.49 Gg de CO (94.9% menos); 7.54 Gg de NO<sub>x</sub> (94% menos) y 3.083 Gg de SO<sub>2</sub> (62.32% menos). En 1994 se encontraban paralizadas o a niveles muy bajos algunas de las producciones consideradas en 1990.

Tabla 3.6 Emisiones de GEI (Gg) procedentes de los procesos industriales para los años 1990 y 1994.

	Año	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	CO	COVDM	SO <sub>2</sub>
<b>Productos minerales</b>	1990	1605.90	0.00	0.00	0.0000	53.92	0.99
	1994	690.19	0.00	0.00	0.0000	11.65	0.33
<b>Industria química</b>	1990	261.70	3.32	7.96	1.3800	0.82	6.95
	1994	0.00	0.17	0.45	0.0000	0.00	4.65
<b>Producción de metales</b>	1990	400.90	0.00	0.01	0.0003	0.01	0.01
	1994	236	0.00	0.01	0.0000	0.00	0.01
<b>Otras producciones</b>	1990	0.00	0.00	0.05	0.1900	10.92	0.24
	1994	0.00	0.00	0.02	0.0800	8.55	0.11

### 3.4.3 Módulo 3: Uso de solventes y otros productos

En este módulo se calculan las emisiones de COVDM procedentes de una gran variedad de procesos antropogénicos de producción y consumo en los que se aplican solventes orgánicos.

En el inventario se aborda el cálculo de emisiones desde algunos sectores fundamentales como son la aplicación de pinturas por tipos (esmaltes, lacas, barnices, pinturas de aceite, pinturas emulsionadas), el desengrase de metales y otros materiales, la industria de las artes gráficas (técnicas de impresión y de acuerdo al contenido de solventes en las tintas utilizadas), la polimerización de asfalto, así como los usos de solventes en el hogar.

No se incluyeron las emisiones por el lavado en seco de textiles y prendas de vestir con solventes orgánicos no acuosos, pues no se dispone de los datos de actividad necesarios para realizar los cálculos. No obstante, se considera que las emisiones procedentes de esa actividad en el país, son muy pequeñas. En la Figura 3.7 se muestra un resumen de las emisiones totales de COVDM procedentes del uso de solventes, por categorías de fuentes para los años 1990 y 1994.

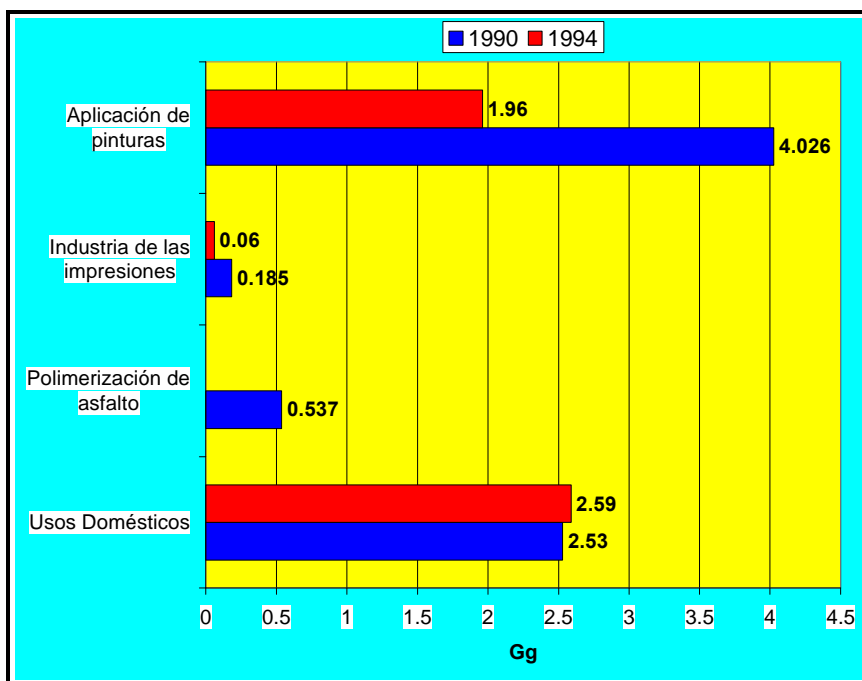


Figura 3.7 Emisiones de GEI procedentes del uso de solventes y otros productos (Gg) para los años 1990 y 1994.

### 3.4.4 Módulo 4: Agricultura

En el módulo agricultura se consideran las emisiones de gases de invernadero procedentes de las cinco fuentes siguientes:

- Ganado doméstico: fermentación entérica y manejo del estiércol
- Cultivo del arroz: arrozales anegados
- Quema prescrita de sabanas
- Quema en el campo de residuos agrícolas
- Suelos agrícolas

La producción del metano debido a la fermentación entérica, es un proceso normal que ocurre en el sistema digestivo de los animales herbívoros. El metano, producido por los animales, está en dependencia del tipo y la cantidad de alimentos consumidos, de la edad y peso del animal, así como del sistema digestivo, siendo este el elemento más importante. De acuerdo al sistema digestivo, corresponde a los rumiantes la mayor producción de metano. Otros animales como los caballos, asnos y cerdos (seudorumiante los dos primeros y monogástrico el último) presentan una menor producción de este gas.

A partir de las excretas de los animales domésticos pueden producirse emisiones de metano, encontrándose que las emisiones potenciales más importantes proceden del ganado vacuno y el porcino. Este metano es producido por la descomposición del estiércol en condiciones fundamentalmente anaerobias y la cantidad que del mismo se emite a la atmósfera depende de varios factores tales como: la población animal, el promedio diario de sólidos volátiles excretados, la producción potencial de metano del estiércol y del sistema de manejo de ese estiércol, entre otros.

Durante el tiempo que dura el cultivo de arroz, se produce gas metano como consecuencia de la descomposición anaerobia por microorganismos del suelo y de la materia orgánica que queda bajo las aguas de anegamiento. El  $\text{CH}_4$ , se produce mediante la reducción de  $\text{CO}_2$  con hidrógeno, reacción que depende de la cantidad de agentes donadores de hidrógeno y del tipo de suelo.

En Cuba no se ejecuta la quema prescrita de sabanas y pastizales por estar institucionalmente prohibida. En este sentido solo es posible calcular tales emisiones cuando se producen fuegos accidentales, los que son tratados en otro módulo del Inventario. Algo similar sucede con la quema de los residuos agrícolas en el campo, la que es realizada en casos excepcionales, por ejemplo las quemas de campos de caña de azúcar con diferentes objetivos. Estas quemas de campos de caña de azúcar fueron consideradas en el inventario correspondiente a 1990, pero no pudieron abordarse en el de 1994 por no disponerse de la información necesaria para los cálculos.

Se acepta, que los suelos agrícolas constituyen una fuente importante de emisión de gases nitrogenados, entre ellos el GEI  $\text{N}_2\text{O}$ . En los inventarios se calcularon las emisiones directas de  $\text{N}_2\text{O}$  procedentes de los suelos agrícolas, las emisiones directas de  $\text{N}_2\text{O}$  de los suelos dedicados a la producción animal y las emisiones indirectas de  $\text{N}_2\text{O}$  procedentes del nitrógeno utilizado en la

agricultura. En la Figura 3.8 se ofrece un resumen de las emisiones para las categorías comunes en 1990 y 1994. Además, en 1990 se emitieron 3.58 Gg CH<sub>4</sub>; 0.13 Gg N<sub>2</sub>O; 75.09 Gg CO y 4.27 Gg NO<sub>x</sub> procedentes de las quemas de campos de caña de azúcar.

Las causas de las diferencias obtenidas entre las emisiones para esos dos años son las siguientes:

- La reducción de las emisiones de metano son debidas a la disminución observada en el número de cabezas del ganado lechero, el ganado no lechero, los caballos y los cerdos. Además, los búfalos no están contabilizados en 1994.
- La reducción de las emisiones de metano procedentes de los campos anegados cultivados con arroz, se debe a la disminución de la superficie cultivada.
- En 1994 no se obtuvo información acerca del uso de fertilizantes sintéticos aunque se conoce que la aplicación de estos fue muy reducida con relación a 1990. Esta disminución en la aplicación influye notablemente en las emisiones de N<sub>2</sub>O.

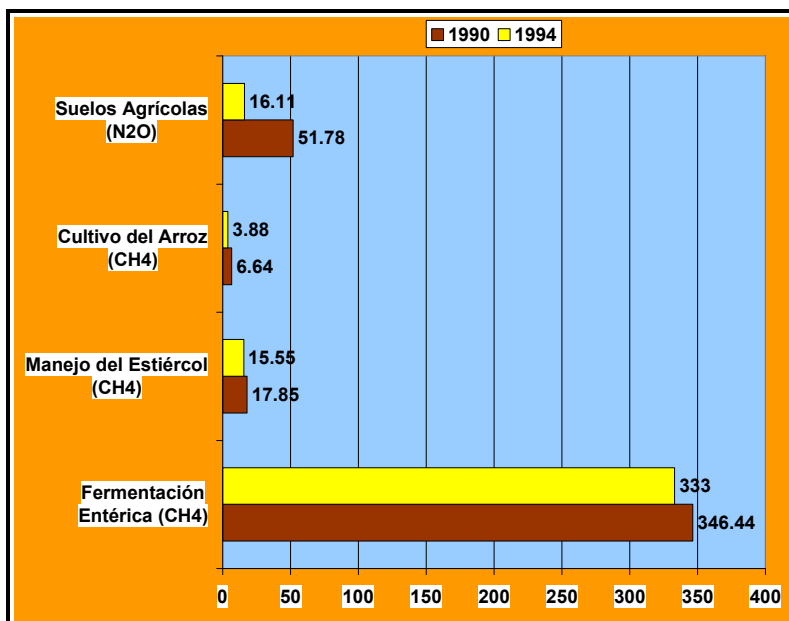


Figura 3.8 Emisiones de GEI (Gg) procedentes de las actividades agropecuarias para los años 1990 y 1994.

### 3.4.5 Módulo 5: Cambio de uso de la tierra y silvicultura

En este módulo se priorizan los cálculos de las emisiones y absorciones procedentes del cambio del uso de la tierra y silvicultura en cuatro actividades que son fuentes o sumideros de dióxido de carbono:

- Cambios de biomasa en bosques y en otros tipos de vegetación leñosa

- Conversión de bosques y pastizales. Aquí se calcula además, la liberación inmediata de gases distintos del CO<sub>2</sub> (CH<sub>4</sub>, CO, N<sub>2</sub>O y NO<sub>x</sub>) procedentes de la quema vinculada a la conversión de bosques y pastizales
- El abandono de las tierras cultivadas
- Emisión o absorción en los suelos debido al manejo y cambio de uso de la tierra

Para calcular la absorción neta de CO<sub>2</sub>, se estima el incremento anual de la biomasa en las plantaciones, los bosques talados o aprovechados de otra manera, así como todas las demás existencias importantes de biomasa leñosa. Se estima también la madera aprovechada para leña. A continuación se calcula la absorción neta de carbono correspondiente a esas fuentes. Si la cifra es positiva, se considera remoción de CO<sub>2</sub> y si la cifra es negativa, se toma como emisión. Para la estimación del contenido total de carbono en el crecimiento anual de los bosques explotados y plantados, se parte de las existencias de bosques/biomasa para cada tipo.

Para la estimación de la cantidad de biomasa cosechada, se parte de los datos de cosecha comercial de madera, el consumo total de leña (incluida la madera empleada en la producción de carbón vegetal), así como otros consumos de la madera. Al dato de cosecha comercial, se le aplicó una tasa de expansión para contabilizar la biomasa no comercial (ramas, árboles pequeños etc.) cosechada junto con los bolos comerciales y abandonada para su descomposición. Todos los datos fueron convertidos de metros cúbicos a toneladas de materia seca (t ms).

A partir de los datos de superficies deforestadas, según la división político administrativa, se realizaron los estimados de las talas. El estimado para el año 1994 resultó muy inferior al de otros años anteriores.

Para obtener las estimaciones de las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de la conversión de bosques y pastizales (o herbazales) se efectuaron cálculos para los siguientes procesos:

- a) El CO<sub>2</sub> emitido durante la quema de la biomasa aérea (emisiones inmediatas que ocurren en el año de la conversión).
- b) El CO<sub>2</sub> liberado durante la descomposición de la biomasa aérea (emisiones diferidas que ocurren a lo largo de un período de diez años).
- c) El CO<sub>2</sub> liberado de los suelos.

En cuanto a las emisiones de carbono procedentes de la quema in situ, se consideró que en Cuba no se realizan quemas de bosques ni pastizales con el fin de su conversión para uso en tierras de cultivos. Para esta fuente, en el inventario de 1990 se efectuaron los estimados a partir de la superficie afectada por incendios forestales de origen antropogénico. Para el año 1994 no se pudo efectuar este cálculo por no disponerse de la información necesaria, no obstante, el aporte de esta fuente a las emisiones del módulo es pequeño.

Con relación a las remociones netas de CO<sub>2</sub> por la acumulación de biomasa procedente del abandono de tierras cultivadas, estas se asumen como cero en el inventario debido a que en Cuba no se produce el abandono de tierras. Debido a la crisis económica que experimentó el país a



partir de 1989, se produjo el crecimiento de marabú y aroma en grandes extensiones de tierra dedicadas a la ganadería. No se dispuso para el año 1994 de información de calidad sobre este tema que posibilitara la estimación de absorciones por el recrecimiento (emisiones por las quemas) de este tipo de vegetación.

En el inventario no se pudieron abordar las estimaciones referentes a los cambios del carbono en los suelos minerales, por no disponerse de los mapas adecuados de uso de la tierra, correspondientes a los años solicitados en el inventario. Así mismo este trabajo requería de un financiamiento para adquirir o utilizar fotos cósmicas y aéreas, el cual no estuvo disponible. Las emisiones procedentes de los suelos orgánicos que fueron convertidos a la agricultura o plantaciones, no se considera de relevancia para el país y no fueron incluidas en los cálculos.

A manera de resumen de este módulo (Figura 3.9), puede decirse que en 1990 se produjo una absorción neta de 23 998 Gg CO<sub>2</sub>, producto de 3 660.88 Gg de emisiones y 27 658.88 Gg de absorciones. En 1994 se produjeron en este sector emisiones por 2 375.04 Gg CO<sub>2</sub> y absorciones por 28 841.01 Gg de este gas, para generar una absorción neta de 26 469.6 Gg CO<sub>2</sub>. Además en 1990 se emitieron desde los incendios forestales de origen antropogénico 1.53 Gg CH<sub>4</sub>; 0.01 Gg N<sub>2</sub>O; 13.41 Gg CO y 0.38 Gg NO<sub>x</sub>.

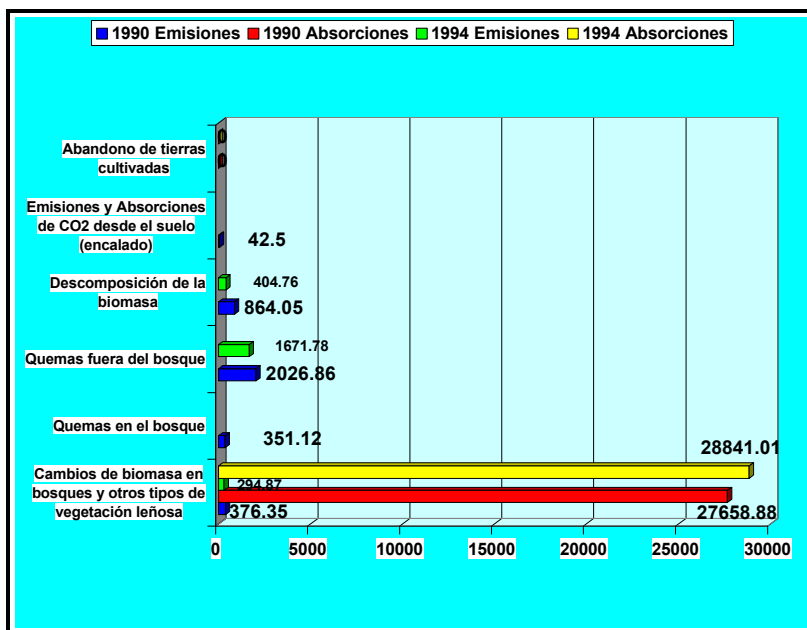


Figura 3.9 Emisiones y absorciones de CO<sub>2</sub> (Gg) procedentes del cambio de uso de la tierra y la silvicultura para los años 1990 y 1994.

### 3.4.6 Módulo 6: Desperdicios

En este módulo se trata la estimación de las emisiones de metano ( $\text{CH}_4$ ) desde los vertederos de residuos sólidos (VRS) y el tratamiento de las aguas residuales, divididas en aguas residuales domésticas/comerciales y los efluentes industriales.

El metano es el GEI más importante generado por la disposición y tratamiento de los desechos, especialmente desde los sistemas anaerobios utilizados para el manejo de los desechos biodegradables resultantes de las actividades humanas (los rellenos sanitarios y el tratamiento de las aguas residuales).

Las emisiones de  $\text{CH}_4$  desde los desperdicios fueron estimadas en 123.58 Gg en 1990 y 87.43 Gg en 1994. Esta reducción estuvo motivada tanto por la disminución del per cápita de generación de residuos sólidos por la población (de 0.686 kg/hab/día en 1990 a 0.577 kg/hab/día en 1994), como por las reducciones observadas en las producciones de un grupo importante de procesos industriales del país y la consecuente disminución de sus efluentes. En la Figura 3.10 se expone el resumen de las emisiones de  $\text{CH}_4$  procedentes de los desperdicios en 1990 y 1994.

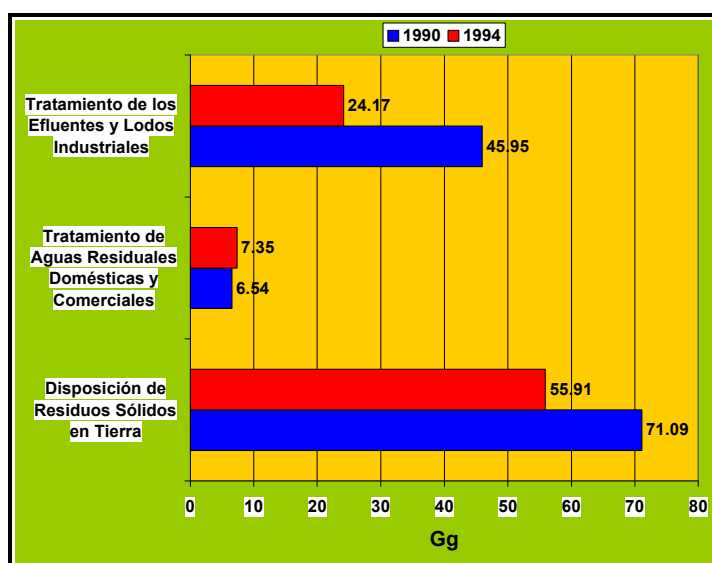


Figura 3.10. Emisiones de  $\text{CH}_4$  (Gg) procedentes de los desperdicios para los años 1990 y 1994.

### 3.5 Evaluación de calidad. Manejo de incertidumbres

Las incertidumbres son inevitables en cualquier estimación nacional de las emisiones y absorciones. Algunas de las causas más comunes de estas son: la diferencia en la interpretación de las categorías de fuentes y sumideros u otros supuestos; el uso de representaciones simplificadas con valores “medios”, especialmente los factores de emisión; la incertidumbre de

los datos básicos y la incertidumbre inherente a la comprensión científica de los procesos básicos que conducen a las emisiones y absorciones.

En este epígrafe se aborda una valoración de la calidad e incertidumbre de los estimados de emisión obtenidos en el inventario. Para esto se aplican las recomendaciones establecidas en las Guías del IPCC (IPCC, OECD, IEA, 1997) al igual que otros procedimientos complementarios, especialmente los que aparecen en las metodologías EMEP/CORINAIR, 1996 y US EPA, 1995. Los métodos utilizados, se consideran provisionales hasta que se pongan en práctica las Guías del IPCC en Buenas Prácticas y Manejo de Incertidumbres en los Inventarios de Emisiones de Gases de Invernadero, las que se encuentran en proceso de preparación al producirse la compilación de estos inventarios.

Las actividades de control de calidad en los inventarios, estuvieron dirigidas hacia la evaluación de los procedimientos utilizados en el procesamiento, manejo, documentación, archivo y reporte. Se incluyeron aquí la verificación de los procedimientos de cálculo y de la aplicabilidad de los factores de emisión por defecto del IPCC; la comparación de las emisiones calculadas con las estimadas para Cuba en reportes internacionales; la verificación de los procedimientos de documentación, archivo y reporte, así como del marco común para la realización del informe.

Entre las actividades de aseguramiento de la calidad acometidas, se encuentra el desarrollo de un proceso de revisión del inventario por terceras partes, es decir expertos no vinculados directamente con la preparación del inventario. Las actividades desarrolladas como parte de este proceso de revisión, proporcionaron criterios y recomendaciones útiles, que fueron incorporados al inventario, o detectaron problemas potenciales que permitieron su corrección antes de la publicación y transmisión del inventario

Para evaluar la calidad de los estimados de emisión, se recurrió a la aplicación de un método cualitativo basado en los criterios de expertos para cada categoría de fuente y GEI emitido. En este método a cada factor de emisión y dato de actividad utilizado se le asigna una letra de acuerdo a una escala de calidad, las que por combinación permiten obtener un factor final de evaluación. Después que fueron determinadas las incertidumbres en las categorías de fuentes, estas fueron combinadas para obtener estimados de incertidumbres para cada módulo del inventario y el inventario completo. Para esta valoración se han seguido de forma combinada los procedimientos expuestos en el Volumen I de las Guías del IPCC y en EMEP/CORINAIR, 1996. En este esquema, como fue utilizado para la evaluación de la incertidumbre en el inventario de Cuba, la evaluación de la calidad tiene un orden inverso en relación con la incertidumbre (Tabla 3.7).

Tabla 3.7 Esquema para la clasificación de la calidad y la incertidumbre.

<b>Factor final de evaluación</b>	<b>Calidad</b>	<b>Incertidumbre</b>	
<b>A</b>	Muy Alta	Muy Baja	Menor que 10%
<b>B</b>	Alta	Baja	10-20%
<b>C</b>	Media	Media	21-30%
<b>D</b>	Baja	Alta	31-60%
<b>E</b>	Muy Baja	Muy Alta	Mayor que 60%

En la Figura 3.11 y la Tabla 3.8 se muestra un resumen de los resultados obtenidos en esta evaluación para los años 1990 y 1994. En sentido general, para 1994 se aprecia una mejoría en la calidad de los estimados de emisión (92.4% de los estimados calificados como A, B o C en 1994 y 87.2% en 1990). Esta mejoría se aprecia en los procesos industriales y la agricultura, mientras que en energía, cambio de uso de la tierra/silvicultura y desperdicios, se produjo una ligera disminución de la calidad de los estimados en 1994.

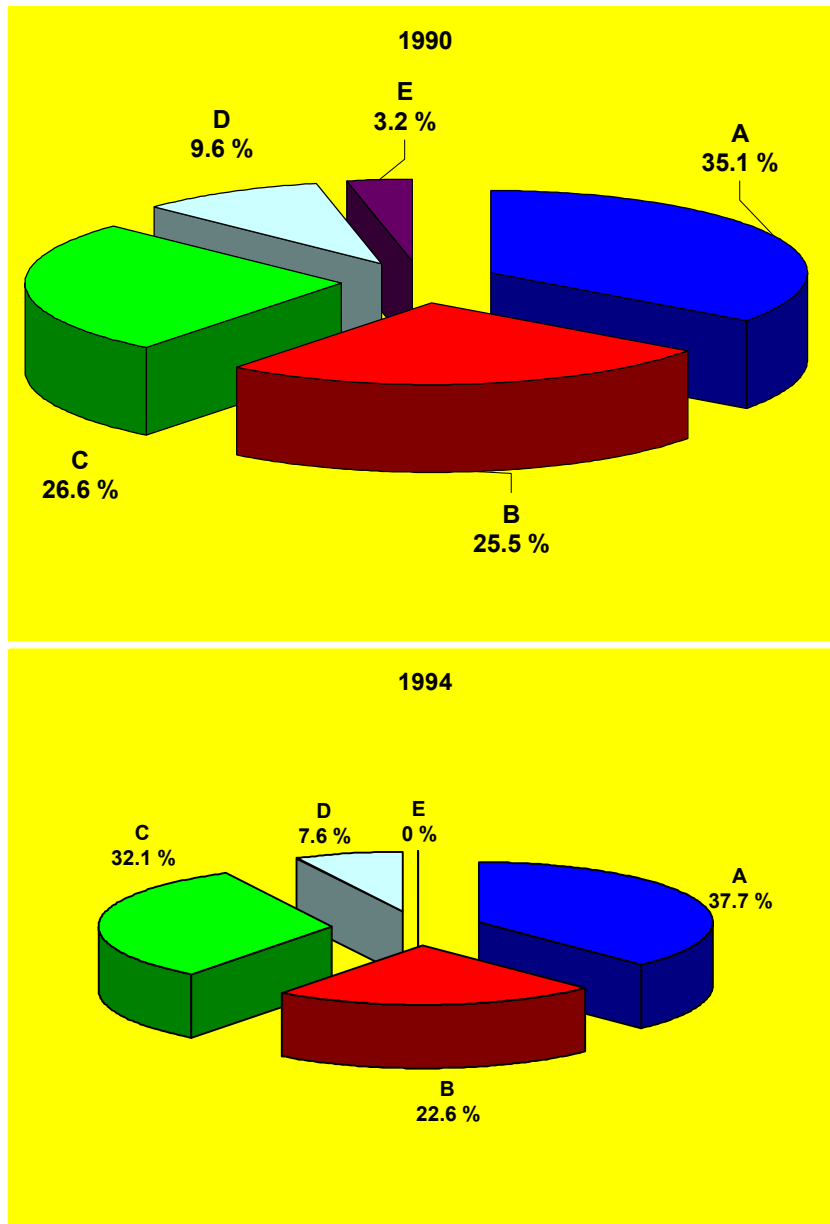


Figura 3.11 Distribución porcentual de la ocurrencia de categorías de calidad de las emisiones obtenidas en el inventario para los años 1990 y 1994.

Tabla 3.8 Distribución porcentual de la ocurrencia de categorías de calidad en las emisiones para cada módulo del inventario para los años 1990 y 1994.

Módulo	Energía	Procesos Industriales	Uso de Solventes	Agricultura	Cambio de Uso de la Tierra/Silvicultura	Desperdicios
Categoría de Calidad						
<b>1990</b>						
A	44.2	68	0	0	0.0	0
B	35.2	16	25	0	55.6	0
C	20.6	16	75	28	44.4	50
D	0.0	0	0	41	0.0	50
E	0.0	0	0	18	0.0	0
<b>Total</b>	100.0	100	100	100	100.0	100
<b>1994</b>						
A	25	85	0.0	0.0	0	0.0
B	75	5	33.3	8.3	0	0.0
C	0	10	66.7	75.0	100	33.3
D	0	0	0.0	16.7	0	66.7
E	0	0	0.0	0.0	0	0.0
<b>Total</b>	100	100	100	100.0	100	100.0

### 3.6 Contribución relativa al calentamiento global emisiones agregadas en equivalentes de CO<sub>2</sub> (CO<sub>2</sub>-e)

Los diferentes gases no aportan en el mismo grado al incremento del efecto invernadero. Por ello para expresar las emisiones de GEI sobre una base equivalente, que refleje su contribución al posible calentamiento futuro, se utilizan los Potenciales de Calentamiento Global Atmosférico (PCG).

El PCG de un GEI es definido como el forzamiento radiativo acumulativo entre el presente y algún horizonte temporal seleccionado, que es provocado por una unidad de masa de gas emitida ahora y expresada de forma relativa al CO<sub>2</sub>. Su valor depende tanto de la persistencia del gas en la atmósfera como de su forzamiento radiativo. Incluyen tanto los efectos directos de las sustancias sobre la radiación (fundamentalmente la absorción de radiación infrarroja), así como los efectos químicos indirectos sobre el balance de radiación. Las expresiones de las emisiones en “equivalentes de CO<sub>2</sub>” (CO<sub>2</sub>-e), indican el nivel de CO<sub>2</sub> que causaría el mismo nivel de forzamiento radiativo que la mezcla de este gas con otros gases de efecto invernadero y los aerosoles. En la Tabla 3.9 se expone la contribución relativa al forzamiento radiativo de las emisiones estimadas en el inventario para los principales gases de efecto invernadero directo. Se utilizan en el cálculo, los valores de PCG para un horizonte temporal de 100 años reportados en el Segundo Informe de Evaluación del IPCC (IPCC, 1995).

Como puede apreciarse de la tabla, si se consideran las emisiones absolutas, en 1990 el principal forzamiento radiativo proviene de las emisiones de CO<sub>2</sub> con una contribución relativa del 55.71%, lo sigue el N<sub>2</sub>O con el 27.44% y el CH<sub>4</sub> con el 16.85%. Si el análisis se efectúa a partir de las emisiones netas, el N<sub>2</sub>O proporciona el forzamiento principal con el 44.08%, seguido del CO<sub>2</sub> con el 28.85% y muy cercano a este último el CH<sub>4</sub> con el 27.06%.

En 1994, a partir de las emisiones absolutas, el principal forzamiento radiativo fue producido por el CO<sub>2</sub>, con una contribución relativa del 60.41%, seguido por el CH<sub>4</sub> con el 25.36% y el N<sub>2</sub>O con el 14.23%. A partir de las emisiones netas, la contribución del CO<sub>2</sub> es nula. Entre 1990 y 1994 se produjo una reducción notable de las emisiones agregadas de los GEI de efecto directo en el país, expresadas en CO<sub>2</sub>-e.

Tabla 3.9 Contribución relativa de los principales gases de efecto invernadero directo al forzamiento radiativo para los años 1990 y 1994.

Gas	Emisión (Gg) 1990	Emisión (Gg) 1994	PCG Horizonte temporal 100 años	Total relativo 1990	Total relativo 1994	Contribución relativa (%) 1990	Contribución relativa (%) 1994
<b>Sobre la base de emisiones absolutas (1)</b>							
CO <sub>2</sub>	35 423.56	22 301.60	1	35 423.56	22 301.60	55.71	60.41
CH <sub>4</sub>	510.19	445.53	21	10 713.99	9 356.13	16.85	25.36
N <sub>2</sub> O	56.30	16.94	310	17 453.0	5 251.40	27.44	14.23
EA				63 590.55	36 909.13		
<b>Sobre la base de emisiones netas (2)</b>							
CO <sub>2</sub>	11 425.56	-4 168	1	11 425.56	- 4 168	28.85	0
CH <sub>4</sub>	510.19	445.53	21	10 713.99	9 356.13	27.06	64.07 (3)
N <sub>2</sub> O	56.30	16.94	310	17 453.00	5 251.40	44.08	35.93 (3)
EA				39 592.55	14 607.53 (4)		

1) No se consideran las emisiones y absorciones procedentes del cambio de uso de la tierra y la silvicultura. 2) Se consideran las emisiones y absorciones procedentes del cambio de uso de la tierra y la silvicultura. 3) Esa contribución relativa se estimó a partir de la suma de las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O. 4) Solo incluye CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O. EA= Emisión Agregada.

### 3.7 Emisiones per cápitas de CO<sub>2</sub> y Carbono

Especial cuidado debe tenerse al utilizar o comparar datos de emisiones per cápitas entre los diferentes países, pues debe asegurarse que hayan sido obtenidos utilizando los mismos presupuestos de cálculo. En muchos reportes publicados existen diferencias sustantivas, pues algunos de los estimados proceden de considerar las emisiones netas tomando en cuenta las emisiones y absorciones del módulo de cambio de uso de la tierra y silvicultura mientras que en otros reportes no se toma en cuenta este módulo o no se consideran las absorciones que ocurren en este. Otros estimados solo toman en cuenta las emisiones provenientes de la quema de combustibles y algunos procesos industriales de gran peso para las emisiones como es el caso del cemento.

En la Figura 3.12 se exponen los resultados obtenidos tanto a partir de las emisiones netas (considerando las emisiones y absorciones del módulo de cambio de uso de la tierra y silvicultura), como a partir de las emisiones absolutas (sin considerar el módulo citado anteriormente). Como se aprecia, los resultados de las emisiones per cápitas difieren marcadamente por una u otra vía de cálculo.

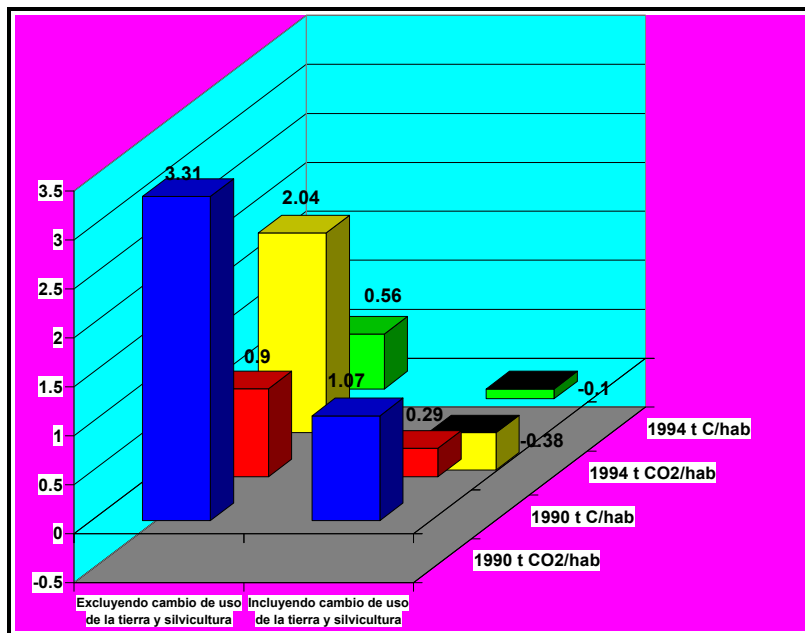


Figura 3.12 Emisiones per cápitas de CO<sub>2</sub> y C (t/hab) para los años 1990 y 1994

## **Capítulo 4. Atenuación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero.**

### **4.1 Introducción**

A pesar de que como Parte de la CMNUCC Cuba no asume compromisos de reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero (al ser una Parte no Anexo I), desde hace algunos años se desarrollan diferentes programas que se orientan hacia el objetivo último de la Convención.

Estos programas se insertan dentro de los esfuerzos que realiza Cuba por alcanzar un mayor nivel de desarrollo económico y social sobre bases sostenibles, haciendo un uso más racional de los recursos naturales.

Los resultados del presente capítulo se corresponden en gran medida con los obtenidos dentro del análisis de opciones para la mitigación del cambio climático, realizado durante 1999, con el apoyo técnico y financiero del Programa CC:TRAIN. Estos resultados son una primera aproximación al potencial de Cuba para contribuir a mitigar el calentamiento global provocado por las emisiones de gases de efecto invernadero.

El estudio se efectuó para los sectores de generación de electricidad, residencial, transporte y forestal, tomando en consideración los resultados del Inventario Nacional de Emisiones y Absorciones de Gases de Efecto Invernadero. En general las medidas fueron diseñadas siguiendo las orientaciones metodológicas del PNUMA, adaptadas a las actuales circunstancias y condiciones de Cuba.

Algunas de las medidas identificadas ya se han introducido parcialmente, como parte de los programas de desarrollo socio económico existentes en Cuba, aunque los mismos no se implementaron como una respuesta directa a los objetivos de mitigación.

### **4.2 Eficiencia y uso racional de la energía**

Durante más de 30 años el desarrollo económico y social de Cuba se sustentó en un suministro de petróleo y sus derivados provenientes de Europa del Este, sobre la base de precios y cantidades estables acordados previamente. Además una incipiente contribución de las fuentes nacionales de energía, incluyendo el petróleo.

Aunque las condiciones de suministro de petróleo y sus derivados protegían el desarrollo económico y social de las oscilaciones de los precios del mercado mundial, en 1983, el Primer Forum Nacional de Energía realizó un análisis sobre la importancia y las fórmulas para disminuir el consumo y la importación de portadores energéticos; este evento contó con la participación de altas autoridades del Gobierno cubano. Las principales recomendaciones del Forum estaban dirigidas a mejorar el control sobre el uso de energía, el incremento de la eficiencia y un mejor



aprovechamiento de las fuentes nacionales de energía, especialmente el bagazo de la caña de azúcar.

En este contexto fue creada La Comisión Nacional de Energía con el objetivo de coordinar, a nivel ministerial, la concertación y ejecución de las tareas encaminadas a alcanzar las metas trazadas en el campo de la energía.

Posteriormente como resultado de la desaparición de los principales mercados del comercio exterior cubano a inicios de los años 90 y la crisis que se origina en el sector energético, se inicia una etapa de reestructuración estratégica del desarrollo energético, impulsado por el gravoso impacto que las nuevas condiciones internacionales ejercían sobre la eficiencia, disponibilidad y alta dependencia de la energía importada.

En esos años se pone de manifiesto de manera particular la importancia estratégica del uso eficiente de la energía y en especial de las fuentes renovables, lo que si bien había sido objeto de análisis en etapas anteriores, no había alcanzado la relevancia que recoge el “Programa de Desarrollo de las Fuentes Nacionales de Energía “ aprobado por el Gobierno y el Parlamento cubanos en 1993, que constituyó la base de un importante cambio en el patrón de desarrollo en esta esfera.

El proceso de recuperación económica que se inicia en 1994 pone de manifiesto, con mayor vigor, la necesidad de trabajar intensamente en la eficiencia energética en el marco de la política económica nacional. Ello se debía a que los imperativos, inherentes a las necesidades financieras externas, recaían con mayor peso sobre renglones productivos de mayor importancia para la capacidad exportadora, que a su vez estaban entre los de mayor intensidad energética. Este efecto tendía a contrarrestar la favorable influencia que sobre la intensidad energética general, comenzaba a ejercer el mayor dinamismo del sector turístico.

La propia recuperación económica trajo como resultado la reversión paulatina de las tendencias a las limitaciones en el uso de energía que venían afectando diferentes actividades productivas y la calidad de vida de la población. Esto a su vez propició un mayor dinamismo en la demanda de electricidad, lo cual requería nuevas acciones para atenuar este aumento. Este fue el principal elemento movilizador para el lanzamiento del Programa de Ahorro de Energía en Cuba, el cual era el primer programa de ahorro de energía de carácter nacional.

Las medidas adoptadas durante el proceso de recuperación de la economía brindaron además un marco más favorable y descentralizado de gestión económico-energética, así como una mayor y más efectiva estimulación directa, lo que hizo posible vencer barreras objetivas y subjetivas en la implementación de esa política.

En el contexto de una política económica donde las prioridades estratégicas se llevan a cabo en un marco más próximo a la regulación indirecta dirigida por el Estado, jugó un papel clave la eliminación de subsidios y reajustes estatales a los precios de la energía y la introducción de precios externos directos a la mayor parte de los consumidores de la esfera de la producción. El efecto de esta decisión fue potenciado por reformas en el sistema bancario-financiero y en la planificación central, hacia formas más descentralizadas de gestión y planificación, así como por

la creación de un Fondo Financiero para la Eficiencia Energética, operado por una Comisión Interministerial dirigida por el Banco Central de Cuba.

También se adoptaron medidas en el resto de los sectores, entre ellas, la elaboración de programas específicos de reducción del consumo y la modificación de las tarifas para desestimular el aumento del mismo.

El establecimiento de un marco legal y regulatorio beneficioso, con mayores incentivos para los agentes nacionales y para la participación extranjera, ha permitido que, aun en un contexto de serias limitaciones financieras, el volumen de inversiones en materia de eficiencia y uso racional de la energía en el período 1993-1999 supere en más de 4.5 veces el volumen total invertido con igual propósito en las tres décadas anteriores.

A modo de resumen, las acciones más sobresalientes en materia de eficiencia y uso racional de energía adoptadas recientemente en Cuba son las siguientes:

1. Diversificación de las funciones de la empresa eléctrica pública estatal, al asumir las tareas claves relacionadas con la concepción e implementación de un Programa de Gerencia del Lado de la Demanda para el sector estatal y la población. Este Programa, que fue implementado en 1997, lleva aparejado el desarrollo de una activa campaña de educación energética y ambiental en los medios masivos de comunicación y en las escuelas. La implementación del Programa se realiza mediante el trabajo coordinado de las instituciones nacionales, los gobiernos territoriales y las organizaciones sociales y populares.
2. La modernización de un total de 1 500 MW de capacidad instalada en centrales termoeléctricas con muchos años de operación y cambios tecnológicos y en el combustible empleado en la generación de electricidad.
3. El desarrollo de un programa de gasificación para convertir el consumo doméstico de kerosene y otros portadores menos eficientes a gas licuado. Además, se ha llevado a cabo la modernización de la producción de gas manufacturado y del sistema de distribución, incluyendo la recapitalización de las redes y el restablecimiento del control del consumo a todos los consumidores.
4. El diseño e inicio de la ejecución de un conjunto de acciones sectoriales para elevar la eficiencia energética. Entre estas acciones se destacan las realizadas en la industria del níquel (con una reducción de la intensidad energética en un 25%), el turismo, la industria mecánica, la industria azucarera (incluyendo en su parte agrícola, la modernización del parque de cosechadoras, tractores y equipos de transporte de caña). También se han realizado acciones en la producción de cemento y acero, en la modernización e introducción del combustible diesel de forma parcial en el transporte, en la producción agrícola (modificación de los sistemas de mecanización y de riego, introducción de métodos de laboreo mínimo, el riego por gravedad y un mayor aprovechamiento de las fuentes renovables de energía), así como en la industria ligera, donde recientemente se inició un programa de eficiencia energética.
5. El avance en el empleo de las fuentes renovables de energía (hidroenergía, la energía eólica y la utilización de energía solar en sus variantes térmica y fotovoltaica) en objetivos

económicos y sociales ubicados en zonas rurales y montañosas, tales como los consultorios del médico de la familia, hospitales de montaña y escuelas.

6. El inicio de un programa para un mayor aprovechamiento del potencial hidroenergético en embalses existentes construidos con fines agrícolas y de regulación hidráulica.

Los resultados del conjunto de acciones realizadas se aprecian en una reducción de la intensidad energética (estimada en un 13% respecto a 1989), especialmente en los últimos dos años, cuando comenzaron a madurar las políticas y programas promovidos con este objetivo.

Especial atención se le ha conferido a la generación de electricidad en la Industria Azucarera a partir de bagazo, para lo cual se ha iniciado un programa de desarrollo que cuenta con el apoyo del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM). En los últimos años y sobre la base de esfuerzos propios ha sido posible aumentar la generación de electricidad en este sector a un ritmo superior a la generación del total del país, lo que ha permitido aumentar la venta al sistema electroenergético nacional en más de un 25%.

Un paso que brindará un significativo apoyo a favor de la institucionalización del uso racional de la energía lo constituye la futura aprobación de una Ley Eléctrica, actualmente en fase de análisis. Esta Ley podría establecer la creación de una Agencia Reguladora con autonomía y personalidad propia.

Como completo de este conjunto de programas que contribuyen a disminuir el ritmo de crecimiento de las emisiones de gases de efecto invernadero en Cuba, el sector forestal ha establecido también un importante programa de desarrollo, el cual fue descrito en el epígrafe 2.8.2.

### **4.3 Opciones para reducir las emisiones de GEI**

El diseño de medidas de mitigación en el contexto cubano posee características especiales, aunque no únicas. Para analizar el potencial de mitigación se utilizaron como base de partida las emisiones brutas reportadas por el Inventario Nacional de Emisiones y Absorciones de Gases de Invernadero para 1990 y 1994, cuyos montos ascienden a 39.1 y 24.7 MMt de carbono respectivamente, con una reducción del 37% en 1994 respecto a 1990. Sin embargo, para calcular el pronóstico de emisiones en el 2020, se partió exclusivamente de las emisiones brutas procedentes del sector energía y de procesos industriales. Los valores de dichas emisiones ascienden a 35.4 y 22.3 MMt de CO<sub>2</sub> en 1990 y 1994, respectivamente.

De la comparación de los inventarios en ambos años de referencia se aprecia que, como resultado de la crisis económica que ha matizado el desarrollo económico y social en el decenio de los años 90, se ha producido una reducción de emisiones no vinculadas a las acciones previamente dirigidas a este fin, sino como consecuencia de un descenso en la actividad económica.

En el caso de Cuba concurren dos elementos a tomar en consideración. Primero, la reducción de emisiones como consecuencia de la crisis económica y segundo, la reducción relativa de emisiones como resultado de una política energética que pone especial énfasis en una mayor eficiencia y un mejor uso de las fuentes nacionales de energía.

Si bien esta circunstancia no impide la identificación y el diseño de opciones concretas de mitigación, constituye un obstáculo para el diseño de una línea base que refleje de forma adecuada los posibles escenarios futuros de emisión de gases de efecto invernadero, tomando en consideración las justas aspiraciones de Cuba de restablecer los niveles de bienestar y de vida alcanzados antes de la presente situación económica y de aumentar paulatinamente los mismos.

A partir de las proyecciones sobre la evolución económica para los próximos años (crecimiento del producto interno bruto entre 4-6% anual) se ha estimado que sin considerar medidas de mitigación, para el año 2020, el nivel de emisiones brutas de carbono ascendería a unas 81.3 MMt considerando niveles de intensidad de carbono y del producto interno bruto iguales a los del año 1990.

Por otra parte, un escenario de emisiones para el año 2020, tomando en consideración la reducción de la intensidad energética alcanzada en estos años y sin incluir acciones de mitigación, supone un nivel de emisiones brutas del orden de las 70.8 MMt de carbono. Por eso se puede afirmar que las medidas adoptadas en los años 90, si bien no estaban destinadas a la mitigación del cambio climático, suponen una importante contribución a la reducción de emisiones, calculándose su monto en el orden de los 10.5 MMt de carbono en el año 2020.

El estudio de mitigación efectuado durante 1999 y las previsiones sobre la marcha de la economía, permiten estimar que los niveles de emisiones brutas del año 1990, serán alcanzados y sobrepasados aproximadamente entre 2005 y 2010.

El conjunto de las 26 opciones de mitigación diseñadas y evaluadas en esta etapa, representan un potencial de mitigación cercano a las 230 MMt de carbono en el período comprendido entre 1999 y 2030. Esta cifra constituye solamente una parte del potencial total de mitigación, pues el mismo podría ser superior.

Una primera aproximación a la evaluación económica, demuestra que una parte de las medidas resultan opciones conocidas como “sin excusa”. Sin embargo, afrontan limitaciones importantes para su implementación desde el punto de vista del financiamiento y debido al insuficiente conocimiento, experiencia y dominio de mecanismos y fuentes de financiamiento.

Otras medidas, aparentemente menos favorables desde el ángulo económico considerando las circunstancias actuales, demandan mayor experiencia y conocimiento sobre la implementación de tecnologías de avanzada y alta eficiencia energética. Asimismo, es necesario efectuar precisiones adicionales en cuanto a los costos de diferentes opciones tecnológicas, precios de combustibles alternativos y tomar en consideración los elementos de incertidumbre que acompañan cualquier evaluación, partiendo de los actuales precios de combustibles convencionales.

Por las razones anteriormente apuntadas puede afirmarse que una parte importante de las opciones diseñadas, cubren en lo fundamental el requisito de adicionalidad.

La evaluación económica efectuada, ha tomado en consideración criterios adicionales referidos a efecto sobre la balanza de pagos, bienestar de la población y elementos tecnológicos.

En el sector residencial y de generación eléctrica las medidas de mitigación son el resultado de una modelación sectorial de tipo “top-down”, partiendo de pronósticos actualizados sobre el crecimiento de la demanda, que sirvieron de base para la identificación de opciones individuales. En el resto de los sectores, la identificación de medidas individuales concretas se realizó partiendo de consideraciones previas sobre políticas de ahorro de energía y escenarios de reforestación.

### **4.3.1 Opciones de mitigación en el sector residencial**

Las medidas de mitigación diseñadas para el sector residencial se sustentan en lo esencial en el Programa de Ahorro de Electricidad en Cuba, pero contienen algunas variaciones y medidas adicionales. Estas opciones que se conformaron luego de un estudio sectorial bastante integral y completo, demuestran el significativo impacto favorable que tienen sobre el bienestar de la población. Las medidas son las siguientes:

#### ***Sustitución de todos los bombillos incandescentes por bombillos ahorradores compactos o luminarias con lámparas fluorescentes eficientes***

Supone la sustitución de las lámparas incandescentes de diferentes tipos por lámparas de mayor eficiencia y durabilidad. Actualmente se estima que el número de lámparas incandescentes utilizadas por la población asciende a más de 10 MM de unidades.

#### ***Sustitución de todas las juntas defectuosas de los refrigeradores domésticos***

El Programa de Ahorro de Electricidad en Cuba determinó que es necesario sustituir 1 400 000 juntas defectuosas de refrigeradores domésticos en todo el país. Con esta medida se puede reducir el consumo de energía eléctrica entre 20 - 30% y se alarga adicionalmente la vida útil del equipo.

#### ***Promover formas y hábitos de uso más eficiente de todos los equipos electrodomésticos como forma de ahorrar energía, alargar su vida útil y disminuir la demanda pico***

El Programa de Ahorro de Electricidad en Cuba implementa, mediante el Proyecto Docente-Educativo y el Proyecto de Motivación al Ahorro, una campaña divulgativa y educativa con vistas a reducir los consumos y crear hábitos de uso racional de la electricidad.

***Elevar paulatinamente la eficiencia energética de la carga de refrigeración en uso doméstico, garantizando que todos los equipos nuevos y los motocompresores para la reparación de refrigeradores que se introduzcan en el mercado, sean más eficientes***

Como promedio los refrigeradores actuales son de 180 W, trabajan 14 horas diarias y consumen 907 KWh al año. La medida pretende sustituir los actuales refrigeradores por otros mucho más eficientes. Se proponen las dos variantes siguientes:

1. Refrigeradores que consumen 551 KWh al año con 8.5 horas diarias promedio de trabajo.
2. Refrigeradores que consumen 290 KWh al año con 4.5 horas diarias promedio de trabajo.

***Sustitución del 50% de las cocinas eléctricas existentes en el país por cocinas de gas licuado o manufacturado según corresponda***

Esta es una medida de mitigación a corto plazo debido a que actualmente los factores de emisión de electricidad son altos y a que gran parte de las cocinas eléctricas disponibles son de tecnología muy atrasada.

***Comercialización de televisores a color o en blanco y negro de muy bajo consumo para poder sustituir los equipos existentes de alto consumo***

La población cubana por lo general dispone de televisores en blanco y negro de 80 W de potencia que consumen anualmente 160 KWh. En el año 1997 el consumo de energía eléctrica de estos televisores fue de 213 GWh.

Con esta medida se pretende sustituir dichos televisores por equipos de 30 W de potencia que consumen anualmente 60 KWh.

***Sustitución de las cocinas de kerosene por cocinas de gas licuado o manufacturado***

En el consumo de combustible doméstico en el sector residencial predomina el kerosene; tomando en consideración el diferencial de emisiones, se sugiere la sustitución de 1.2 millones de cocinas de kerosene por cocinas de gas licuado.

### **4.3.2 Generación de energía eléctrica**

***Modernización de centrales termoeléctricas del sistema electroenergético nacional***

Este programa prevé restaurar la eficiencia técnica de las unidades de generación de electricidad hasta niveles cercanos a los de diseño, pues las mismas se han deteriorado por los años de

explotación y por las condiciones en que se realizó dicha explotación a inicios de la década de los noventa.

### ***Utilización del gas acompañante del petróleo en turbinas mediante el ciclo combinado de gas***

La medida consiste en la instalación de plantas de generación de electricidad que utilicen como combustible el gas acompañante de la producción del crudo nacional en los yacimientos de Varadero y de Jaruco (situados sobre la costa norte, a unos 60 y 140 km, respectivamente de la Ciudad de La Habana). La tecnología a utilizar es el ciclo combinado.

### ***Incremento de la generación de electricidad utilizando bagazo como combustible***

Inicialmente se considera incorporar 4 turbogeneradores de 30 MW o aumentar de la generación de los existentes en la industria azucarera hasta 670 GWh para garantizar el autoabastecimiento de energía eléctrica. Una segunda etapa supone la instalación de 150 MW de potencia para cubrir parte del aumento de la demanda de electricidad. Las etapas posteriores estarán en dependencia del éxito de los supuestos iniciales.

### ***Incremento de la generación de electricidad por medio de la hidroenergía***

La medida consiste en la construcción y puesta en explotación de tres proyectos hidráulicos entre 37 y 20 MW.

### ***Reducción de las pérdidas de transmisión y distribución***

La medida consiste en la reducción de las pérdidas de distribución en un 3.6% y las de transmisión en 1%.

## **4.3.3 Sector Industrial. Electricidad**

### ***Generación Industrial***

Consiste en aprovechar las oportunidades de generar electricidad en instalaciones industriales que utilizan calor en sus procesos tecnológicos. Se identificaron tres facilidades industriales en esta etapa.

### ***Mejoramiento del factor de potencia en los consumidores***

Consiste en reducir las pérdidas de energía en el suministro, a través del mejoramiento del factor de potencia en los consumidores afectados.

### ***Elevación de la eficiencia en el uso final de la energía eléctrica***

La medida consiste en elevar en un 5% la eficiencia en el uso final de la energía eléctrica de los consumidores en un grupo de instalaciones industriales.

### ***Reducción de armónicos en el SEN***

La medida se centra en la instalación de elementos que suprimen armónicos en los consumidores individuales responsables de este tipo de contaminación.

## **4.3.4 Fuentes móviles**

### ***Sustitución o modernización de los equipos automotores y ferroviario***

En la actualidad alrededor del 75% de los vehículos ligeros poseen más de 11 años de explotación, el 30% de los vehículos pesados más de 19 años y el 34% de las locomotoras más de 21 años. Por otra parte la totalidad del parque de coches motores y otros medios de tracción poseen un deterioro generalizado.

La medida contempla la modernización del parque de mayor envejecimiento mediante el cambio de motores y la adquisición de vehículos nuevos y de uso, con tecnologías más modernas y de mayor eficiencia energética.

### ***Base normativa e infraestructura técnica para el control de emisiones***

Introducción de una base normativa que permita establecer y controlar los niveles de emisión para cada tipo de vehículo y creación de la infraestructura de talleres e instalaciones técnicas capaces de controlar las normativas vigentes y realizar las reparaciones y ajustes pertinentes sobre los vehículos con excesos de emisiones. Este tipo de medida puede provocar, según resultados internacionales, la disminución de hasta 20% con respecto a las emisiones que ocurren cuando no estaban implementadas los sistemas de regulación y control.

### ***Utilización de combustibles alternativos en el transporte***

Se propone la introducción de combustibles alternativos para el transporte, en particular se considera el uso del etanol, el gas natural comprimido y la introducción de vehículos eléctricos con baterías.

### ***Introducción de la biomasa como combustible en el ferrocarril***

Desarrollo e incremento en la utilización de locomotoras de vapor de nueva generación que utilicen biomasa como combustible.



### **4.3.5 Sector forestal**

#### ***Incremento del área boscosa en bosques productivos.***

Se lograría un aumento del área forestal del país en 180 m/ha, llegando a un nivel de cobertura forestal del 29.4% en el año 2015.

#### ***Aumento del uso de productos madereros duraderos***

La producción nacional y uso de productos como la madera aserrada, los tableros, postes y traviesas de ferrocarril pueden tener un incremento significativo del orden del 70% hasta el año 2015.

#### ***Sustitución de combustibles fósiles por biomasa forestal***

Sustituir el uso de combustibles fósiles en las instalaciones forestales por los residuos forestales disponibles y la leña producida sobre bases sostenibles.

## Capítulo 5. Variabilidad Climática. Impactos y adaptación

### 5.1 Introducción

Tradicionalmente el estudio del impacto del clima sobre la actividad humana ha sido abordado dentro del marco de dos tipos de temáticas conceptuales. La primera, concerniente al análisis de los impactos provocados por el cambio climático, toma como punto de partida los escenarios obtenidos a partir de los Modelos de Circulación General (GCM), establece las diferencias esperadas con respecto al clima actual y define posibles impactos (IPCC, 1996). La segunda, centra su atención en los elementos del clima, asociados a la ocurrencia de catástrofes naturales como los huracanes, las grandes sequías y otros. En este último caso, los estudios relacionados con los impactos de El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) han capitalizado la atención de la comunidad científica, dada la enorme importancia socio-económica que sus impactos poseen a escala global.

Los estudios de los impactos del cambio climático no solo tropiezan con el elevado nivel de incertidumbre generado por las propias limitaciones de los GCM, sino también con la paradoja real de que en muchos países subdesarrollados los imperativos de la supervivencia cotidiana no dejan espacios libres a la consideración real de estrategias de adaptación futuras (Burton, 1998).

A pesar de lo anterior, la mayor parte de los estudios relacionados con la evaluación de la vulnerabilidad y la adaptación al cambio climático, han centrado toda la atención en determinar los impactos potenciales del cambio climático futuro, sin considerar elementos de la variabilidad climática actual o futura. Sin embargo, si se considera que cualquier cambio en el clima se superpondrá a la variabilidad climática natural, entonces existe una buena razón para adentrarse en el análisis de los impactos relacionados con la variabilidad climática.

Hoy no existe consenso entre las proyecciones de los MCG con relación a los cambios en la variabilidad climática interanual de los elementos climáticos como temperatura y precipitación. Incluso los mejores MCG representan pobremente esta variabilidad, pues las simulaciones de la variabilidad actual difieren notablemente de la observada. Según Wigley (1999), si los cambios en la variabilidad se producen, ellos tendrán características regionales específicas. De tal forma, algunas regiones podrán experimentar un clima más variable, mientras que otras tendrán cambios en la dirección contraria. Ante esta perspectiva y tomando en cuenta que cualquier cambio en el clima se superpondrá a la variabilidad climática natural, se ha considerado oportuno presentar en este capítulo un análisis de los impactos y la adaptación a la variabilidad climática, antes de exponer los resultados de la evaluación de la vulnerabilidad y la adaptación al cambio climático futuro.

Debe notarse que el estudio y el análisis de los impactos asociados a la variabilidad climática actual, pueden ser utilizados para establecer características de adaptación más apropiadas. De hecho, si se toma en cuenta que la adaptación es un proceso paulatino, las medidas identificadas

para reducir los impactos de las variaciones climáticas actuales pueden ser identificadas como medidas anticipadas, asegurando una reducción continuada de la vulnerabilidad.

Actualmente, el avance alcanzado sobre el funcionamiento del sistema climático ha permitido elevar la capacidad de predecir los impactos de las anomalías climáticas que se producen como resultado de diferentes eventos de escala regional o global. Mucho se ha avanzado en el conocimiento del evento ENOS, que si bien es una fuente muy importante de variabilidad climática natural a escala global, no es la única señal asociada con las variaciones y extremos climáticos.

La capacidad de predecir con antelación las variaciones climáticas, ofrece la posibilidad de poder actuar a tiempo y reducir los impactos adversos, es decir, adaptarse a los efectos de la variabilidad climática. En este capítulo se presenta la experiencia de Cuba en este tema y se ofrecen los elementos necesarios para mostrar cómo la consideración de los impactos de la variabilidad climática puede ser un elemento de importancia para identificar medidas de adaptación apropiadas, las cuales deben ser consideradas dentro de las estrategias de adaptación al cambio climático como una respuesta anticipada. También se demuestra cómo el incremento de la preparación ante eventos climáticos extremos contribuye notablemente a la reducción de la vulnerabilidad. Inicialmente se describen las variaciones observadas del clima en Cuba, para después presentar un análisis de los impactos observados y finalmente ofrecer un listado de las principales opciones de adaptación a los impactos de la variabilidad climática.

## 5.2 Variaciones observadas del clima en Cuba

Los estudios sobre las tendencias en los elementos climáticos en Cuba comenzaron a finales de la década de los 80 cuando Vega et. al. (1987) encontraron la existencia de una tendencia opuesta entre las precipitaciones de la estación lluviosa y la estación seca . Más tarde Fonseca (1989) encontró tendencias significativamente positivas en una serie de temperaturas superficiales medias anuales para algunas localidades cubanas. Este comportamiento se debió fundamentalmente al incremento de las temperaturas durante la temporada invernal. Más tarde,. Más recientemente, otros autores (e.g. Lapinel et al, 1993; Centella et al, 1997) han confirmado la existencia de tendencias significativas en series de algunas variables climáticas. En otros trabajos (e.g. Naranjo y Centella 1997; Ballester et al, 1995) se han analizado las variaciones climáticas a escalas más amplias, como es el caso de algunos patrones de circulación atmosférica.

Los estudios de circulación regional en la región del Mar Caribe han sugerido que la estructura e influencia del Sistema de Altas Presiones de Las Azores-Bermudas sobre la región ha sufrido cambios a escalas de tiempo multidecadales (Naranjo y Centella, 1997). Tales cambios han producido una tendencia significativa hacia el incremento en las corrientes zonales medias del Este sobre Cuba.

A finales de la década de los 70 fue detectado un calentamiento significativo de la tropósfera baja sobre la Región, lo que apoya la idea de la existencia de cambios importantes en las condiciones climáticas de fondo y es consistente con las variaciones significativas detectadas en los patrones de circulación del sector Pacífico-Norte América (Trenberth y Shea, 1997).

Las evidencias observacionales indican claramente que el clima de Cuba se ha hecho más cálido. Durante las últimas 4 décadas la temperatura media anual ha aumentado cerca de 0.5°C, con el período más cálido en los años 80 y 90 (Figura 5.1). Sin embargo, este incremento fue debido fundamentalmente a una tendencia muy marcada de ascenso de las temperaturas mínimas, que han sufrido un ascenso de cerca de 1.4°C en sus valores medios mensuales. Las tendencias en las temperaturas máximas no son significativas por lo que, consecuentemente, se ha registrado una disminución de la oscilación térmica media diaria de casi 2°C.

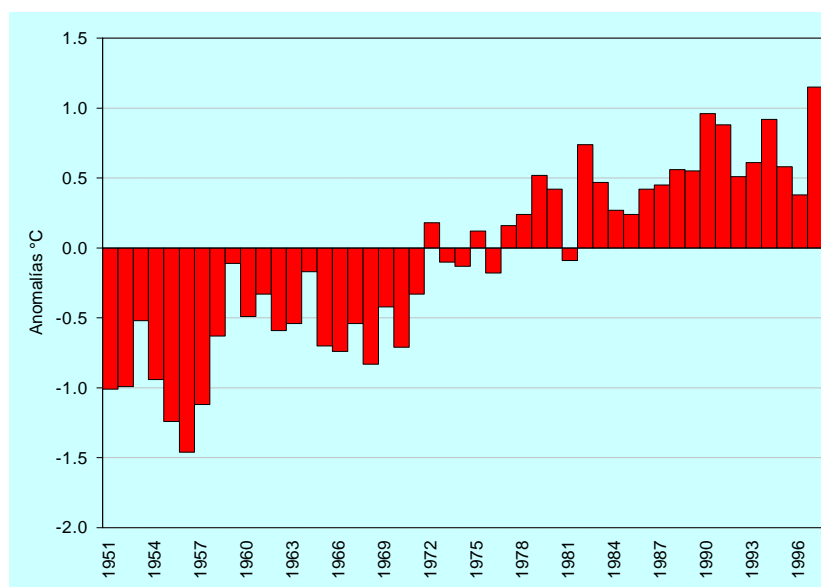


Figura 5.1 Anomalías anuales de la temperatura mínima media en Cuba relativas al período 1961-1990.

Aunque las precipitaciones en Cuba no han mostrado variaciones significativas para períodos largos de registros, en las últimas décadas se observó un incremento de los acumulados del período poco lluvioso y un cierto decrecimiento en los acumulados del período lluvioso. Adicionalmente, la frecuencia de sequías se ha incrementado significativamente desde 1960. Todas estas variaciones parecen estar relacionadas con la posible reintensificación del ciclo hidrológico causada por los procesos de calentamiento.

La incidencia de huracanes que amenazan Cuba muestran una tendencia secular al decrecimiento (Ballester et al, 1995) y el cual ha estado básicamente relacionado con un decrecimiento en el número de huracanes que se forman en la Cuenca del Caribe. Como una consecuencia, Cuba no ha sido afectada por un huracán de gran intensidad desde 1952.

En relación con otros eventos extremos tales como, tornados, granizos, lluvias intensas y sequías, el clima en Cuba parece estarse haciendo más extremo durante las tres últimas décadas. Los eventos de lluvias intensas de la década de los 80 fueron los mayores reportados en el siglo XX, mientras que los brotes de tornados y los eventos intensos se han hecho más frecuentes desde 1977 (Alfonso 1995).

El evento El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) juega un papel importante como elemento de forzamiento de la variabilidad climática en Cuba. La influencia se refleja fundamentalmente en un incremento de los acumulados de precipitaciones invernales y un aumento de la frecuencia de ocurrencia de eventos severos del tiempo en esta misma época del año (Cárdenas y Naranjo 1996; Alfonso 1995). Sin embargo, la influencia del ENOS no presenta un comportamiento regular. Naranjo y Centella (1997) han sugerido que el impacto ENOS sobre el área del Caribe se ha incrementado desde la década de los años 70, gobernado por patrones que se encuentran asociados a los cambios de las condiciones climáticas de fondo registrados en esta época.

En resumen, se puede destacar que los cambios sufridos por el clima en Cuba durante las últimas 4 décadas son consistentes en apuntar la existencia de una variación importante en la década de los años 70. Así mismo, las tendencias encontradas también son consistentes con las proyecciones del IPCC para un efecto invernadero incrementado en la atmósfera (IPCC 1996). Sin embargo, hasta el presente, las evidencias sugieren que los cambios observados parecen estar asociados a oscilaciones o ciclos de muy baja frecuencia en las condiciones climáticas de fondo, dentro de procesos de la variabilidad natural de clima.

### **5.3 Principales Impactos de la Variabilidad Climática**

Para entender los impactos de la variabilidad climática es necesario examinar cómo la sociedad está preparada para enfrentar sus efectos. Esto incluye la posibilidad de adoptar medidas anticipas, las cuales son llamadas comúnmente estrategias de manejo de riesgos.

La forma más dramática a través de la cual la variabilidad climática afecta la sociedad es mediante la ocurrencia de eventos extremos (anomalías climáticas severas). En este sentido, la vulnerabilidad a los diferentes eventos extremos del clima es función de la incidencia (como elemento climático) y de la exposición (como elemento socioeconómico), esta última depende de tres factores fundamentales.

- La población bajo riesgo
- Las propiedades o infraestructuras económicas bajo riesgo
- El nivel de preparación

Los dos primeros puntos presuponen un incremento de la vulnerabilidad potencial debida al crecimiento y distribución geográfica de la población, así como al desarrollo económico que ha venido sosteniendo Cuba, básicamente en el sector agrícola y en el turismo. Por esta razón la posibilidad de que un evento extremo provoque daños en la infraestructura económica se ha multiplicado en los últimos 40 años. Esto le otorga a los niveles de preparación un valor fundamental y estratégico.

No siempre un mismo tipo de fenómeno es capaz de producir los mismos impactos en la sociedad. Primero, esto depende de la característica física del mismo (intensidad, duración, etc) que gobierna el nivel de exposición al riesgo y segundo, del nivel de preparación, el cual es

crucial en términos de disminución o incremento de la vulnerabilidad. Dos ejemplos, pretenden ilustrar este importante concepto. Uno vinculado al impacto ENOS sobre Cuba y el otro se relaciona con los huracanes. Ambos elementos forman parte de la variabilidad natural del clima en Cuba a escalas espacio temporales diferentes.

### 5.3.1 El evento ENOS

En Cuba el interés por El Niño ha sufrido una rápida variación en la última década, pasando de ser un elemento misterioso y virtualmente desconocido para los tomadores de decisiones y la población en general, a convertirse en uno de los principales elementos a considerar cuando se habla de temas relacionados al Clima. El Niño es quizás más popular que el tema de los cambios climáticos.

#### *El Niño 1982-83*

En términos de desastres, los impactos del evento 1982-83 fueron los más severos experimentados en Cuba desde que se tenga noticias. En el invierno de 1982-83 se desarrollaron 26 ciclones extratropicales en el Golfo de México, lo cual constituye una cifra récord (Hsu, 1993). Algunos de estos fenómenos se desarrollaron a muy baja latitud, produciendo acumulados de lluvias que sobrepasaron de 3 a 5 veces los acumulados históricos en casi todo el país y provocaron el invierno más húmedo y lluvioso en los últimos 50 años (Figura 5.2). Sin embargo, las abundantes lluvias no constituyeron el único factor meteorológico adverso; eventos de insólita intensidad y frecuencia también asolaron el territorio cubano. En Marzo de 1983 se registraron vientos del Sur con fuerza huracanada, que provocaron enormes daños en la región occidental del país. El día 18 de ese propio mes se reportó el mayor brote de tornados hasta ahora conocido en Cuba, con un total de 7.

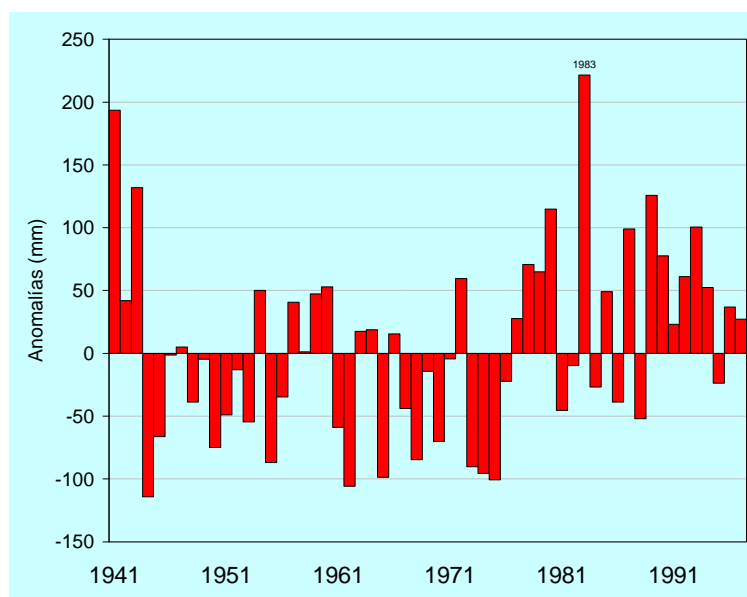


Figura 5.2 Anomalías de lluvia en Cuba para los meses del período poco lluvioso con respecto al período 1961-1990.

Quizás el impacto más conocido, asociado a El Niño 1982-83, fue la intensa penetración del mar que ocurrió el 17 de marzo y que inundó extensas áreas urbanas de la Ciudad de la Habana (capital de Cuba con una densidad poblacional superior a los 2 000 hab/Km<sup>2</sup>), produciendo severos daños en toda la infraestructura de la ciudad. En el Golfo de México un intenso sistema de bajas presiones extratropicales a muy baja latitud, produjo olas entre 4 y 5 m, las cuales se combinaron con otros factores para provocar la penetración del mar más profunda y devastadora que se recordaba en La Habana desde el gran huracán de 1926.

Los daños fueron cuantiosos en todo el país y fueron reflejados por la prensa oficial con cifras sin precedentes hasta ese momento. Más de 1 200 caballerías de tabaco quedaron totalmente destruidas y el 65% de toda la producción de tomate fue severamente dañada. En la papa, los daños se estimaron en más de 1 200 000 quintales perdidos, lo que representó la cuarta parte de toda la cosecha de ese año. Los fuertes vientos derribaron más de un millón y medio de plantas de plátano, con una pérdida estimada en 500 000 quintales. En hortalizas muchos renglones quedaron virtualmente barridos. La caña de azúcar quedó fuertemente dañada, debido a una merma considerable de los rendimientos y al daño producido por los fuertes vientos.

Los impactos en otros sectores sociales también fueron considerables. Por ello se asignaron, urgentemente, fondos y recursos de emergencia para la reparación de viviendas. Con el objetivo de estimular de forma acelerada la reparación de daños en un sector tan sensible como la vivienda, se creó un sistema de créditos para la compra de materiales con descuentos de hasta un 50% del valor nominal.

En el sector de la salud también se produjeron impactos. Si bien no se reportaron brotes epidémicos de importancia, debido al intenso trabajo del Ministerio de Salud, se detectaron incrementos en la incidencia de enfermedades no transmisibles como el Asma Bronquial, asociadas al stress provocado por las condiciones de tiempo severas. Para la Meningitis Meningocócica se reportó el mayor brote ocurrido hasta el presente.

Resulta importante destacar que ninguno de esos sucesos fue vinculado en lo absoluto con El Niño. El periódico Granma, Órgano Oficial del Partido Comunista de Cuba, dedicó amplios espacios a reportar las graves consecuencias de estos fenómenos que arrasaron literalmente cosechas y afectaron numerosas actividades socio económicas. El día 1ro de marzo de 1983, el propio periódico reportaba las pérdidas en el sector del tabaco, reflejando el criterio de los cosecheros de que algo raro y fuera de lo común estaba ocurriendo y recomendando a los meteorólogos estudiar profundamente estos eventos. Sin embargo, no se produjo ningún pronunciamiento que vinculara lo ocurrido con El Niño. Tómese en cuenta que la primera referencia de los medios a El Niño y sus efectos en Cuba ocurre tan tardíamente como el 21 de febrero de 1987.

Los impactos del evento 1982-83 tomaron literalmente por sorpresa a todo el país, al no existir un claro conocimiento que permitiera explicar lo que estaba sucediendo. Consecuentemente, los mecanismos de prevención y respuesta actuaron bajo una fuerte presión, y muchas actividades económicas y servicios sociales fueron muy afectados. Paralelamente, a todos los niveles de la

población, se reflejó un fuerte sentimiento de inseguridad y sorpresa ante lo que parecía un cambio importante en el clima en Cuba.

### ***El Niño 1997-98.***

En la década de los 90, conjuntamente con el desarrollo de las investigaciones científicas en este campo, con la creación de los primeros sistemas de vigilancia climática en el país y con la mayor experiencia internacional acumulada, se incrementó, de manera proporcional, el interés del estado y la población por el evento El Niño. Esto se reflejó no solo en el financiamiento otorgado a proyectos de investigación sobre el tema, sino también por el comienzo de una labor más intensa y sistemática de información y orientación a la población en los medios oficiales. A raíz del evento 1994-95 se intensificó de manera importante la cobertura noticiosa al respecto. Por otra parte, la investigación científica y las tareas de vigilancia climática se incrementaron y fortalecieron durante la década de los 90.

Se puede afirmar que en el momento que hace su aparición el ENOS de 1997-98, el desarrollo científico alcanzado por Cuba en los estudios relativos a estos eventos era alto y permitió un trabajo más eficiente de seguimiento y predicción.

El evento ENOS 1997-98 ha sido catalogado como el más intenso del presente siglo. Sus características de intensidad y duración, así como la magnitud de los impactos a escala global superaron los del evento 1982-83, que hasta ese momento gozaba de la triste fama de ser el más intenso. Como consecuencia, sus impactos sobre Cuba también fueron considerables, aunque en algunos casos quizás no fueron tan intensos como se esperaba.

En el período lluvioso de 1997 se presentaron temperaturas máximas muy notables, especialmente en los meses de agosto y septiembre, donde se alcanzaron nuevos récords de este elemento en varias estaciones. La distribución de la precipitación en el semestre Mayo-October del 97 fue muy irregular, existiendo áreas con lluvias acumuladas por debajo del 75 y 50% de los promedios históricos. El déficit de lluvias fue más agudo en la región oriental y para el mes de octubre resultó mucho más generalizado, cuando la mayor parte del país presentó acumulados mensuales por debajo del 50% de la norma.

En correspondencia con los efectos del ENOS sobre el clima en Cuba los totales de lluvias acumulados en el período Noviembre-Marzo estuvieron muy por encima de la norma y aunque esto pudiera parecer provechoso las lluvias se produjeron en forma de episodios de poca duración y gran intensidad, lo que hizo que las mismas fueran poco aprovechables y además dañinas para muchas actividades. De hecho, al estar asociadas a la afectación de bajas extratropicales las lluvias se vincularon con la ocurrencia de vientos fuertes, actividad eléctrica y otros fenómenos meteorológicos peligrosos.

Como la ocurrencia del evento ENOS fue avisada tempranamente, el Ministerio del Azúcar tomó la decisión de adelantar la zafra, con el objetivo de disminuir los impactos negativos del posible



aumento de las lluvias en el período normal de molienda (Noviembre-Abril). A pesar de esto, no se pudo evitar que las lluvias caídas disminuyeran de manera importante los rendimientos industriales, debido a que la reserva de humedad existente en los suelos no resultó favorable para la acumulación de sacarosa en los tallos.

En la papa, cultivo de gran importancia en la alimentación de la población cubana, la lluvia de este período afectó considerablemente la cosecha. Las pérdidas se estimaron en algo más de 18 077 tm del producto y 939.40 ha del cultivo a pesar de haberse tomado medida referidas al drenaje de los campos.

A partir del mes de Abril de 1998, una intensa sequía de corta duración se originó durante el trimestre Abril, Mayo y Junio, provocando el déficit más significativo registrado en los acumulados de las lluvias para estos meses desde 1941.

Los primeros síntomas de esta sequía comenzaron a reflejarse al cierre del período Noviembre-Marzo, cuando, a pesar del carácter lluvioso que tuvo el mismo, se apreciaron algunas áreas de la región oriental de Cuba que mostraron déficit de interés. Ya durante el mes de Abril, los escasos acumulados de lluvia que se registraron en todo el país, originaron la aparición de grandes áreas con condiciones favorables para el desarrollo del proceso de sequía. Este fenómeno quedó nacionalmente establecido en el mes de Mayo, cuando se registraron déficit muy importantes en toda Cuba, principalmente en las regiones central y oriental. Al transcurrir Junio (uno de los meses más lluviosos en Cuba) con un déficit considerable de precipitaciones, la sequía se hizo crítica y se convirtió en una de las más severas, reportadas para Cuba (Figura 5.3).

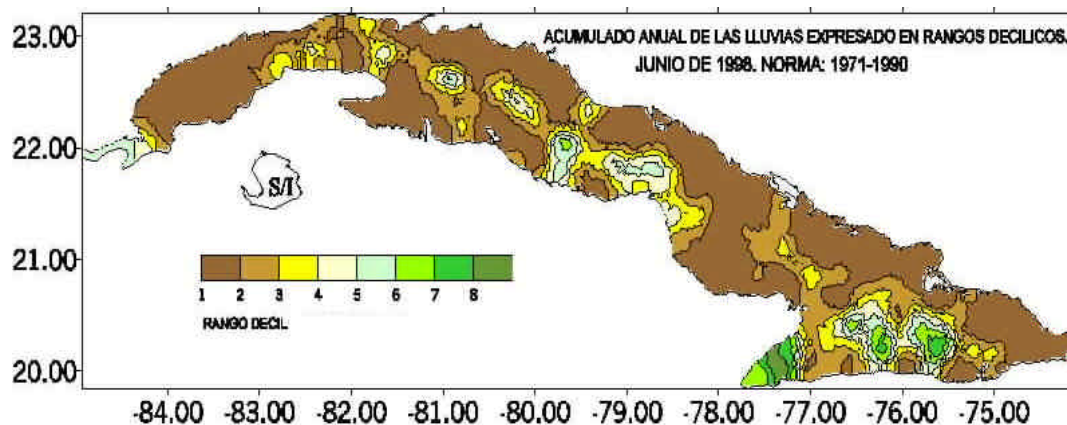


Figura 5.3 Acumulados anuales de lluvia hasta Junio 1998 expresados en rangos decílicos de la norma 1971-90. Las áreas coloreadas de carmelita indican sequía extrema.

La sequía de corto período registrada en 1998, produjo la pérdida total de 8 000 ha. de caña de primavera en las cinco provincias orientales. Sólo en Granma, Las Tunas y Guantánamo las pérdidas de caña de azúcar superaron las 700 000 tm.

La ocurrencia de vientos anormalmente cálidos y húmedos en el período invernal (Noviembre-Enero) afectó la floración del tomate. De hecho, se registró una disminución en la producción

general de hortalizas que fue motivada por importantes decrecimientos en la producción temprana (invierno 97-98) de tomate, col y pepino. Sólo en el tomate las pérdidas superaron las 14 000 tm.

Según un estudio realizado por el Programa Mundial de Alimentos en Cuba las pérdidas en viandas, hortalizas y frutales se pueden resumir en la Tabla 5.1.

Tabla 5.1 Resumen parcial de pérdidas de producción y costo de la afectación a varios cultivos durante el evento ENOS 1997-98. (según informe del Programa Mundial de Alimentos).

Cultivo	Pérdidas (Toneladas métricas)	Costo de la afectación (Millones de pesos)
Papa	77 598.2	16.8
Plátano	137 994.4	25.0
Tomate	14 248.3	5.0
Col	6 954.0	0.5
Pepino	942.0	0.1
Mango	29 898.8	4.6
Aguacate	5 519.7	2.2
Fresa	22.9	0.1
Frijoles	4 369.8	5.3
TOTAL	205 548.7	59.6

En la salud humana y teniendo en cuenta una evaluación realizada a través del Ministerio de Salud Pública y el Centro del Clima del Instituto de Meteorología, se pudo demostrar que el Asma Bronquial y las Enfermedades Diarréicas Agudas (EDA) disminuyeron durante el evento 1997-98. En el primer caso se adjudica ese comportamiento a la presencia de un invierno más cálido y menos contrastante, mientras que en el segundo, se debió a la ocurrencia de un invierno más húmedo y al retraso observado en el comienzo de la temporada lluviosa por la instauración de la sequía estival.

Respecto a las Infecciones Respiratorias Agudas (IRA) los valores con anomalías más significativas, se produjeron en el mes de junio de 1998. Esta anomalía coincidió con las condiciones marcadamente cálidas y secas que se produjeron en ese mes. El aumento provocado por las anomalías del clima en el mes de junio de 1998 para la IRA en Ciudad de la Habana trajo consigo un gasto de 6 MM de pesos. Ese gasto representó un 47.54% por encima de lo planificado para la atención de los pacientes, pues se atendieron 23 242 casos más que lo esperado en un mes de comportamiento normal. Sin embargo, es importante notar que, el incremento en el número de casos fue oportunamente alertado por el Centro del Clima y si bien era imposible tomar alguna medida para reducir la cantidad de pacientes afectados, se pudieron adoptar las medidas necesarias para garantizar la atención de los enfermos.

Durante el evento 1997-98, además de que se habían emitido avisos con suficiente antelación a la aparición de los impactos, el nivel de conocimiento sobre éstos también se había incrementado sustancialmente. De este modo fue posible desarrollar una labor sistemática de seguimiento e

información, creando un estado de preparación de la sociedad muy diferente a 1982-83. Aunque la mayor preparación no evitó que los impactos sobre la economía del país fueran severos, más aún en condiciones económicas desfavorables, la existencia de niveles de respuestas más efectivos, logró que en muchos sectores los impactos no alcanzaran los observados en 1982-83, época en que las condiciones económicas en Cuba eran comparativamente mejores.

A finales del verano de 1997, teniendo en cuenta los pronósticos emitidos por el Centro del Clima del Instituto de Meteorología respecto a la intensificación del evento ENOS, el Sistema Nacional de Defensa Civil envió a todos los presidentes de las Asambleas Provinciales del Poder Popular (jefes de Gobierno en sus respectivas instancias) una comunicación de alerta sobre la situación y orientó las medidas que debían implementarse, de acuerdo con los planes elaborados para el enfrentamiento de situaciones meteorológicas extremas. A partir de ese momento, los distintos sectores y esferas de la vida económica y social del país elaboraron planes de medidas preventivas específicas a su actividad. Debe destacarse que las medidas preventivas tomadas por los diferentes sectores se basaron principalmente en la experiencia acumulada y por lo tanto, buscaron en lo esencial, prevenir posibles impactos de una temporada seca más húmeda de lo normal. Sin embargo, las medidas para enfrentar un hecho sin precedentes, como la sequía de 1998, respondieron a una reacción ante un evento que no fue previsto con suficiente tiempo después de un invierno lluvioso.

### 5.3.2 Ciclones Tropicales

Para Cuba, los huracanes constituyen el sistema sinóptico que más daños ha causado a las propiedades y a las vidas humanas en comparación con todo tipo de desastre natural. Por esta causa es que el Estado Cubano invierte cuantiosos recursos en el establecimiento de planes de preparación realizándose, sin dudas, uno de los trabajos más completos reportados en nuestro hemisferio, fundamentalmente en la preservación de las vidas humanas.

Si se toma en cuenta que en los últimos 200 años 127 huracanes han afectado a Cuba (de ellos 24 grandes huracanes), se puede concluir que estos fenómenos son un elemento importante del clima cubano. El evidente impacto socio-económico que produce la afectación directa de un huracán a Cuba hace que los aspectos de su variabilidad interanual presenten una importancia significativa en términos de riesgos. Períodos de años con mucha actividad de huracanes en la cuenca del Océano Atlántico, son seguidos de años con relativa baja actividad, en un ritmo gobernado por variados y complejos factores a escalas global y regional. Por ejemplo, el período 1975-1995 ha sobresalido como uno de los 20 años de menor actividad de ciclones tropicales en Cuba, mientras que la afectación de los huracanes Lili en 1996, George en 1998 y la tormenta tropical Irene en el 1999, parecen indicar un cambio hacia un período más activo. Por ello, los próximos años pueden representar un período en que la economía de Cuba sea nuevamente más vulnerable por efecto de la incidencia.

Debido al desarrollo económico y crecimiento poblacional, fundamentalmente en áreas costeras, la vulnerabilidad a los huracanes se ha incrementado en términos de población y de propiedades en riesgo. Por esta razón la posibilidad de que un huracán provoque daños en la infraestructura económica se ha multiplicado desde la fecha en que fue reportado el último gran huracán. De esta

forma la, única vía de mantener la tendencia decreciente en el número de pérdidas humanas y de reducir en alguna medida la tendencia al incremento en los daños a la propiedad, es continuar perfeccionando y fortaleciendo planes de preparación, que incluyan como aspecto fundamental el establecimiento de una política educativa adecuada. No se puede perder de vista que la actual generación de cubanos no posee, hasta la fecha, una experiencia real sobre la afectación de un gran huracán, pues los organismos que nos han afectado recientemente han estado muy lejos de poseer la intensidad de aquellos que afectaron a Cuba en 1926 y 1932.

Las actuales evidencias indican que en Cuba el impacto socio-económico de los huracanes está caracterizado por:

1. Un incremento sustancial en el monto de las pérdidas económicas de los huracanes de los últimos 20 años.
2. Una reducción casi absoluta en el número de pérdidas humanas en este mismo período.

Aunque el incremento de las pérdidas materiales se encuentra muy vinculado a la intensidad del organismo, resulta evidente que factores de carácter socioeconómico influyen en el incremento de la vulnerabilidad de la infraestructura del país. Esas tendencias, al igual que ocurre en el caso de la reducción de las pérdidas humanas, son similares a las observadas por otros países desarrollados que poseen políticas adecuadas de preparación contra desastres.

Ante el incremento de la vulnerabilidad como consecuencia del aumento de la población bajo riesgo y de la mayor cantidad de objetivos económicos y propiedades, la aplicación de medidas de preparación adecuadas ha limitado al mínimo las pérdidas humanas. Para ilustrar la dependencia de la magnitud de los impactos en relación con el nivel de preparación, a continuación se comparan los casos de los huracanes Flora y Lili.

### ***El Huracán Flora***

El huracán Flora produjo una de las dos catástrofes naturales más grandes de la historia de Cuba. En las primeras horas de la tarde del 4 de octubre de 1963, su centro penetró por la costa sur de la provincia de Guantánamo. En su movimiento, describió una trayectoria en forma de lazo sobre las provincias orientales y Camagüey, lo que propició que se mantuviera azotando a dicho territorio por cinco días. Una trayectoria similar sobre Cuba sólo es comparable con la del huracán de 1910.

Poco antes de penetrar en territorio cubano, un avión de reconocimiento estimó una presión mínima de 970 hPa, el que fue considerado como un buen estimado de la intensidad con que alcanzó la costa cubana. A partir de la presión mínima estimada por el avión se calculó un viento máximo sostenido de 165 Km/h. En algunos momentos el radio de los vientos huracanados se extendió hasta 235 Km del centro en los cuadrantes primero, segundo y cuarto, siendo menores en el tercero (Ortiz, 1980). El Flora ha sido considerado como un huracán categoría 2 sobre Cuba, según la escala de Saffir-Simpson.

Las lluvias fueron sostenidas y torrenciales. Se alcanzó un valor máximo en 24 horas de 735 mm y acumulados del orden de los 1 600 mm durante el período que duró el azote del huracán. La combinación de las torrenciales lluvias, las marejadas y la elevación del nivel del mar en la desembocadura de los ríos, ocasionó extraordinarias inundaciones y deslizamientos de lodo, que unido a la falta de capacidades para tomar medidas preventivas adecuadas, produjeron la pérdida de más de 1 500 vidas y cuantiosos daños materiales, tanto en zonas rurales como urbanas.

### ***Huracán Lili .***

El huracán Lili fue el huracán más intenso que cruzó sobre Cuba desde el paso del Kate en 1985. Su centro penetró en tierra el día 18 de octubre de 1996 por un punto al Oeste y cerca de la Bahía de Cochinos, Península de Zapata, provincia de Matanzas, aunque con anterioridad había cruzado sobre el extremo sudeste de la Isla de la Juventud. Lili salió al mar por la costa norte de Villa Clara, al Oeste y próximo a Caibarién.

Lili fue clasificado como un categoría 2 de la escala de Saffir-Simpson sobre Cuba (Pérez et al, 2000). La presión más baja registrada fue de 977 hPa.; el mayor valor de la racha máxima fue reportado por Cayo Largo del Sur con 192 Km/h, mientras que se sintieron vientos huracanados sobre las provincias centrales del país. Este organismo tropical produjo lluvias intensas y torrenciales desde La Habana hasta Ciego de Avila y Camagüey. Los daños materiales fueron cuantiosos, pero gracias a las oportunas medidas de defensa civil adoptadas, no hubo que lamentar la pérdida de vidas humanas.

Cada huracán presenta importantes singularidades por lo que el establecimiento de comparaciones es una tarea extremadamente difícil. Aunque el Flora fue de la misma intensidad del Lili, sus lluvias no tienen precedente en nuestro país. Este hecho resulta de gran importancia a la hora de evaluar o comparar sus impactos. Sin embargo, es inobjetable que si los mecanismos de prevención existentes en 1963, hubieran sido similares a los existentes durante el Lili, las pérdidas humanas causadas por el Flora hubiesen sido considerablemente menores. Debe tenerse en cuenta que debido a la trayectoria y movimiento de Lili, las áreas directamente impactadas no fueron las originalmente pronosticadas, lo que implicó un elemento de “sorpresa” que sin embargo no ocasionó víctimas humanas.

## **5.4 Adaptación al impacto de la variabilidad natural del clima**

Como se mencionó antes el clima de Cuba ha variado hacia un estado climático, caracterizado por un incremento en la frecuencia de ocurrencia de determinados eventos extremos y anomalías climáticas. Eventos climáticos de notable intensidad han ocasionado daños importantes a la economía del país, que por demás, ha estado sometida a un intenso proceso de contracción.

Aun cuando no es posible afirmar que las variaciones observadas en el clima en Cuba sean consecuencia de cambios en el clima asociados con la acción del hombre, es evidente que las mismas no deben ser obviadas, pues sus impactos son significativos. De esta forma, resulta

productivo hacer un análisis de las posibilidades que tiene la sociedad y la economía cubanas para minimizar los daños y sacar provecho de los aspectos positivos.

### 5.4.1 Capacidad institucional para la predicción climática y la alerta temprana

Los esfuerzos del estado cubano para desarrollar la ciencia y la técnica en Cuba han demostrado la certeza de una política trazada desde el inicio de la revolución. A pesar de serias limitaciones materiales, el país tiene un amplio potencial humano que le permite enfrentar importantes retos científicos. La creación del Instituto de Meteorología y la asignación a esta institución de funciones relacionadas con la vigilancia del tiempo y el clima, así como el desarrollo de investigaciones orientadas al establecimiento de métodos de predicción y avisos para diferentes plazos de tiempo, es una muestra del interés del estado cubano en asegurar la protección de la población ante el impacto del tiempo y el clima.

El INSMET realiza la vigilancia y predicción del clima utilizando una variedad de métodos desarrollados en esta institución, a partir de los resultados de las investigaciones de los últimos años. Así, se cuenta con la posibilidad de: realizar predicciones mensuales y estacionales de temperatura y precipitación; efectuar pronósticos estacionales de la actividad ciclónica en nuestra región geográfica; realizar el monitoreo de la sequía meteorológica y agrícola, incluyendo la alerta temprana y la evaluación de sus posibles impactos; y ejecutar el aviso de la existencia de condiciones meteorológicas favorables para la ocurrencia de incendios forestales, entre otras actividades. Recientemente, se desarrolló un esquema de predicción del evento ENOS que permite alertar sobre el posible desarrollo de este tipo de evento, que como se ha demostrado, produce impactos importantes en Cuba. La mayor parte de estas actividades se realiza a través del Servicio de Vigilancia del Clima, utilizando la información proveniente de diferentes fuentes. Para la ejecución de estas actividades, existe un sistema integral cuya estructura general puede apreciarse en la Figura 5.4.

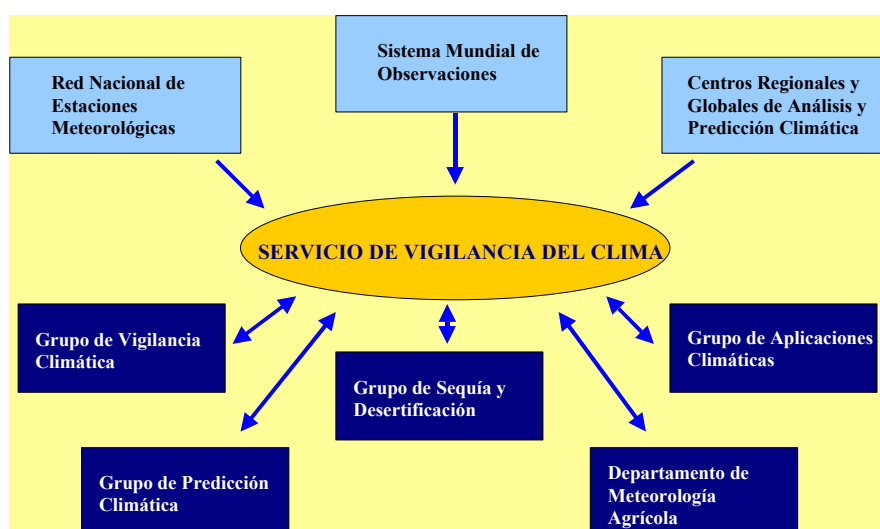


Figura 5.4 Estructura organizativa del Servicio de Vigilancia del Clima.

En sentido general el Servicio de Vigilancia del Clima difunde la información a través de tres productos básicos, a saber:

**Boletín de la Vigilancia del Clima:** es el principal producto informativo e incluye informaciones sobre el comportamiento actual del clima a escala regional y nacional, predicciones climáticas mensuales y evolución de las condiciones atmosféricas y oceánicas relacionadas con el evento ENOS.

**Predicciones estacionales:** presenta los pronósticos del clima en Cuba para períodos estacionales venideros, incluyendo pronósticos de inicio y evolución de eventos ENOS.

**Alertas climáticas especiales:** se emiten ante situaciones climáticas adversas e incluye el estado de la sequía y sus impactos, especialmente aquellos relacionados con la sequía agrícola.

**Boletín Biometeorológico,** incluye predicciones sobre el número de enfermos por Asma e Infecciones Respiratorias Agudas.

Es importante notar que, aun cuando el Servicio de Vigilancia del Clima facilita la emisión de informaciones que sirvan para la adopción oportuna de acciones para reducir los impactos negativos de la variabilidad del clima, existen limitaciones materiales que restringen el desarrollo óptimo del Sistema. Como es lógico, el fortalecimiento de este Servicio es imprescindible para perfeccionar las estrategias de respuesta.

Por otra parte, aún no se ha logrado una completa certidumbre en cuanto a la determinación de los impactos, mientras que las previsiones climáticas, eje fundamental de todo el sistema, aún no logran reflejar la información en la forma apropiada para que los usuarios puedan utilizarla con toda la eficiencia que se requiere. El lenguaje utilizado no siempre logra transmitir una información útil y lo que se pronostica no siempre cubre las expectativas de quienes requieren valoraciones de los posibles impactos sobre sectores socio-económicos específicos, en lugar de estimaciones de variables climáticas cuyas consecuencias resultan muy difíciles de estimar.

### **5.4.2 Capacidad institucional para actuar ante eventos extremos**

El notable impacto del Huracán Flora a la región oriental de Cuba, fue un claro motivo para que el Gobierno cubano fortaleciera la política de la voluntad hidráulica en el país y se construyera un número importante de presas y obras hidráulicas, las cuales permitirían reducir el peligro de las inundaciones y garantizarían la existencia de reservas de agua para enfrentar períodos de sequía. En el marco de esta acción se produjo también el desarrollo de la Red de Observaciones Hidrológicas y se fortaleció significativamente el Sistema Meteorológico Nacional. La instalación de más de 35 nuevas estaciones meteorológicas en el año 1965 y la preparación de personal calificado para operar las capacidades observacionales creadas a partir de esa fecha son ejemplos de tal fortalecimiento. Como complemento del incremento y modernización de las redes de observación, se desarrolló la concepción actual de la Defensa Civil de Cuba, que ha contribuido a la preservación de numerosas vidas humanas y recursos económicos del país.

Los principales logros que presenta el sistema de respuesta ante los impactos de las anomalías climáticas, parten de la existencia de una estructura centralizada que garantiza la participación de todos los niveles de la sociedad. El hecho de que el Sistema Nacional de Defensa Civil se inserte dentro de los planes generales para la defensa del país, garantiza un nivel alto de respuesta y de disponibilidad de recursos.

La principal virtud del sistema de respuesta cubano es que en el mismo se pone como principal prioridad la preservación de la vida humana, aún a costo del empleo de importantes recursos materiales. La estrecha conexión de los tomadores de decisiones con los centros que integran la red de vigilancia, garantiza el intercambio de información entre los diferentes niveles y facilita la adopción de medidas más efectivas y coherentes.

El papel que juegan los medios de difusión en el intento de lograr una percepción popular más clara sobre de los diferentes eventos relacionados con el clima, también constituye un aspecto a destacar. Esto también resulta de gran ayuda en la ejecución de los planes de preparación y respuesta.

Es importante señalar que las acciones emprendidas por el Gobierno de Cuba después de la afectación del huracán Flora, pueden considerarse como ejemplos de adaptación a la variabilidad climática. Esas acciones condujeron de manera positiva a reducir la vulnerabilidad del país, pues a pesar de que el nivel de exposición ha aumentado debido al propio desarrollo socioeconómico la preparación de la sociedad ha sido el factor fundamental en la reducción de pérdidas.

A pesar de lo anterior existen debilidades que van más allá de las carencias materiales. Aún la percepción popular y de algunas entidades sobre eventos tales como El Niño, es incompleta y en algunos casos errónea, pues, todavía no existe un sistema de educación estructurado en este sentido a pesar de los esfuerzos realizados. Por lo general, la gran mayoría de los cursos de formación profesional no contemplan asignaturas vinculadas al clima, lo que dificulta el correcto empleo de la información de forma oportuna y eficiente.

De lo anterior se puede concluir que resulta de capital importancia para la sociedad profundizar en el conocimiento sobre los diferentes elementos de la variabilidad del clima en Cuba, sus extremos y la magnitud de sus impactos. Solo así existirán mayores posibilidades de predecir sus impactos y por ende, existirán mejores posibilidades para establecer planes de desarrollo que consideren estos factores.

### **5.4.3 Posibles acciones estratégicas para reducir los impactos de la variabilidad climática**

Las limitaciones actuales para actuar adecuadamente ante los impactos de la variabilidad climática, imponen la necesidad de realizar un conjunto de acciones dirigidas, fundamentalmente, a continuar elevando el nivel de preparación de la sociedad cubana. En efecto, las experiencias de Cuba demuestran que la preparación es una estrategia acertada para reducir los impactos adversos de la variabilidad climática.



En general, las acciones que podrían contribuir a reducir los impactos de la variabilidad climática, también pueden formar parte del paquete de opciones de adaptación al cambio climático, como parte de la acción anticipada. De hecho, las opciones que se resumen a continuación se basan en la concepción de que la adaptación al cambio climático es un proceso que debe iniciarse desde ahora.

<b>Opción</b>	<b>Descripción</b>
Incrementar la capacitación en los aspectos relativos al clima.	Incorporar la temática de la variabilidad climática y el cambio climático en todos los niveles del Sistema Nacional de Enseñanza. Insertar y desarrollar la concepción de la variabilidad climática dentro de la actividad de los tomadores de decisiones. Esta opción está destinada a desarrollar los conocimientos sobre el clima, mejorando la comprensión de los aspectos más relevantes para fortalecer y facilitar el diálogo entre científicos y decisores.
Potenciar el desarrollo de los sistemas nacionales de vigilancia y predicción climática.	Pretende incrementar la capacidad de vigilar y predecir el comportamiento del clima, fundamentalmente en lo relacionado con la ocurrencia de eventos extremos. Deberá ponerse especial énfasis en el desarrollo de aplicaciones climáticas, en particular las relacionadas con la agricultura, los recursos hídricos y la salud humana. Esto permitirá el desarrollo de sistemas de vigilancia y predicción para sectores específicos, facilitando así el incremento de la preparación de la sociedad.
Perfeccionar los actuales planes de preparación en función del conocimiento acumulado sobre los diferentes elementos de la variabilidad, su impacto y predictabilidad.	Reducir el impacto de los eventos dañinos de la variabilidad del clima, mediante el incremento de la capacidad de preparación y respuesta en correspondencia con el incremento del conocimiento sobre la dinámica de los procesos del clima y el aumento de la capacidad predictiva a plazos cada vez mayores.

<b>Opción</b>	<b>Descripción</b>
Desarrollar programas de manejo integrados de los recursos naturales que tengan en cuenta los efectos de la variabilidad climática.	Reducir la vulnerabilidad del entorno a los impactos de la variabilidad del clima. Crear concepciones de sostenibilidad más integrales en los planes de desarrollo económico.
Potenciar un sistema eficaz de transferencia tecnológica y asistencia financiera.	Esta dirigida al establecimiento de condiciones para el uso de tecnologías y fondos que permitan el perfeccionamiento sistemático del sistema de investigaciones sobre el clima. En este punto se aseguraran los recursos financieros necesarios para el enfrentamiento del estudio del clima su variabilidad e impacto socio-económico.

## Capítulo 6. Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático

### 6.1 Introducción

El estudio sobre la vulnerabilidad y la adaptación al cambio climático en Cuba se desarrolló bajo el proyecto de investigación “Impactos del cambio climático y medidas de adaptación en Cuba” (Gutiérrez et. al. 2000). El objetivo principal del proyecto fue realizar un análisis integral de los impactos del cambio climático y de las medidas de adaptación en Cuba, mediante la aplicación y prueba de la versión preliminar del Manual sobre Métodos de Evaluación de los Impactos del Cambio Climático y las Estrategias de Adaptación elaborado por el PNUMA (UNEP, 1996). Los seis sectores evaluados fueron los siguientes:

- Recursos hídricos
- Zonas costeras y recursos marinos
- Agricultura y silvicultura
- Asentamientos humanos
- Biodiversidad y vida silvestre
- Salud Humana

Para desarrollar el trabajo se siguió el conjunto de pasos propuesto por el Manual del PNUMA, a saber: 1) Definición del problema; 2) Selección del método; 3) Prueba del método/análisis de sensibilidad; 4) Selección de escenarios; 5) Evaluación de los impactos biofísicos y socio-económicos; 6) Evaluación de ajustes autónomos y 7) Evaluación de las estrategias de adaptación.

En sentido general el estudio se realizó en dos grandes etapas. La etapa inicial, denominada evaluación rápida, fue realizada con el objetivo de probar los métodos de evaluación, así como determinar, cualitativamente, el grado de sensibilidad de los sectores seleccionados ante los impactos del cambio climático. Para ello fue suficiente la utilización de escenarios climáticos simples o incrementales. De esta manera se aseguraba que los resultados fueran consistentes y coherentes. Esta etapa consideró el desarrollo de los pasos del 1 al 3 del proceso de evaluación.

La segunda etapa, que comprendió los pasos del 4 al 7, comenzó con la construcción de los escenarios definitivos, paso fundamental para poder continuar el estudio. Hecho esto, fue posible evaluar a fondo los impactos del cambio climático en Cuba e identificar las medidas que permitirían determinar el rango de políticas potenciales para adaptarse al cambio climático.

Los impactos evaluados consideraron las proyecciones del clima futuro para diferentes plazos de tiempo. Los períodos más cortos fueron cubiertos por los escenarios desarrollados para el 2010 y 2030, mientras que los plazos más largos se asociaron a las proyecciones realizadas para los años 2050 y 2100.

En general el área de estudio considerada fue todo el país, aunque muchos elementos fueron evaluados considerando áreas más pequeñas debido a la complejidad de los métodos de análisis y a la disponibilidad de los datos necesarios, entre otros elementos.

A continuación se presenta un breve resumen de los escenarios seleccionados, los impactos detectados y las opciones de adaptación identificadas en Cuba mediante el mencionado proyecto de investigación.

## 6.2 Escenarios de cambio climático

De la amplia variedad de métodos que existe para crear representaciones plausibles del clima futuro, la variante utilizada fue la de combinar los resultados de los modelos de circulación general (MCG) con las salidas de los modelos climáticos simples (Hulme, 1996). Para ello se emplearon el modelo climático simple MAGICC y el generador de escenarios SCENGEN, desarrollados por la Unidad de Investigación del Clima de la Universidad de East Anglia del Reino Unido. Al emplear este método, el proceso de creación de escenarios de cambio climático puede describirse por las etapas siguientes: 1) selección del escenario global de emisiones; 2) conversión de las emisiones en proyecciones de calentamiento global e incremento del nivel del mar; y 3) obtención de los patrones temporales y espaciales del clima futuro.

Mediante MAGICC y empleando los escenarios de emisiones IS92a (Leggett et al, 1992) y KYOTOA1, se obtuvieron las proyecciones de calentamiento global y ascenso del nivel del mar (Tabla 6.1) para diferentes niveles de sensibilidad climática (1.5°C, 2.5°C y 4.5°C). Dichas proyecciones fueron utilizadas para generar los patrones regionales de cambio a través de SCENGEN.

Tabla 6.1 Calentamiento global (°C) con respecto al período 1961-1990 e incremento del nivel del mar (cm) con respecto al año 1990 para la sensibilidad climática baja, media y alta basado en los escenarios de emisión IS92a y KYOTOA1 en años seleccionados.

ESCENARIO DE EMISIÓN	SENSIBILIDAD CLIMÁTICA	CALENTAMIENTO GLOBAL				ASCENSO DEL NIVEL DEL MAR			
		2010	2030	2050	2100	2010	2030	2050	2100
IS92a	Baja	0.34	0.63	0.96	1.72	1.68	4.68	8.87	22.79
	Media	0.47	0.90	1.38	2.52	4.85	12.63	23.30	55.20
	Alta	0.65	1.25	1.94	3.63	10.17	25.90	44.41	95.93
KYOTOA1	Baja	0.32	0.58	0.87	1.53	1.60	4.28	8.01	20.22
	Media	0.45	0.83	1.25	2.25	4.71	11.91	21.63	50.28
	Alta	0.61	1.15	1.77	3.26	9.93	24.70	42.02	89.67

SCENGEN contiene una base de datos con los resultados de 14 MCG previamente interpolados en una rejilla de 5° latitud – longitud. En la Figura 6.1 se muestran las tres celdas de la rejilla de SCENGEN que caen sobre Cuba. SCENGEN posee una ventana global y varias regionales. En la ventana global, las variables disponibles son temperatura media, precipitación y cubierta de nubes; mientras que en las ventanas regionales están presentes, además de las variables mencionadas, la temperatura mínima, temperatura máxima, velocidad del viento, presión de vapor y rango diurno de temperatura. En ambos casos las variables corresponden a diferencias mensuales, estacionales y anuales entre simulaciones perturbada (2 X CO<sub>2</sub>) y la de control (1 X CO<sub>2</sub>).

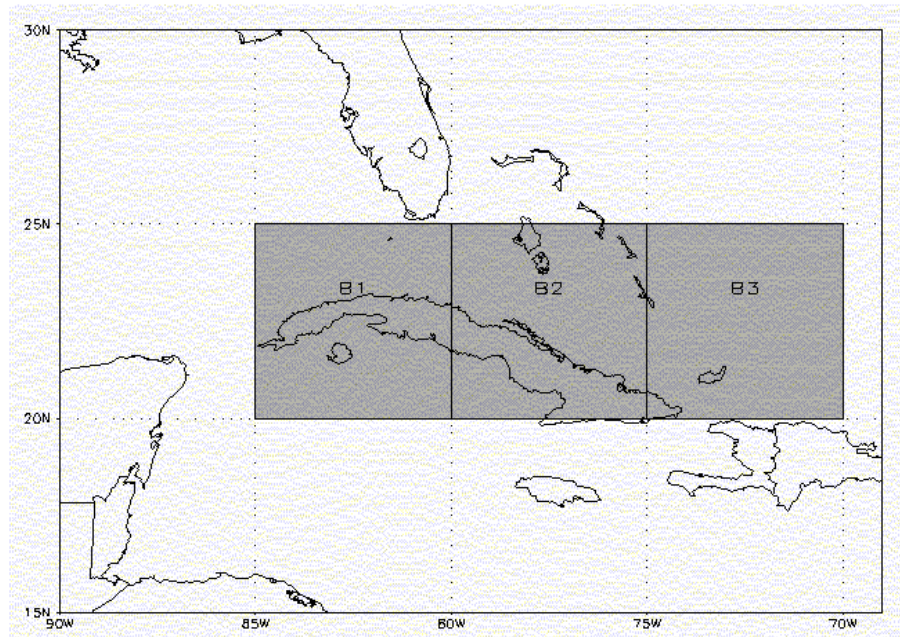


Figura 6.1 Celdas de SCENGEN sobre Cuba.

De los 14 MCG disponibles en SCENGEN se seleccionó el HADCM2 (Mitchell *et al*, 1995), el UKTR (Murphy and Mitchell, 1995) y el OSU (Schlesinger and Zhao, 1989). La idea de seleccionar estos tres modelos estuvo basada en el hecho de que con ellos se lograba cubrir un amplio rango de las incertidumbres asociadas a la modelación del cambio climático (Figura 6.2).

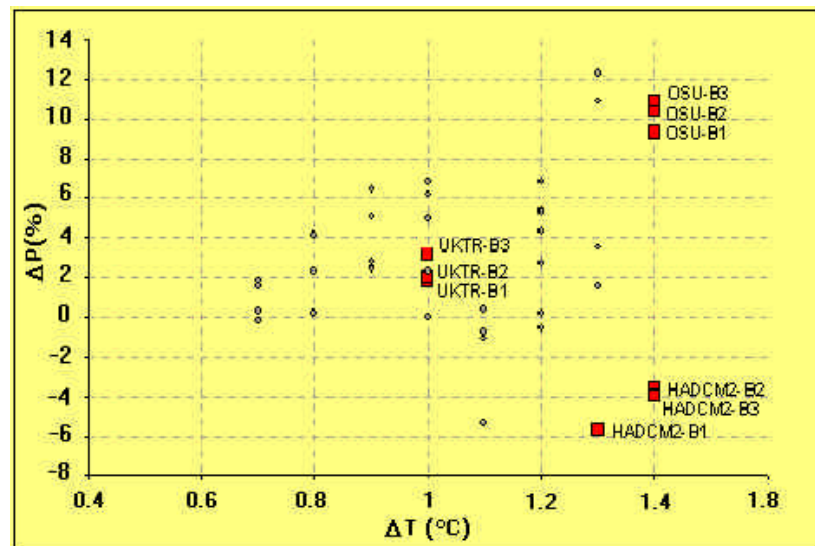


Figura 6.2 Cambios en la temperatura y la precipitación anual (con respecto al período 1961-1990) para el año 2050 proyectados por los 14 modelos disponibles. En los modelos seleccionados (cuadrados rojos) se señalan las tres celdas de SCENGEN sobre Cuba.

En sentido general las proyecciones del clima futuro indicaron que las magnitudes de la temperatura media anual del aire pudieran verse incrementadas entre 1.6°C y 2.5°C para el año 2100. En el caso de la precipitación el panorama presenta mayor incertidumbre, pues cuando unos modelos indican la reducción de los totales anuales, otros producen incrementos. A pesar de esto último se estima que el incremento de la temperatura sea tan notable, que aún en los casos donde se proyectan incrementos de las precipitaciones, podría ocurrir una intensificación y expansión de los procesos de aridez y sequía, como consecuencia de los procesos de evaporación. Una muestra de esto se aprecia claramente al comparar los patrones espaciales del índice de aridez del PNUMA para el 2100 con el observado en el período 1961-1990 (Figuras 6.3 y 6.4).

En el caso del nivel del mar, en dependencia del escenario de emisiones considerado y en función de la sensibilidad climática utilizada, las proyecciones futuras indican incrementos en el orden de 8 a 44 cm para el 2050 y de 20 a 95 cm para el 2100.

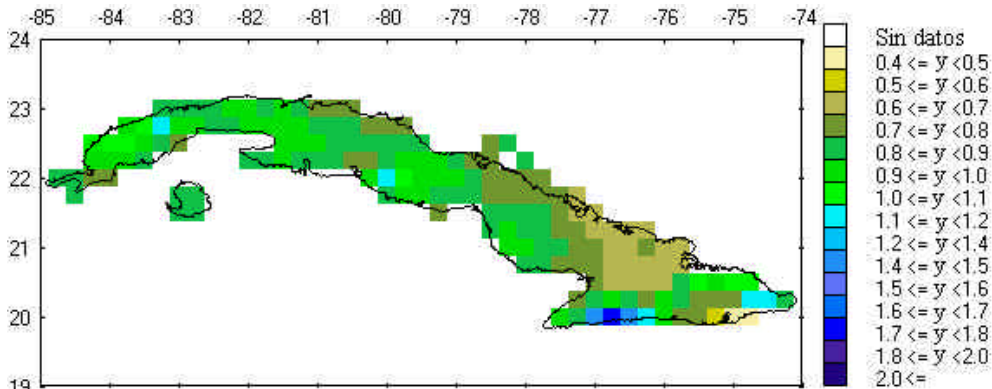


Figura 6.3 Índice de Aridez del PNUMA para el período 1961-90.

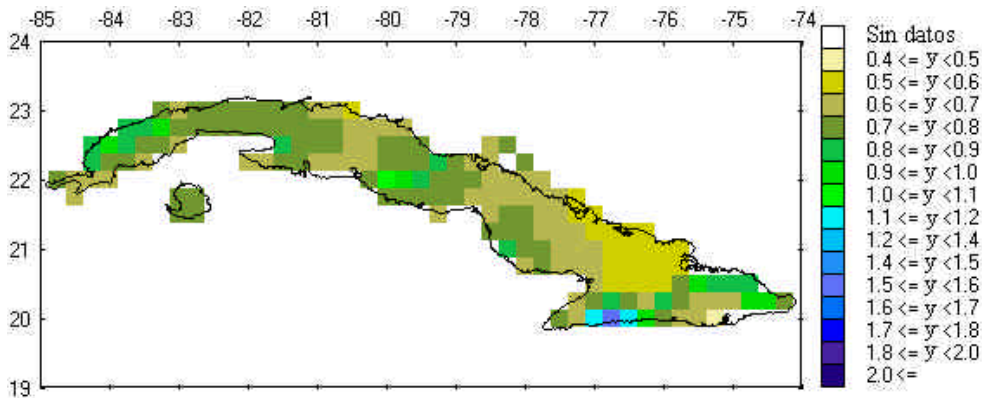


Figura 6.4 Índice de Aridez del PNUMA para el año 2100.

## 6.3 Impactos del cambio climático

### 6.3.1 Recursos hídricos

En este sector la evaluación de los impactos estuvo orientada en dos direcciones: (a) el impacto sobre la distribución espacial y temporal de las variables hidrológicas, y (b) identificar la influencia que tendría el cambio climático sobre la calidad del agua, poniendo especial atención en la intrusión marina en los acuíferos costeros.

El impacto del cambio climático tenderá a reducir los volúmenes de agua superficial, aun en el caso de que no se produzcan aumentos sensibles en la precipitación. En tal sentido, solo en el caso de que ocurran incrementos de lluvias, como los proyectados por el modelo OSU, se podrá observar un aumento notable de los recursos hídricos disponibles (Tabla 6.2).

Por otra parte, es posible decir que la intrusión marina en el agua subterránea es uno de los impactos más serios del cambio climático sobre los recursos hídricos. Ello obedece a la alta vulnerabilidad que tienen a este fenómeno la mayoría de los acuíferos de Cuba, por ser abiertos al mar. Un incremento del nivel del mar estimado en aproximadamente 30 cm para el 2100, provocaría un ascenso no menor de 10 m en la cuña salina. La elevación de la cuña salina podría ser mayor, en dependencia de la cuantía de la reducción de las precipitaciones y del grado de explotación de los acuíferos. En cualquier caso, la reducción en la disponibilidad de agua subterránea sería significativa y en los acuíferos costeros poco potentes, la afectación podría conducir a la salinización definitiva de las reservas.

Tabla 6.2 Balance hídrico de Cuba para el período 1961-1990 (línea base) y para el escenario IS92a según los modelos HADCM2, UKTR y OSU. Leyenda: (P) Precipitación; (ETP) Evapotranspiración; (Q) Lámina de escurrimiento; (E) Evaporación potencial. Todas las variables están expresadas en milímetros.

Modelo	Variable	Año				
		1961-1990	2010	2030	2050	2100
HADCM2	P	1329	1309	1290	1269	1219
	ETP	1049	1051	1051	1050	1043
	Q	281	258	239	218	176
	E	1706	1762	1811	1875	2016
UKTR	P	1329	1339	1347	1357	1381
	ETP	1049	1062	1074	1090	1123
	Q	281	277	273	267	257
	E	1706	1142	1779	1826	1392
OSU	P	1329	1374	1416	1463	1573
	ETP	1049	1085	1117	1154	1243
	Q	281	290	300	308	330
	E	1706	1766	1816	1880	2027

### 6.3.2 Zonas costeras y recursos marinos

El estudio de los impactos del cambio climático en las zonas costeras tomó en cuenta la evaluación de los efectos del ascenso del nivel del mar y el incremento de la temperatura sobre la biota marina y las playas. La evaluación se basó fundamentalmente en el juicio de expertos, tomando en cuenta una buena cantidad de las investigaciones realizadas en Cuba.

En términos generales el impacto del incremento del nivel del mar producirá los siguientes impactos:

- Inundación y desplazamiento de humedales y costas bajas
- Erosión y retroceso de la línea costera
- Incremento de las inundaciones de tormenta
- Aumento de la salinidad en los estuarios y amenaza a los acuíferos de agua dulce
- Alteración de la amplitud de la marea en ríos y bahías
- Alteración de los patrones de sedimentación
- Decrecimiento de la cantidad de luz que reciben los fondos marinos

El incremento del nivel del mar podría producir una reducción considerable de la superficie de las cayerías interiores de los golfos de Batabanó y Ana María-Guacanayabo hacia el año 2050. Ya a finales del siglo XXI esos grupos de cayos podrían desaparecer. Algo similar pudiera suceder con el 60-80% de la Ciénaga de Zapata y con muchos de los cayos que componen el archipiélago cubano.

La erosión y el retroceso de la línea de costa podrían afectar importantes recursos naturales como las playas, dentro de las cuales se desarrollan importantes actividades económicas. En la Tabla 6.3 se muestra un ejemplo de los resultados de la evaluación obtenidos de la aplicación de la regla de Brunn, para tres perfiles ubicados en la playa de Varadero.

Tabla 6.3 Retroceso de la línea de costa en algunos perfiles de la playa de Varadero, considerando el escenario de emisiones KIOTOA1.

Año	Ascenso del nivel del mar (m)	Retroceso de la línea de costa (m)		
		Las Américas	Caney	Cosmonautas
2010	0.0471	1.81	2.41	3.55
2030	0.1191	4.59	6.09	8.97
2050	0.2163	8.33	11.05	16.28
2100	0.5082	19.57	25.97	38.26

En el caso de los recursos bióticos del medio marino los principales impactos se producirán debido a las alteraciones que ocasione el incremento de la temperatura en los ciclos reproductivos, en la mayor incidencia de enfermedades y en el fenómeno de blanqueamiento de los corales. Este último produce la muerte de las colonias coralinas y reduce las posibilidades de



vida de los organismos asociados a ellas. Atendiendo a que el mayor por ciento del área de pesca de la zona estudiada corresponde a zonas costeras o de plataforma (las más vulnerables) es posible indicar que el sector pesquero podría ser seriamente afectado.

### 6.3.3 Agricultura y silvicultura

Los elementos considerados para evaluar los impactos del cambio climático en la agricultura y silvicultura fueron: los rendimientos agrícolas; la producción total de los cultivos; la biomasa aérea de los pastos; las plagas y enfermedades; y los bosques y las plantaciones forestales.

#### *Rendimientos agrícolas*

La evaluación de los rendimientos agrícolas se realizó considerando los siguientes cultivos: papa (*Solanum tuberosum* L.), frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), soya (*Glycine maximum* (L.) Merr.), yuca (*Manihot esculenta* Crantz), arroz (*Oryza Sativa* L.), caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), maíz (*Zea mays* L.), sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), millo perla (*Pennisetum americanus* (L.) Leeke) y caupí (*Vigna unguiculata*). Para ello se utilizaron varios modelos biofísicos de cultivos (e. g. WOFOST 4.1; DSSAT 3.0 y CANEGRO 3.1), y se emplearon las proyecciones climáticas obtenidas por el modelo HADCM2 para diferentes niveles de sensibilidad climática.

Los impactos sobre los rendimientos agrícolas dependieron notablemente de la ocurrencia o no del efecto de fertilización por CO<sub>2</sub> y de la sensibilidad climática considerada. Así, de no producirse el efecto de fertilización, los rendimientos agrícolas potenciales y de regadío de todos los cultivos estudiados disminuirían progresivamente (Tabla 6.3). Esas reducciones tendrían magnitudes que oscilarían entre un 10-15% de los valores actuales. Para la caña de azúcar las reducciones serían menores (5-10%), mientras que en la papa los rendimientos decaerían notablemente (40-45%).

Tabla 6.4 Rendimientos agrícolas potenciales y de regadío esperados, en materia seca, para los escenarios climáticos utilizados sin tener en cuenta el efecto de fertilización por CO<sub>2</sub> (Mg/ha). Leyenda: (1) Siembra de primavera; (2) Siembra de frío

CULTIVO	ALCANCE TEMPORAL				
	LÍNEA BASE	2010	2030	2050	2100
Papa	12.342	11.541	10.676	9.567	6.437
Soya	3.468	3.350	3.253	3.129	2.799
Frijol	2.917	2.870	2.841	2.773	2.612
Arroz <sup>(1)</sup>	12.047	11.718	11.442	11.162	10.696
Arroz <sup>(2)</sup>	14.490	14.027	13.781	13.543	12.868
Yuca <sup>(1)</sup>	16.562	16.410	16.208	15.837	13.988
Yuca <sup>(2)</sup>	13.449	13.294	13.115	12.811	11.160
Maíz	12.823	12.125	11.772	11.268	10.087
Sorgo	7.374	7.142	6.936	6.737	6.381
Millo perla	10.100	9.549	9.099	8.688	8.101
Caña de azúcar <sup>(1)</sup>	76.456	75.479	74.420	73.102	69.845
Caña de azúcar <sup>(2)</sup>	72.114	71.883	71.154	70.281	68.166

Si el efecto de fertilización por CO<sub>2</sub> se produce a escala de campo, los impactos señalados en el párrafo anterior se modificarían drásticamente (Tabla 6.5), llegando a existir la posibilidad de que cultivos C<sub>3</sub> de clima cálido y ciclo corto (frijol, soya y arroz) eleven sus rendimientos, a pesar de que en la papa los rendimientos seguirían disminuyendo. Estos resultados, sin embargo, dependerán de cuán sensible sea el clima a los cambios del balance energético, pues para una sensibilidad alta, la compensación del efecto de fertilización sería menor. A la complejidad de este aspecto se adicionan otros elementos relacionados con las respuestas de las plantas en función de la época de siembra, del tipo de ciclo fotosintético, del clima al que estén adaptadas y de si el hábito de vida de las mismas es determinado o indeterminado. Reducciones aún más notables se obtuvieron para los cultivos de secano, extendiéndose incluso a la caña de azúcar en ambas épocas de siembra.

Tabla 6.5 Rendimientos potenciales y de regadío, en materia seca, tomando en cuenta el efecto de fertilización por CO<sub>2</sub> (Mg / ha). Leyenda: (1) Siembra de primavera; (2) Siembra de frío.

CULTIVO	ALCANCE TEMPORAL				
	LINEA BASE	2010	2030	2050	2100
Papa	12.342	11.814	10.879	10.114	8.012
Soya	3.468	3.811	3.972	4.041	3.939
Frijol	2.917	3.275	3.486	3.613	3.732
Arroz <sup>(1)</sup>	12.047	12.215	12.342	12.562	13.586
Arroz <sup>(2)</sup>	14.490	14.613	14.857	15.221	16.150
Maíz	12.823	12.318	12.098	11.738	11.057
Sorgo	7.374	7.194	7.042	6.915	6.771
Millo perla	10.100	9.704	9.368	9.077	8.928
Caña de azúcar <sup>(1)</sup>	76.456	77.022	77.203	77.214	79.065
Caña de azúcar <sup>(2)</sup>	72.114	73.365	73.835	74.261	77.209

### Producción total de los cultivos

Para evaluar el impacto sobre la producción total de los cultivos se utilizó un modelo integrado de impacto intersectorial (Rivero, 1999). Este modelo integra los impactos sobre los rendimientos agrícolas con los efectos del cambio climático sobre el potencial hídrico disponible para regadío, tomando en cuenta un escenario predeterminado de crecimiento poblacional y de eficiencia tecnológica.

Los resultados obtenidos, considerando los resultados de los modelos HADCM2 para el escenario de emisiones IS92a y una sensibilidad climática media, indican que la producción total y per cápita de un cultivo de regadío, tendrán una reducción más drástica que la mostrada por los rendimientos agrícolas (Tabla 6.5).

Tabla 6.6 Razón de las producciones totales (R) y per cápita (K) de papa en el futuro con relación a las del período 1961-1990 en Sierra de Cubitas, considerando el efecto de fertilización por CO<sub>2</sub>, un incremento de la población del 0.8% anual y una eficiencia tecnológica igual a la del período 1961-1990.

	1961-1990	2010	2030	2050	2100
R	1.0	0.91	0.79	0.70	0.49
K	1.0	0.71	0.55	0.44	0.25

### ***La biomasa aérea de los pastos***

El impacto del cambio climático sobre los pastizales fue realizado empleando el modelo biofísico de pastizal/rebaño SPUR 2.2. Para ello se tomaron en cuenta un escenario climático derivado de los resultados del modelo HADCM2, considerando el escenario de emisiones IS92a y una sensibilidad climática media (Rivero, 2000).

Los resultados obtenidos de este análisis mostraron que para un aumento de 2.5°C en la temperatura, acompañado de una reducción de las precipitaciones de un 15%, se produce una reducción general de la biomasa aérea de los pastizales entre un 5% a un 15% con relación al período 1961-1990 aun en presencia del efecto por fertilización del CO<sub>2</sub>. Además, se pudo concluir que el aumento de la carga unitaria de explotación de los pastizales desde 1 hasta 10 reses/ha, conduciría a un rápido proceso de pérdida de la materia orgánica del suelo y de la diversidad biológica, con un incremento de los pastos tropicales con ciclo fotosintético C4.

### ***Plagas y enfermedades***

En el caso de las plagas y enfermedades, las condiciones climáticas proyectadas traerían como consecuencia la modificación sustancial del comportamiento de importantes plagas y enfermedades de los cultivos. Enfermedades como el tizón tardío de la papa y el moho azul del tabaco, las cuales han sido muy dañinas en la región occidental del país, disminuirían su importancia, aunque podrían ser sustituidas por otras mejor adaptadas como el tizón temprano de la papa. Las afectaciones del Thrips Tabacci en el ajo podrían incrementar (Figura 6.5), ocurriendo lo mismo con otras plagas que resultan prácticamente incontrolables en períodos de intensa sequía.

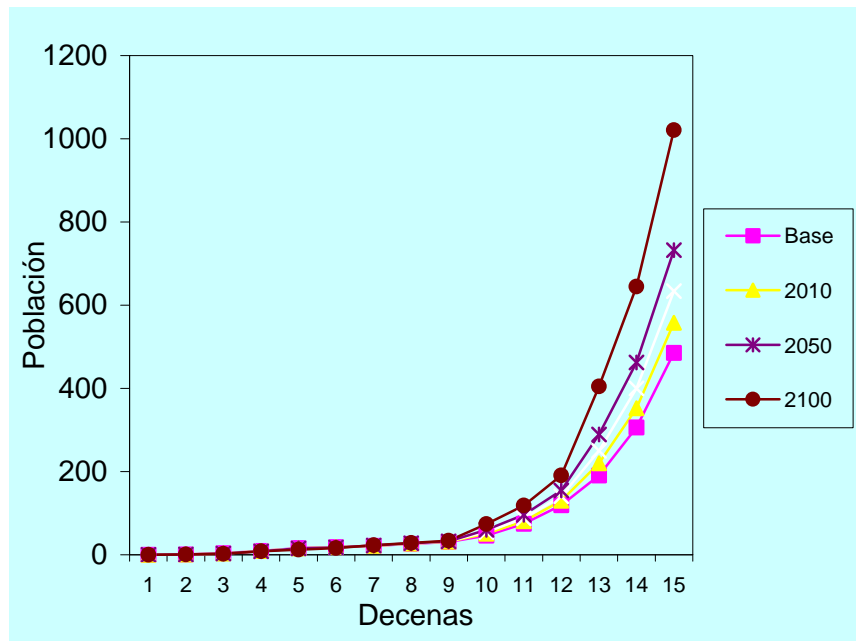


Figura 6.5 Comparación de la población de los thrips en ajo entre el clima base y las proyecciones para diferentes años del siglo XXI.

### Bosques y plantaciones forestales

Para los bosques y las plantaciones forestales se evaluó el impacto negativo que tendría la evolución de los paisajes cubanos hacia ecosistemas más áridos y más susceptibles a los procesos de desertificación. Esto produciría la disminución generalizada de la densidad potencial de biomasa y de la producción primaria neta, especialmente en la región oriental del país. El efecto combinado del aumento de la aridez y del ascenso del nivel del mar producirá un impacto notable sobre las formaciones boscosas de mangle y los bosques semicaducifolios. Un ejemplo del impacto del incremento del nivel del mar sobre las formaciones de mangle en la Empresa Forestal Guanacabibes, ubicada en el extremo occidental de Cuba aparece en la Tabla 6.7.

Tabla 6.7 Impacto del aumento del nivel del mar sobre los manglares en la Empresa Forestal Guanacabibes. Leyenda: \* Referidos al área total de manglares; \*\* Referidos al área afectada.

Año	Área afectada		Área no recuperable	
	(ha)	(%)*	(ha)	(%)**
2010	1 220.5	5.6	498.0	40.8
2030	1 551.6	7.1	665.8	42.9
2050	3 631.2	16.6	957.2	26.4
2100	4 720.3	21.6	2 572.6	54.5
Total	11 123.6	50.9	4 693.6	42.2

### 6.3.4 Asentamientos humanos y uso de la tierra

La evaluación en los asentamientos humanos y el uso de la tierra permitió identificar los impactos del cambio climático sobre las formas de asentamiento y las migraciones de la población, la urbanización, el uso de la tierra y el desarrollo económico de los territorios.

La estabilidad actual y perspectiva del sistema de asentamientos humanos del país, indica que los cambios climáticos incidirán de forma significativa sobre 185 asentamientos poblacionales de los cuales 98 se localizan en las costas, 56 en zonas con ambiente seco severo y 31 en ciudades. Sin dudas los 245 asentamientos costeros existentes que concentran el 10% de la población del país, son vulnerables en mayor o menor medida al peligro por inundaciones costeras, destacándose los 98 que se localizan total o parcialmente por debajo de la cota de 1m de altura (Figura 6.6).

Se pudo determinar que un incremento del nivel del mar de 1m afectaría el 3.5% del área total del país, que incluye 3 200 ha de cultivos y 374 096 ha de pastos y forestales, con un predominio de la formación manglar. Esto último podría provocar serias afectaciones en las costas debido a su carácter protector.

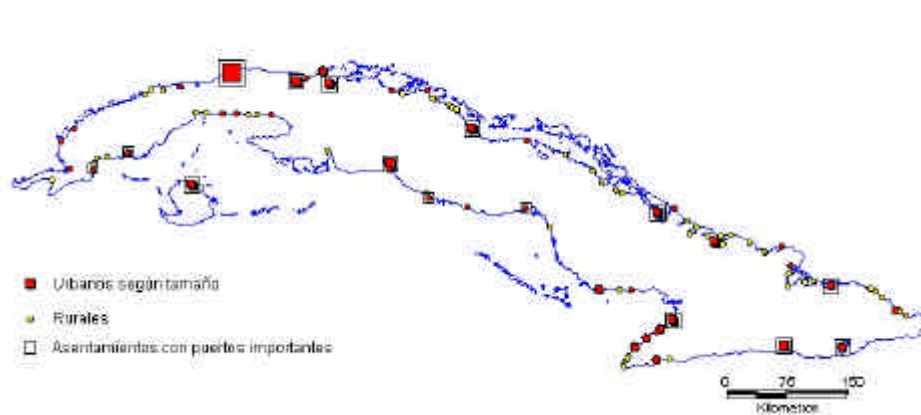


Figura 6.6 Mapa de asentamientos costeros total o parcialmente inundables. Escenario de ascenso del nivel del mar 1m.

Las provincias orientales presentan una alta vulnerabilidad ante la variabilidad y el cambio climático. El predominio de ecosistemas de montaña y de ambiente seco (Figura 6.7) pudiera reforzar el éxodo de la población hacia territorios más atractivos. Esto incrementará también la vulnerabilidad de los territorios receptores, si el fenómeno migratorio no es debidamente regulado y organizado.



Figura 6.7 Localización de municipios considerados altos emisores de población en ecosistemas frágiles

### 6.3.5 Biodiversidad y vida silvestre

La evaluación de los impactos del cambio climático en este sector se dirigió a identificar las regiones con recursos valiosos de la biodiversidad que serían más susceptibles a las nuevas condiciones climáticas.

Del análisis realizado se puede afirmar que los impactos relacionados con el ascenso del nivel del mar serían los más importantes, debido a la elevada fragilidad de la biodiversidad de los ecosistemas costeros cubanos. Se estimó que un 14% del área boscosa de Cuba podría ser afectada, incluyendo a buena parte de la vida animal y vegetal a ella asociados.

Se determinó que, de acuerdo con las proyecciones de los modelos HADCM2 y OSU, los distritos fitogeográficos que resultarán afectados se encuentran ubicados en regiones de las provincias orientales que están comprendidas dentro de zonas ecológicamente sensibles (Figura 6.8). Debe notarse, sin embargo, que la extensión de esas zonas es limitada y que en general, bajo los escenarios climáticos considerados, solo se detectaron cambios pequeños en las condiciones futuras de otros distritos.

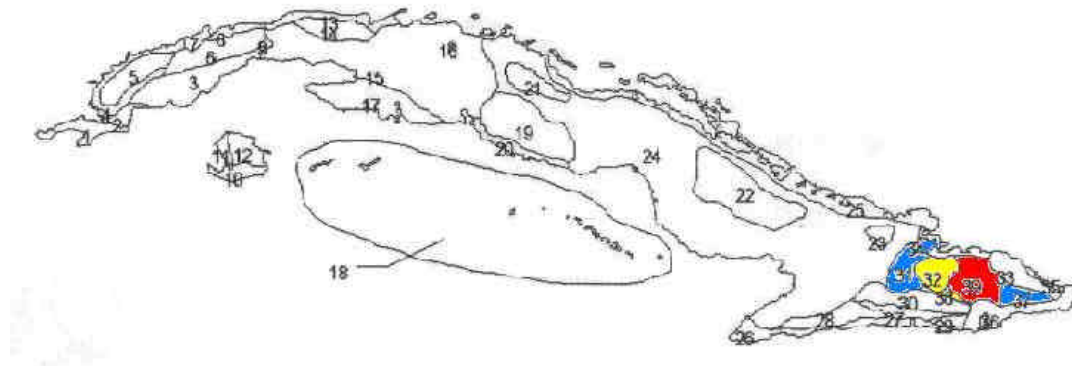


Figura 6.8 Distritos fitogeográficos afectados por el cambio climático.

### 6.3.6 Salud Humana

En la evaluación de los impactos del cambio climático sobre la salud humana se estudiaron seis enfermedades de alta morbilidad en Cuba. Estas son: las infecciones respiratorias agudas (IRA), el asma bronquial (AB), la hepatitis viral (HV), la enfermedad meningocócica (EM), la varicela (V) y las enfermedades diarreicas agudas (EDA).

La metodología empleada en esta evaluación permitió estudiar el efecto conjunto de los cambios en las condiciones climáticas medias y la variabilidad climática. Esta metodología se sustenta en el uso de modelos empírico-estadísticos, considerando la influencia de las condiciones climáticas, que se describen a través de índices complejos, producto de la combinación lineal de las variables meteorológicas involucradas en la marcha de las enfermedades. Para las IRA y las HV se han propuesto modelos multiplicativos estacionales con variable exógena; mientras que para las EDA se usó un proceso autorregresivo con varianza no constante (ARCH), también con variable exógena. En todos los casos la variable exógena es el índice climático complejo (Ortiz et al, 1998b), modelado mediante un proceso autorregresivo estacional.

Para poder evaluar los impactos del cambio climático sobre la salud humana no es suficiente estimar los cambios futuros en las condiciones climáticas medias. Los resultados de investigaciones realizadas en Cuba (Guevara *et al*, 1996 y Ortiz *et al*, 1998a) muestran que la variabilidad afecta el comportamiento de las enfermedades que se estudian. Es por ello, que resultó necesario analizar los efectos del cambio en las condiciones medias, conjuntamente con

los de la variabilidad, obteniendo así resultados más plausibles. Para la inclusión de la variabilidad climática se utilizó la información extraída del análisis realizado con el período 1991-1998 y la misma se incluyó de forma multiplicativa en los modelos desarrollados para evaluar el impacto del cambio climático.

Los principales resultados muestran que los impactos futuros producirán un incremento en la afectación de todas las enfermedades con la excepción del asma bronquial. Fue posible determinar que algunas de las tendencias y variaciones estacionales, que se prevén en las enfermedades como consecuencia del cambio climático futuro, ya se están manifestando. Estos resultados, pueden apreciarse a manera de ejemplo en la Figura 6.9.

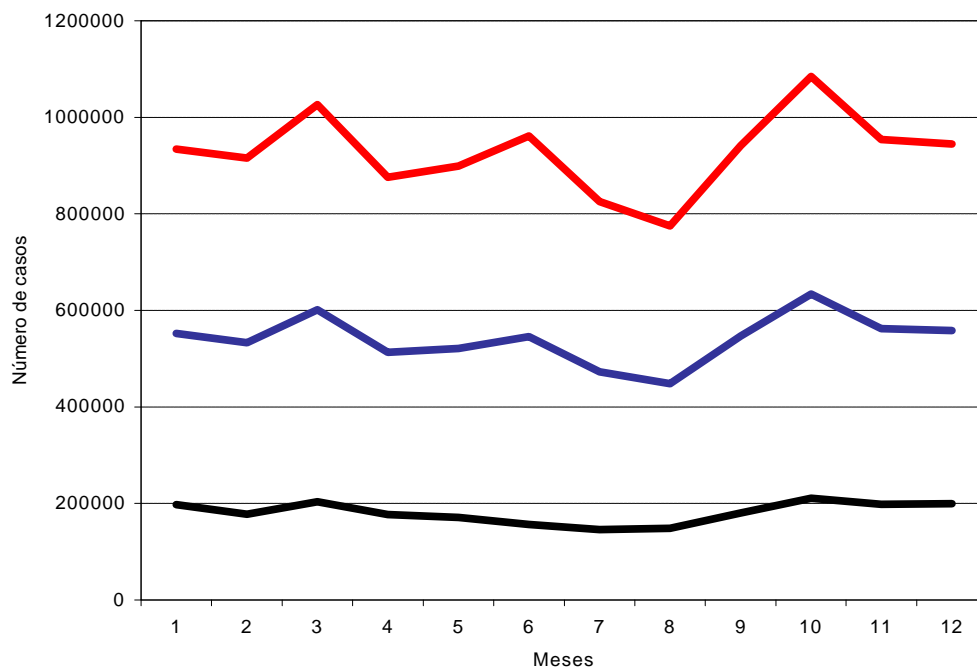


Figura 6.9 Patrón epidemiológico de las Infecciones Respiratorias Agudas (IRA) para el 2010 considerando el escenario de emisiones IS92a y una sensibilidad climática media. Línea negra período 1961-1990, línea azul período 1991-1998, línea roja año 2010.

Una valoración preliminar de los efectos económicos asociados a los aumentos proyectados en la afectación de las enfermedades, muestran la posible duplicación de los costos relacionados con la atención médica (Tabla 6.8).

Una fuente importante de incertidumbres asociadas a las proyecciones realizadas, es su dependencia a los futuros factores de riesgo (grupo étnico, grado de urbanización e importancia del asentamiento poblacional, entre otros), los cuales pueden atenuar o agravar la magnitud de dichas proyecciones. En efecto, las múltiples causas que regulan las características de los factores de riesgo son prácticamente imposibles de predecir.

Tabla 6.8 Costos estimados del impacto climático en las entidades que aumentan su tendencia (IRA, EDA, HV, V, EM) para el año 2010.

Entidad	Casos incrementados (CI)	Casos Hospitalizados	Costos de los CI	Costos Hospitalizados	Costo Total
IRA	329 976	98 993	43 707 021	33 775 421.87	77 477 442.87
EDA	136 423	40 927	18 067 862	7 994 680.18	26 062 542.18
HV	10 860	3 258	1 438 298	1 937 109.06	3 375 407.06
V*	19 200	-	2 542 848	-	2 542 848.00
EM **	3 196	3 196	-	2 556 800.00	2 556 800.00
EM***	11 523	11 523	-	9 218 400.00	9 218 400.00
<b>Gran total</b>					<b>121 233 40.11</b>

Leyenda: \* Los casos no requieren de hospitalización, \*\* Todos los casos se hospitalizan (incrementos sin epidemia), \*\*\* Todos los casos se hospitalizan (incrementos con epidemia).

## 6.4 Opciones de Adaptación

Como los resultados de cualquier acción encaminada a mitigar el cambio climático tendrían lugar en una escala temporal igual o superior a la de los impactos evaluados, la estrategia de adaptación anticipada se reafirma como una de las mejores opciones. En tal sentido, la estrategia de adaptación general en Cuba deberá garantizar:

1. El uso racional y protección de los recursos hídricos;
2. La conservación y protección de las playas y áreas de manglares;
3. El perfeccionamiento de la agricultura cubana y la conservación y protección de los recursos forestales
4. El adecuado empleo del ordenamiento territorial en el sistema de asentamientos humanos y uso de la tierra.
5. La protección de la biodiversidad y la vida silvestre; y
6. El perfeccionamiento del sistema de salud cubano.

Las líneas estratégicas mencionadas pueden ser cubiertas mediante un conjunto amplio de opciones de adaptación. A continuación se presenta un listado no detallado de las opciones más relevantes que fueron identificadas para cada uno de los sectores estudiados en el estudio de país. En algunos casos, para formular las opciones de adaptación, fue necesario responder preguntas claves como: ¿Cuáles opciones son técnicamente posibles?, ¿Cuáles son económicamente beneficiosas?, ¿Cuáles son social o legalmente aceptables?, ¿Cuáles son, desde el punto de vista ambiental, válidas o sostenibles? y ¿Cuáles son sus vínculos espaciales o regionales? Esto permitió determinar cuáles podrían ser las principales restricciones para implementar las opciones de adaptación propuestas.



<b>OPCIONES</b>	<b>DESCRIPCION</b>
<b>RECURSOS HIDRICOS</b>	
Construcción de presas y otras obras hidráulicas.	Se orienta a garantizar volúmenes adicionales y luchar contra las inundaciones mediante la construcción de presas y otras obras, incluyendo pozos para la recarga al manto subterráneo y la construcción de diques o barreras contra la intrusión marina.
Modificaciones en el diseño y forma de explotación de los pozos.	Construcción de pozos de bombeo poco profundos, trincheras u otras alternativas, para suplir las extracciones en lugares no adecuados; Cambio de bombas de pozos profundos por bombas horizontales o elevación de los impelentes en los pozos de bombeo de los lugares costeros para evitar la salinización de las fuentes; Reubicación de los pozos de las zonas más bajas de los acuíferos costeros, a no menos de 2-3 km de distancia de las costas, considerando que la influencia directa del ascenso del mar debe llegar hasta 1.5 km de la costa; Reubicar hacia zonas más altas, en la medida que sea posible, los pozos de las zonas costeras que han presentado elevación de los niveles de salinidad, aún en forma admisible, pero que tendrán valores superiores en el futuro.
Establecimiento de regulaciones en el consumo del recurso e introducción de tecnologías que garanticen su uso racional.	El establecimiento de medidas reguladoras puede contribuir de manera significativa al ahorro y uso eficiente del recurso y deben estar acompañadas por la introducción de tecnologías dirigidas a lograr dicho propósito en diferentes sectores socio económicos. Este tipo de opción debería favorecer el proceso de cambio de los patrones de consumo existentes en la actualidad. Las experiencias alcanzadas en el sector energético pueden servir de referencia de lo que se puede lograr con este tipo de acciones.

<b>OPCIONES</b>	<b>DESCRIPCION</b>
<b>ZONAS COSTERAS</b>	
Desarrollar programas integrados de manejo costero para todos los sectores de nuestra Zona Costera.	Reducir la densidad demográfica en las zonas bajas y en las partes bajas de las cuencas hidrográficas. Desarrollar concepciones constructivas en la infraestructura, adaptadas a las inundaciones temporales para las zonas bajas. Limitar la construcción de áreas residenciales, fábricas u hoteles en las zonas costeras bajas con perspectivas de uso mayores que 50 años
Potenciar el desarrollo de la acuicultura.	Pretende disminuir la presión que actualmente sufren los ecosistemas arrecifales por parte de las actividades pesqueras.
Desarrollar la regeneración de las playas sobre la base de “soluciones blandas”.	Ya existe el antecedente de la recuperación y protección de la playa de Varadero por medio de vertimiento artificial de arena.
<b>AGRICULTURA Y SILVICULTURA</b>	
Regionalización de cultivos agrícolas.	La regionalización de cultivos, que incluya las particularidades climáticas actuales y perspectivas de las diferentes regiones del país, es una opción provechosa, aun en ausencia de cambio climático. Tal regionalización tendría que ser seguida por las acciones concretas que adapten el sistema agrícola actual a estas condiciones. Esta opción, sin embargo, debe considerar otros factores como son el suelo, el área disponible para los cultivos y la infraestructura socioeconómica. También puede implicar cambios en la política de exportación/importación de alimentos y en los hábitos de consumo de la población. Debe estar acompañada de una sólida estrategia de educación y sensibilización.

OPCIONES	DESCRIPCION
Selección e introducción de variedades agrícolas.	Desarrollo de variedades de cultivos agrícolas más resistentes a condiciones climáticas más extremas y niveles de CO <sub>2</sub> superiores. El desarrollo alcanzado por la biotecnología en Cuba favorece este tipo de opción. Dado que el potencial genético de una especie puede no contener los componentes necesarios para obtener las variedades resistentes, sería necesario crear variedades transgénicas.
Perfeccionar la disciplina tecnológica	La elevación de la disciplina tecnológica en la producción agrícola requiere un programa de capacitación y educación. Con ello se podría lograr el hecho, aparentemente contradictorio, de aumentar los rendimientos reales de los cultivos, a pesar de la disminución progresiva de sus rendimientos potenciales, de regadío y de secano, a consecuencia del cambio climático. Esta opción posee mayores perspectivas de éxito si se realiza a través de paquetes tecnológicos que abarquen desde la selección de la semilla y la preparación de la tierra hasta la recolección, transporte y almacenamiento del producto final.
Mantenimiento y perfeccionamiento del sistema de vigilancia de la sanidad vegetal y animal.	Mantener y perfeccionar el sistema de vigilancia de los agentes nocivos y sus enemigos naturales en los agroecosistemas. Búsqueda de nuevos entomopatógenos capaces de conservar su viabilidad y virulencia.
Reforzar el desarrollo del programa de reforestación.	El programa de reforestación debe considerar métodos avanzados de reforestación sucesional y la inclusión de especies adaptadas a sitios secos, priorizando la plantación de bosques protectores de las zonas costeras, embalses y cuencas hidrológicas. Repoblar las zonas de manglar en todos los sitios afectados por la deforestación y promover la reforestación de las zonas costeras.
Aprovechamiento planificado de los recursos forestales en peligro.	El proceso de adaptación de los recursos forestales ante el impacto del ascenso del nivel del mar podría incluir la planificación del aprovechamiento total de los recursos en aquellas áreas donde las pérdidas sean irremediables.

OPCIONES	DESCRIPCION
<b>ASENTAMIENTOS HUMANOS Y USO DE LA TIERRA</b>	
Utilizar el ordenamiento territorial como vía para reducir la vulnerabilidad social.	El ordenamiento permite la regulación y el control del uso y transformación de los territorios, evitando que la vulnerabilidad de los mismos se incremente como consecuencia de acciones inadecuadas. El control del uso de la tierra y la implementación de las regulaciones que le acompañan, son las medidas más económicas y eficaces, pues parten de la identificación diferenciada del peligro por zonas del país, preservan la integridad del espacio y consideran las actividades que se asimilarían en cada territorio. El proceso de adaptación incluye medidas educativas, organizativas y estructurales, así como leyes, normas, lineamientos y regulaciones para edificaciones, obras de infraestructura e inversiones.
Aminorar el éxodo de la población de la zona montañosa hacia la llanura costera con ambiente seco severo.	Reorganizar y concentrar a la población en asentamientos consolidados y de mejores condiciones de vida. Readequar, mediante la revisión y reformulación del uso de la tierra, las actividades básicas permisibles a desarrollar, que incluyen tanto el desarrollo agrícola, pecuario y forestal de los territorios y el interés ecológico de los mismos, así como la determinación de una política de asentamiento de la población en ecosistemas con condiciones extremas de sequedad, los cuales están necesitados de un nuevo equilibrio para satisfacer las necesidades básicas de su población.
Mejorar el acceso a los asentamientos.	La construcción de vías de acceso es una acción básica para garantizar el desarrollo de un territorio y resulta imprescindible en la evacuación de la población en caso de desastre.
Mejorar el tipo, estado y diseño de las instalaciones en zonas costeras.	Lograr la solidez de las estructuras, y cuando se requiera, realizar la construcción en terrazas o sobre pilotes para evitar el debilitamiento de la cimentación, el deterioro y destrucción de las paredes y techos. También se puede incluir la creación de áticos para el resguardo de los bienes dentro de las viviendas.

<b>OPCIONES</b>	<b>DESCRIPCION</b>
Crear un programa de infraestructura urbana para los asentamientos costeros.	Debe contemplarse la restauración, conservación y mantenimiento de las redes de acueducto, alcantarillado y drenaje pluvial existentes. Se debe poner especial atención a la creación o completamiento de la red de alcantarillado en los asentamientos costeros.
Continuar con la implementación y aplicación de medidas que regulen el movimiento migratorio.	Esta opción incluye el mejoramiento de las condiciones de vida de la población de los municipios que son altos emisores, favoreciendo la reducción de la vulnerabilidad social de los mismos. También considera la aplicación de las regulaciones que limiten el incremento de la población en las principales ciudades, como vía para evitar el incremento de la vulnerabilidad de las mismas.
<b>BIODIVERSIDAD</b>	
Incrementar el número de áreas protegidas e implementar una estrategia conservacionista.	En este sentido se propone dar atención prioritaria y manejo adecuado a las áreas que, según los resultados de la evaluación de impactos, serían mayormente afectadas por el cambio climático.
Creación de zonas costeras protegidas	Zonas costeras con categorías restrictivas de uso para proteger de forma más efectiva a los ecosistemas marinos.
<b>SALUD HUMANA</b>	
Fortalecer el sistema de atención primaria de la salud pública..	Las experiencias del sistema de salud en Cuba han demostrado que la atención primaria facilita la implementación de medidas integrales de carácter preventivo, las cuales reducen la vulnerabilidad de la población al considerar las múltiples causas que ocasionan los problemas de salud. Aunque las principales inversiones que se requieren en esta dirección ya están realizadas, se requiere de fondos adicionales para cubrir los costos asociados al impacto del cambio climático.

OPCIONES	DESCRIPCION
Perfeccionar el sistema de vigilancia epidemiológica.	Perfeccionar la vigilancia epidemiológica es fundamental para identificar oportunamente los riesgos y cambios de las enfermedades. La incorporación de la vigilancia de enfermedades no transmisibles y sus factores de riesgo, así como de agentes circulantes y sus características genóticas, facilitaría la predicción de epidemias y de posibles cambios en las cepas circulantes. Estos pronósticos y la posible identificación de nuevos problemas de salud, permitirán la adopción de acciones que minimicen el impacto del cambio climático.
Educar y transferir tecnologías y asistencia financiera	Establecer un programa educativo que incremente la comprensión de las relaciones del clima y la salud, propiciando, además, el aumento de las investigaciones en esta línea. Para ello, se deben incluir estos programas en los planes de estudios básicos y universitarios. La transferencia de tecnologías que permitan realizar estudios biológicos y microbiológicos, es imprescindible para continuar perfeccionando el conocimiento existente sobre las relaciones entre el clima y los múltiples factores que intervienen en la salud de la población.
Continuar fortaleciendo los programas de vacunación para los grupos de alto riesgo para diferentes enfermedades inmunoprevenibles.	Teniendo en cuenta que la prevención es el objetivo fundamental de la estrategia de salud cubana, se sugiere: priorizar el programa de vacunación antigripal para los grupos de riesgo en las IRA; realizar la inversión necesaria para adquirir o producir en Cuba la vacuna contra la varicela; continuar trabajando en el programa de inmunización contra el <i>Haemophilus influenzae</i> para lograr su control exitoso; y mantener el programa de inmunización antimeningocócica.
Reforzar las medidas higiénico sanitarias en los asentamientos humanos.	El cambio climático puede propiciar el desarrollo y propagación de algunos microorganismos y vectores. Así, es necesario adoptar medidas que incrementen la higiene comunal, mediante un programa que refuerce la cloración del agua, el saneamiento ambiental, la conservación y manipulación de alimentos y el control de vectores para reducir la transmisión de enfermedades.

## 6.5 Conclusiones

En concordancia con los escenarios climáticos adoptados, los impactos del cambio climático sobre los sectores seleccionados podrían ser notables. El hecho de que Cuba sea un archipiélago, hace que los impactos asociados con el ascenso del nivel del mar puedan clasificarse como los más importantes.

Las proyecciones climáticas consideradas muestran, además, la posible intensificación y extensión espacial de la aridez, así como una mayor frecuencia de los procesos de sequía. En tales circunstancias, la disminución de los recursos hídricos potenciales será notable, lo cual afectaría sensiblemente la relación disponibilidad - demanda - entrega de agua y como consecuencia afectaría todos los usos del recurso, en especial la producción de alimentos y el consumo humano.

El incremento de la aridez tendrá un peso muy importante en la reducción de las áreas boscosas del país y por ende en la pérdida de la biodiversidad a ellas asociada. Lo anterior podría imponer la necesidad de realizar cambios sustanciales en el uso de la tierra, cuya superficie se verá reducida ante el incremento del nivel del mar.

Recursos naturales de gran importancia económica y social, incrementarían su vulnerabilidad ante la afectación de eventos meteorológicos extremos a causa del ascenso del nivel del mar. También podrían verse afectados los recursos bióticos marinos, los que al reducirse, limitarían su empleo en la alimentación de la población. Este hecho sería grave ante una situación de reducción de los rendimientos agrícolas a causa de condiciones climáticas adversas.

Un número importante de asentamientos humanos incrementarían su vulnerabilidad como resultado de la elevación del nivel del mar. Así, una mayor cantidad de habitantes se encontraría bajo el peligro de las inundaciones por penetración del mar.

Los resultados de la evaluación mostraron que los asentamientos humanos ubicados en la región oriental del país pueden ser seriamente afectados. De esta forma, los impactos del cambio climático podrían estimular el éxodo de sus habitantes hacia zonas con mejores condiciones. Este proceso migratorio podría incrementar la vulnerabilidad de las regiones receptoras, haciendo que los impactos sean más notables.

No resulta paradójico que muchas de las opciones de adaptación anteriores estén consideradas dentro de las estrategias nacionales de conservación y protección de los recursos naturales, así como en las legislaciones vigentes al respecto. De hecho, el cambio climático es uno, pero no el único, de los problemas asociados al medio ambiente. Su papel no debe ser exagerado y mucho menos ignorado. La notable importancia que el estado cubano ha dado a la protección del medio ambiente facilita que muchas de las medidas propuestas dentro de cada sector, puedan ser adoptadas e implementadas de modo racional y planificado.

Por otra parte la voluntad del estado cubano por asegurar el bienestar y la protección de la población, ha potenciado el desarrollo de un importante número de instituciones involucradas directa o indirectamente en la adaptación al cambio climático.

Debe notarse que la complejidad del tema tratado exige la continuación de las investigaciones. Para ello, se podrá hacer uso de la experiencia acumulada y de nuevos métodos de análisis y evidencias científicas sobre las características del cambio climático. En este sentido resulta estratégico el desarrollo de acciones dirigidas a:

- Fortalecer los sistemas de observación de los diferentes componentes del medio ambiente, en especial, aquellos que se relacionan con las variables climáticas, hidrológicas y oceanológicas.
- Desarrollar nuevas investigaciones para evaluar el impacto de la variabilidad natural del clima. El mayor conocimiento de los diferentes modos de variación del clima y la creación de sistemas de predicción climática a diferentes plazos temporales, son elementos imprescindibles para poder elaborar estrategias de adaptación anticipada más precisas en cada sector.
- Continuar desarrollando las investigaciones relacionadas con el impacto del cambio climático, utilizando las nuevas evidencias científicas sobre sus características y empleando métodos más sofisticados de análisis que posibiliten realizar evaluaciones más integrales.



## Capítulo 7. Observación Sistemática e Investigación

### 7.1 Introducción

El proceso de fortalecimiento de las instituciones cubanas relacionadas con la investigación, vigilancia y control del medio ambiente, constituye un paso decisivo en el desarrollo alcanzado en Cuba en materia de observación e investigación. Esto pone de manifiesto la voluntad del estado cubano en el perfeccionamiento de esta importante componente para garantizar el desarrollo del país y la elevación del bienestar de la población.

Dentro de las atribuciones y funciones del CITMA están: "*Dirigir, evaluar y controlar la vigilancia meteorológica, del clima, de la composición general de la atmósfera ...*".

Para garantizar el cumplimiento de esas funciones, el Instituto de Meteorología de Cuba (INSMET), perteneciente a la Agencia de Medio Ambiente (AMA) del CITMA, en conformidad con la Resolución 106/99 de la Ministra del CITMA, tiene dentro de sus atribuciones y funciones generales: *La responsabilidad de operar los Sistemas de Vigilancia Meteorológica, del Clima y de la Contaminación de la Atmósfera así como llevar a cabo investigaciones que se dirigirán en lo fundamental a: el perfeccionamiento de la predicción meteorológica y climática, especialmente de los fenómenos que constituyen un peligro para la vida humana, los bienes materiales y la economía nacional; la climatología, la variabilidad del clima y el cambio climático; el control de la calidad y conservación del medio ambiente atmosférico; la meteorología marina, la contaminación marina y los procesos océano - atmósfera; la meteorología agrícola; la física de la atmósfera; la teledetección por satélites y la meteorología por radar; la radiación y los procesos energéticos de la atmósfera; y otros temas que resulten de interés y aplicación para el desarrollo de la especialidad en general*".

Otras instituciones pertenecientes al CITMA también cuentan con funciones relativas a la vigilancia y la investigación de otros componentes del sistema climático. Esto garantiza la posibilidad de integrar las actividades de observación e investigación de forma coordinada, facilitando el uso racional de los recursos y el desarrollo de las capacidades para hacer frente a problemas más complejos.

### 7.2 Observación del clima y de la composición química del aire

La observación del clima en Cuba se inició en fecha tan temprana como el año 1857, cuando la Compañía de Jesús fundó en La Habana el Observatorio Meteorológico del Colegio de Belén, en el cual se realizaron observaciones meteorológicas ininterrumpidamente hasta el año 1962. La labor de este Observatorio adquirió más importancia a partir del año 1870 cuando se iniciaron

estudios profundos sobre los huracanes y se organiza el trabajo regular, estableciéndose una red de estaciones meteorológicas que intercambiaban la información por cable y telégrafo.

Por Real Orden de la Corona Española del 8 de Diciembre de 1860, se autorizó la fundación de un Observatorio Meteorológico en la Isla de Cuba. El 25 de Noviembre de 1861 quedó oficialmente constituido el Observatorio Físico-Meteorológico de La Habana. A fines de 1889, por una Real Orden del Ministerio de Marina de España, se crea la Oficina Central para el Servicio Meteorológico en la Comandancia General del Apostadero Naval, en La Habana, con algunas estaciones en las costas de Cuba y Puerto Rico. En 1899, con el comienzo de la intervención de los Estados Unidos, el Weather Bureau de dicho país estableció en La Habana una Oficina de Control Meteorológico, de carácter central, y dos estaciones del mismo servicio en Cienfuegos y Camagüey.

En 1906 los servicios del Weather Bureau se retiran de Cuba y comienza a funcionar el Servicio Climatológico y de Cosechas, el que después toma el nombre de Estación Central Meteorológica, Climatológica y de Cosechas. En mayo de 1908 esta institución adopta el nombre de Observatorio Nacional y se adscribe a la Secretaría de Agricultura. El Observatorio Nacional pasó a la Marina de Guerra en 1942 y se mantiene en ella hasta el año 1965 en que es transferido a la Comisión Nacional de la Academia de Ciencias el 24 de agosto de 1965

El nuevo Instituto de Meteorología (INSMET), creado el 2 de septiembre de 1965 producto de la fusión del Departamento de Meteorología de la Comisión Nacional de la Academia de Ciencias y el Observatorio Nacional, adquirió la responsabilidad de operar el Servicio Meteorológico y ser a la vez el centro organizador, orientador y realizador de las investigaciones meteorológicas en el país. En el propio año 1965 y como resultado de las decisiones adoptadas por el Gobierno de Cuba a raíz de la afectación del Huracán Flora, se produce un significativo fortalecimiento del Sistema Hidrológico y Meteorológico Nacional.

Para garantizar la operación de los Sistemas de Vigilancia Meteorológica, del Clima y de la Contaminación de la Atmósfera el INSMET cuenta con una Red de 75 Estaciones Meteorológicas y 11 Estaciones de Control de la Calidad de la Lluvia y del Aire a lo largo y ancho del Archipiélago Cubano (Figuras 7.1 y 7.2). Estos sistemas se apoyan con la información suministrada por las estaciones de observación meteorológica operadas por el Instituto de Aeronáutica Civil de Cuba (IACC) en los Aeropuertos del país, así como las estaciones meteorológicas, hidrológicas y pluviométricas que operan el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH), el Ministerio del Azúcar (MINAZ) y el Ministerio de la Agricultura (MINAGRI). El INSMET opera un observatorio para la medición de ozono estratosférico desde el año 1982, empleando ozonómetros de filtro M-83 y M-124, así como una Estación Lidar para la medición de aerosoles estratosféricos ubicada en la ciudad de Camagüey desde el año 1988. Las mediciones que se efectúan en ambas localidades permiten obtener información de gran calidad contribuyendo a los sistemas de intercambio mundial de información de ozono y de aerosoles estratosféricos.

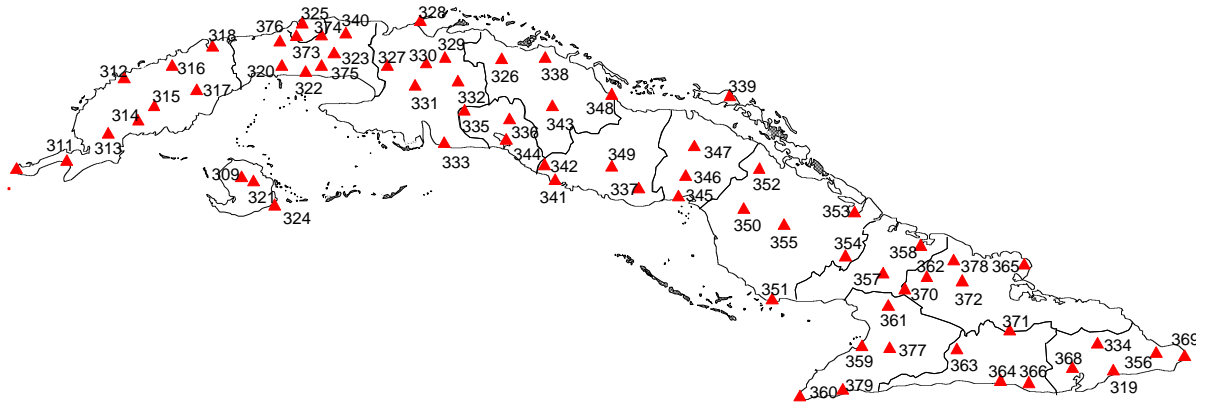


Figura 7.1 Red Nacional de Estaciones Meteorológicas.

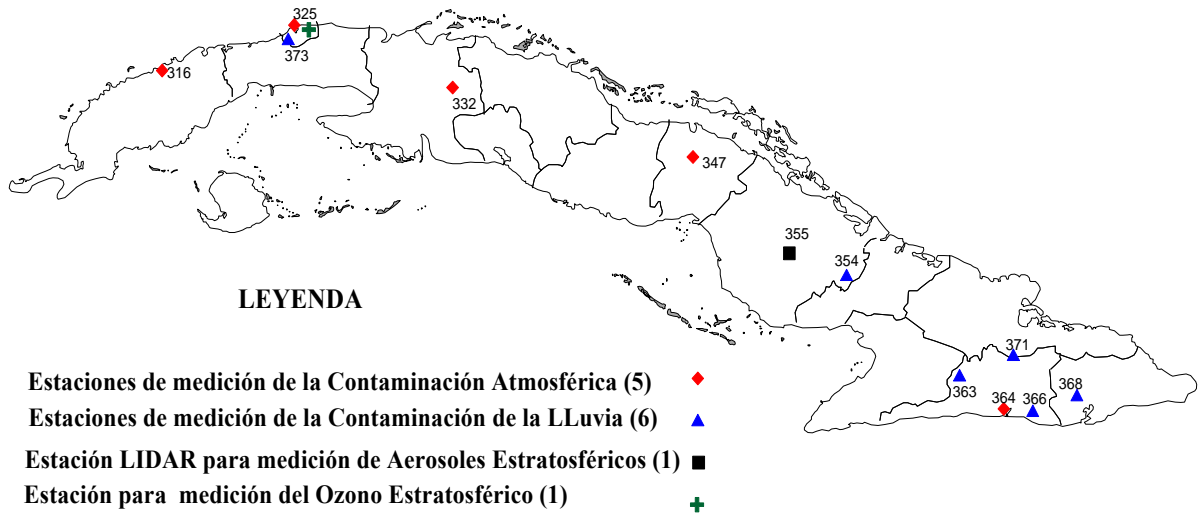


Fig. 7.2 Red de Estaciones de medición de la Contaminación Atmosférica y de la lluvia, Ozono estratosféricos y Lidar para medición de aerosoles estratosféricos.

Desde el año 1965 y hasta el 1989 el Instituto de Oceanología operó una red de una docena de mareógrafos, que actualmente es administrada por el Grupo Empresarial Geocuba, éste grupo administra a su vez la Red de Faros del país que también realizan observaciones meteorológicas y sobre el estado del mar en diversos puntos del Archipiélago Cubano. Observaciones sobre la temperatura del mar y la circulación oceánica en el Golfo de México y el Mar Caribe Occidental, son realizadas por el Instituto de Oceanología, en cruceros cuasipermanentes. Otra contribución al Sistema Nacional de Observaciones Meteorológicas la hacen los buques seleccionados de la Flota Cubana, que brindan información meteorológica sistemáticamente durante sus travesías.

### **7.2.1 Centros y bases de datos**

El INSMET administra la base de datos meteorológicos del país, incluyendo en su patrimonio las observaciones meteorológicas realizadas en el Observatorio del Colegio de Belén desde mediados del Siglo XIX. En esta institución existe un archivo de mapas del tiempo originales que datan desde el año 1916. La conservación de esta valiosa información ha posibilitado la realización de importantes investigaciones sobre el comportamiento del clima y su variabilidad en Cuba.

El Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos es la entidad que administra toda la información pluviométrica de Cuba, para ello ha creado una base de datos en soportes magnéticos al nivel nacional.

### **7.2.2 Contribución a los sistemas internacionales de monitoreo del clima y la composición de la atmósfera.**

La República de Cuba, por medio de sus redes de observaciones hidrometeorológicas contribuye a los principales sistemas de recopilación de datos de la OMM, como son la Vigilancia Meteorológica Mundial (VMM), la Vigilancia de la Atmósfera Global (VAG). También existe la contribución a las actividades del Sistema Mundial de Observación del Clima y el Sistema Mundial de Observación de los Océanos, por medio de las observaciones sistemáticas de los barcos de la flota cubana que brindan información meteorológica.

El Control de la Contaminación Atmosférica sobre bases metodológicas unificadas, permite la dirección y coordinación de las actividades que en esta especialidad se acometen en el país. También garantiza una efectiva participación de Cuba en sistemas tales como el de Vigilancia de la Atmósfera Global (VAG) de la Organización Meteorológica Mundial, el Sistema Mundial de Vigilancia del Medio Ambiente (SIMUVIMA) del Programa de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente (PNUMA), el Proyecto Internacional de la Química Atmosférica Mundial del Programa Internacional Geosfera - Biosfera (PIGB) y el programa de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para los asentamientos poblacionales. Así mismo, es posible la ejecución de las actividades de monitoreo comprometidas por el país como parte de convenios, protocolos y otros instrumentos vinculados con la protección de la atmósfera.

La vigilancia de la contaminación atmosférica abarca el control de los niveles regional y global de la composición de la atmósfera, de acuerdo a los programas y criterios de la Red Mundial de Monitoreo del Fondo de la Contaminación Atmosférica (BAPMoN) de la OMM. También considera el control de los principales gases trazas (compuestos de nitrógeno, azufre y carbono) que influyen sobre la salud, los ecosistemas terrestres y acuáticos e indirectamente en el clima.

Otros programas de vigilancia del estado atmosférico incluyen mediciones del ozono estratosférico y troposférico y otros compuestos químicos y variables afines, especialmente gases trazas, vapor de agua y radiación UV de acuerdo con el Sistema Mundial de Observación del Ozono (SMO<sub>3</sub>) de la OMM. También se realiza el control de los aerosoles estratosféricos así

como el estudio y seguimiento de la dispersión, transporte, transformación y depósito de constituyentes atmosféricos sobre la tierra y el mar en diferentes escalas temporales y espaciales. Se ejecuta además el control en el nivel de impacto de la composición de la atmósfera, especialmente en los asentamientos poblacionales influidos por emisiones de fuentes emisoras de contaminantes del aire, tomando como base el programa conjunto OMS-OMM en este sector.

## 7.3 Investigación científica

La Misión de la Ciencia y la Innovación Tecnológica en Cuba, en el momento actual, es constituir un elemento dinamizador del desarrollo socialista y sostenible del país. Mediante la generación, transferencia, asimilación, adaptación, difusión, uso y comercialización de conocimientos científicos y tecnológicos, se contribuye decisivamente a:

- Elevar la eficiencia de la economía cubana
- Aumentar la calidad de vida de la población
- Desarrollar una mayor cultura productiva con la aplicación de conceptos científicos técnicos
- Crear condiciones para la asimilación y desarrollo de tecnologías del futuro
- Profundizar en el conocimiento de los fenómenos naturales, sociales y del propio hombre.
- Proteger el medio ambiente y profundizar en el conocimiento de los recursos naturales y en las vías para lograr su uso racional
- Enriquecer el conocimiento científico universal desde el ángulo de nuestras concepciones y resultados investigativos.

A partir de 1995 se han convocado diferentes Programas Nacionales Científicos Técnicos (PNCT), los cuales responden a las prioridades para la actividad científica y tecnológica. Entre los PNCT que se desarrollan actualmente, hay siete que incluyen directamente o indirectamente investigaciones referentes al cambio climático. Ellos son:

- Los Cambios Globales y la Evolución del Medio Ambiente Cubano
- Desarrollo Sostenible de la Montaña
- Desarrollo Energético Sostenible
- Producción de alimentos a la población por vías sostenibles
- Producción de alimento animal por vías sostenibles
- Biotecnología agrícola
- Mejoramiento vegetal y recursos fitogenéticos

Estos programas contribuyen a la evaluación y uso racional de los recursos naturales, al desarrollo y asimilación de tecnologías compatibles con el medio ambiente, así como a proponer e implementar sistemas de monitoreo y control, para alcanzar el desarrollo sostenible.

### 7.3.1 Los cambios globales y la evolución del medio ambiente cubano

Un análisis de la situación de Cuba en el contexto de los cambios globales, hizo que se organizara y convocara este PNCT, el cual tiene tres objetivos centrales (Cuadro 7.1). Esta decisión se adoptó tomando como sustento que: Cuba, por su condición de isla, es muy vulnerable ante tales cambios; existe una voluntad política en materia de desarrollo sostenible; es voluntad del Estado Cubano cumplir con sus compromisos internacionales; hay necesidad de una fuerte integración para dar resultados científicamente fundamentados; y es obligación de la comunidad científica nacional, contribuir a preparar a los tomadores de decisión.

**Cuadro 7.1 Objetivos del PNCT “Los Cambios Globales y la Evolución del Medio Ambiente Cubano”.**

- Determinar los posibles cambios globales con reflejo en nuestra área geográfica y país, sus consecuencias naturales, sociales y ambientales, así como aportar elementos definitorios en la estrategia a seguir para contrarrestar sus efectos.**
- Sintetizar e integrar la información resultante, con vista a lograr una secuencia evolutiva del medio ambiente cubano, mediante la interrelación y cohesión de las investigaciones nacionales sobre la temática.**
- Contribuir a la fundamentación científica de las posiciones cubanas en torno a esta problemática en su proyección internacional, al cumplimiento de nuestros compromisos con la Agenda 21 y Convenios Internacionales.**

El PNCT “Los Cambios Globales y la Evolución del Medio Ambiente Cubano” está estructurado en 10 subprogramas interrelacionados (Figura 7.3), y ha financiado la ejecución de 51 proyectos de investigación desde el año 1996 hasta la fecha en los cuales, participan más de 30 instituciones, entre centros de investigación y universidades. El 28% de los proyectos financiados por este PNCT ha sido ejecutado en el contexto de los subprogramas "Variabilidad y Cambio del Clima" y "Contaminación y Química de la atmósfera".

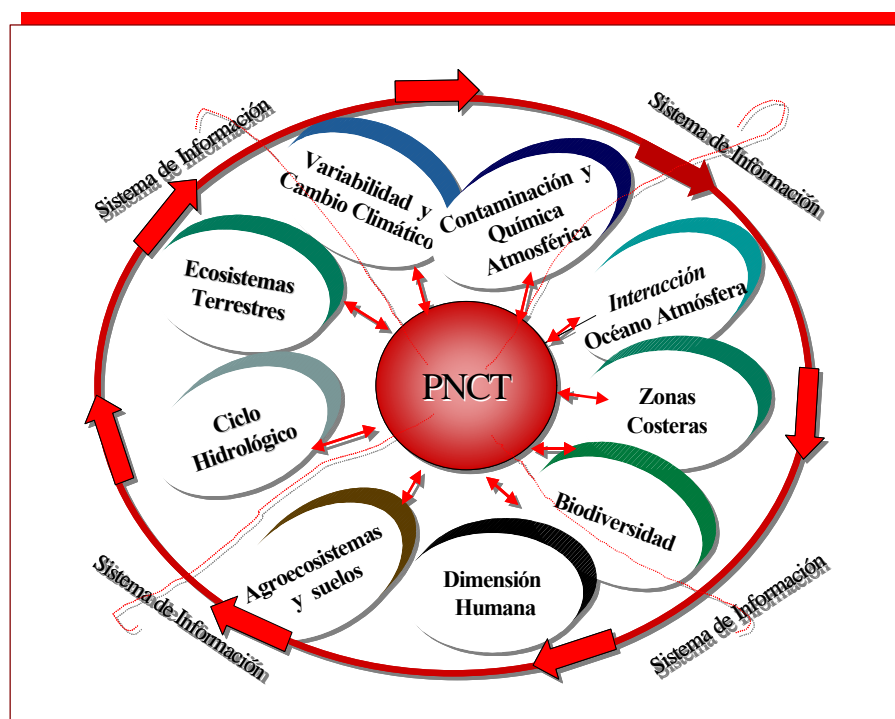


Figura 7.3 Representación esquemática de las interrelaciones de los diferentes subprogramas de PNCT Los Cambios Globales y la Evolución del Medio Ambiente Cubano.

## ***Principales temáticas abordadas en algunos de los subprogramas***

### *Variabilidad y Cambio Climático*

El cambio climático se estudia al analizar su posible impacto por sectores claves del país y la formulación de las medidas de adaptación al mismo. Otros aspectos abordados son el monitoreo y estimación de las variaciones del nivel del mar y la valoración de la cantidad de calor que almacena, distribuye y transporta el océano en nuestra región.

El aspecto de la variabilidad climática y su vínculo con la ocurrencia de fenómenos extremos en el país también es tratado en el contexto del PNCT. Así, se realiza el estudio del fenómeno de la sequía en Cuba mediante el cual se determinan sus causas y ya se implementó un nuevo sistema de alerta temprana de para este fenómeno. Son objeto de estudio fenómenos tan importantes para la actividad económica del país como los ciclones tropicales y el ENOS (El Niño Oscilación del Sur). Igualmente se realizan estudios paleoclimáticos para Cuba Occidental y Oriental, estos últimos sobre bases geológicas.

En términos generales los resultados obtenidos en este subprograma han servido para la implementación de nuevos servicio de vigilancia y predicción climática, los cuales toman como

base los resultados de las investigaciones, así como las evidencias observacionales relativas a las variaciones del clima en Cuba durante el período de registros.

#### Contaminación y Química-Atmosférica.

El subprograma aborda la detección y estudio de manifestaciones regionales y locales de problemas principales de la contaminación y la química atmosférica en nuestros días. Se ha trabajado en la obtención de una comprensión de los procesos que condicionan la acidificación de la lluvia y la deposición atmosférica de especies químicas de importancia biogeoquímica, especialmente los principales procesos compuestos gaseosos del nitrógeno y el azufre, las interacciones con los procesos meteorológicos y sus repercusiones ambientales, económicas y sociales. Especial importancia se ha brindado también al monitoreo de los aerosoles estratosféricos de origen volcánico y sus efectos sobre el medio ambiente y el campo de la radiación solar. En respuesta a la agudización del problema del agotamiento de la capa de ozono atmosférico, se ha profundizado en el cálculo del clima solar UV y la evaluación de su tendencia asociada a los cambios del ozono. Vinculado al tema del ozono también se han determinado los impactos que tienen las concentraciones de este gas a nivel superficial sobre los cultivos de importancia económica, al igual que para otros componentes del medio ambiente. También se han estudiado los cambios en los patrones de dispersión de contaminantes como vía para determinar la influencia de la variabilidad y el cambio climático sobre los patrones que rigen los modelos de dispersión de contaminantes en la atmósfera.

#### Ecosistemas Terrestres

La interrelación entre los ecosistemas terrestres y los cambios climáticos se trata al establecer la estructura y funcionamiento ecopaisajístico de diferentes tipos de bosques y de complejos de vegetación costera en ecosistemas importantes del país. Se evalúa la distribución del carbono almacenado en un bosque siempre verde y un pastizal y se estudia el papel de los mismos como sumideros de CO<sub>2</sub> y al determinar el contenido de carbono de los suelos de Cuba.

#### Biodiversidad

Los estudios de la biodiversidad se centraron en alcanzar un mejor conocimiento del número de especies, sus distribuciones, velocidades de reducción y extinción y la cobertura vegetal que refleja el estado actual y potencial de estos recursos prácticamente en todo el país. Otros estudios se llevan a cabo en relación con los vertebrados de la reserva de la biosfera Sierra del Rosario, la prospección de especies vegetales en la región semiárida de Guantánamo, las comunidades de aves residentes y migratorias, las tortugas Carey, así como de especies endémicas. Muy importantes son también las evaluaciones de los arrecifes coralinos, ya que son indicadores importantes de los cambios ocurridos y futuros.

#### Agroecosistemas y Suelos



La problemática relacionada con el cambio y uso de la tierra se ha tratado en las evaluaciones del efecto antrópico sobre el escurrimiento, humedecimiento y evaporación en las cuencas hidrográficas del occidente de Cuba.

En las cuencas del Cauto y en el Valle de Guantánamo, se profundiza en el impacto de la salinidad, las sequías y el sobrehumedecimiento. También se ha abordado el desarrollo de indicadores de desertificación.

### Dimensión Humana

La dimensión humana del cambio global es tratada fundamentalmente a través de las relaciones que se establecen entre el desarrollo socioeconómico y los recursos naturales. Se obtuvo un diagnóstico del comportamiento espacio temporal de estas relaciones para sectores claves y se trabaja en los posibles impactos al nivel comunitario, en zonas costeras y rurales.

Además de estos aspectos directamente relacionados con el cambio global, hay un grupo de proyectos que permitirán evaluar el estado del medio ambiente cubano, establecerán las bases para su monitoreo y permitirán proponer tecnologías para el uso sostenible de los recursos naturales.

## **7.3.2 Desarrollo sostenible de la montaña**

Teniendo en cuenta que en las montañas cubanas existen diversos problemas ambientales se inició en 1996 este programa con el objetivo de: Diseñar, poner en práctica y evaluar modelos de desarrollo socioeconómico sostenible en los ecosistemas montañosos que tengan en cuenta la participación local y el manejo racional del medio ambiente y que permitan brindar alternativas que contribuyan a la transformación y consolidación de la economía, el desarrollo social al nivel comunitario y la estabilidad de la población.

Por la amplitud del programa y la organización de la ciencia y la tecnología en las regiones montañosas del país, las investigaciones se han estructurado en varios escenarios territoriales, coincidentes con los cuatro grupos montañosos, con los objetivos específicos que a continuación se relacionan:

- Evaluación de los recursos y condiciones naturales de los territorios montañosos, como base para el desarrollo de alternativas que garanticen el aprovechamiento sostenible de la base natural.
- Desarrollar sistemas agropecuarios y forestales sostenibles basados en el establecimiento de tecnologías aplicables a las diversas condiciones naturales de las montañas y compatibles con las formas actuales de producción, que permitan incrementar los rendimientos del cultivo de café, cacao, producción forestal y en las de alimentos.
- Proponer soluciones tecnológicas para mejorar las condiciones ambientales, de trabajo y vida en los territorios, aprovechando eficientemente sus recursos naturales.

- Vigilar, evaluar y determinar las afectaciones ambientales generadas por las tendencias actuales de asimilación socioeconómica de las regiones montañosas, así como promover las acciones científicas dirigidas a la educación ambiental.
- Diseño e implementación de sistemas de información estadística territorial y de sistemas de información geográfica, que permitan realizar las acciones necesarias de seguimiento y evaluación del Programa Estatal de Desarrollo de la Montaña y las acciones de planificación especial y gestión ambiental.

### **7.3.3 Desarrollo energético sostenible**

Este Programa juega un papel fundamental en la identificación y estudio de las medidas de mitigación del cambio climático. El mismo se desarrolla desde 1996 y sus objetivos son los siguientes:

- Desarrollar soluciones tecnológicas que teniendo en cuenta las actuales circunstancias económicas, permitan incrementar la eficiencia energética.
- Desarrollar y asimilar equipos y tecnologías que amplíen las aplicaciones ventajosas desde el punto de vista técnico-económico de las fuentes renovables de energía, como: la biomasa, el biogás, la hidroenergía, la energía solar y la eólica
- Alcanzar un adecuado nivel de actualización en las tecnologías energéticas de avanzada, que permita la toma de decisiones sobre su introducción en el país.
- Desarrollar y/o asimilar tecnologías que permitan mejorar la calidad y la eficiencia del uso del crudo nacional destinado a la generación de electricidad.
- Desarrollar soluciones tecnológicas que permitan incrementar el uso de la biomasa cañera en la producción de energía; disminuir la relación consumo-entrega de energía en la industria azucarera.

Las áreas temáticas del PNCT que se vinculan más directamente a la mitigación del cambio climático son las vinculadas al aumentar la eficiencia en la generación de electricidad y a una mayor utilización de las energías renovables. Estas áreas son:

- Generación de electricidad.
- La biomasa cañera como fuente renovable de energía.
- Utilización de residuos agroindustriales como fuente de energía
- Energía Solar
- Energía Eólica
- Hidroenergía
- Eficiencia energética

### **7.3.4 Programas nacionales vinculados con la seguridad alimentaria**

### ***Producción de alimentos a la población por vía sostenible***

Este Programa tiene como objetivo alcanzar rendimientos superiores y rentables en cultivos básicos como arroz, granos, viandas y hortalizas, con menos insumos y sobre la base de no dañar el ambiente y los recursos naturales. En este Programa se han logrado resultados que entre los que se pueden mencionar; tecnología integral para la explotación de cultivos en organopónicos; tecnología racional de secado del arroz; tecnología para la aplicación del control químico contra malezas en el arroz; metodología perfeccionada para la aplicación del manejo integrado de plagas en el arroz y tecnología para el empleo de biorreguladores en arroz, entre otros.

### ***Producción de alimento animal por vía sostenible***

El objetivo principal de éste PNCT es desarrollar sistemas o tecnologías de producción animal diversificadas y sostenibles desde el punto de vista ecológico y económico, basados en el uso de alimentos autóctonos y no convencionales. Este programa ha contribuido con importantes resultados entre los cuales se pueden señalar: Tecnologías de producción porcina basadas en mieles de la caña de azúcar y fuentes proteicas autóctonas; tecnologías de producción de leche y carne con gramíneas asociadas con leguminosas en diferentes alternativas con beneficios para el suelo; tecnología de agricultura sostenible con sistemas de producción familiar de carne y huevos de aves y de animales más rústicos; desarrollo de sistemas de producción integrada agricultura - ganadería con bases agroecológicas para la explotación y cuya aplicación posibilitan incrementos de leche y carne y de otros productos agrícolas.

### ***Bioteología agrícola***

Los resultados de este programa son de especial importancia para la adaptación de la producción de alimentos en Cuba a nuevas condiciones climáticas. En el se realizan investigaciones dirigidas a: la producción de semillas de alta calidad a través de la micropropagación y la embriogénesis somática; desarrollar la conservación de los recursos fitogenéticos utilizando técnicas biotecnológicas; la obtención de nuevos genotipos de plantas; la asimilación y desarrollo de técnicas y tecnologías de avanzada, utilizando la biología molecular y la ingeniería genética; la obtención y desarrollo de biopesticidas, biofertilizantes, biorreguladores y extractos naturales; y el desarrollo del diagnóstico de fitopatógenos.

### ***Mejoramiento vegetal y recursos fitogenéticos***

Este Programa tiene como objetivo obtener resultados que permitan conservar, emplear y enriquecer los recursos fitogenéticos mediante el establecimiento e incremento de las colecciones de germoplasma de especies de importancia económica actual. También persigue potenciar y desarrollar nuevas variedades o híbridos que reúnan características avanzadas, con resistencia a factores bióticos y abióticos, los cuales contribuyan a lograr la sostenibilidad agrícola

## **7.3.5 Otros programas de investigación científica**

Además de las investigaciones que se realizan en el país en el contexto de los Programas Científicos Técnicos Nacionales, existe otro grupo que se desarrolla dentro de los denominados Programas Ramales de Ciencia y Tecnología (PRCT). Dentro de esta modalidad de programas existen dos que revisten especial importancia para el desarrollo de las investigaciones relacionadas con el cambio climático. Esos Programas son: "Medio Ambiente y Desarrollo sostenible" y "Análisis y Pronóstico del Tiempo y el Clima y sus implicaciones socioeconómicas".

### ***Medio ambiente y desarrollo sostenible***

Este Programa de Investigaciones tiene los siguientes objetivos generales:

- Desarrollar el conocimiento científico, teórico y aplicado en cuanto a la interrelación del sistema naturaleza-sociedad, con acciones dirigidas al monitoreo y valoración de recursos terrestres y marinos, ordenación de espacios, evaluación del impacto ambiental y del balance costo-beneficio, como base para la gestión ambiental sostenible.
- Elucidar soluciones estratégicas a los problemas del medio ambiente en la escala local, sectorial y nacional, velando por su repercusión en la elevación de calidad de vida humana y el desarrollo sostenible.
- Definir y proponer alternativas económicas y geocológicas promisorias en relación con el manejo, disposición y reutilización de residuales.
- Definir vías y mecanismos que permitan encontrar las variantes más efectivas y eficientes para hacer de la educación ambiental un instrumento de gestión en función del desarrollo.

### ***Análisis y pronóstico del tiempo y el clima y sus implicaciones socioeconómicas***

Los objetivos de este programa son los siguientes:

- Perfeccionar el sistema nacional de observaciones, análisis y pronósticos hidrometeorológico.
- Fortalecer el sistema nacional para la prevención de desastres de origen hidrometeorológico, perfeccionando la vigilancia meteorológica y la alerta temprana.
- Desarrollar los conocimientos empíricos y teóricos sobre las radiaciones que emite el Sol. Estudiar los cambios que experimentan esas radiaciones, el balance radiativo y su interacción con la composición de la atmósfera, las nubes, el tiempo y el clima.
- Desarrollar conocimientos sobre la variabilidad climática a diferentes escalas temporales, sus causas, su impacto social y económico y obtener modelos de predicción climática.

## 7.4 Limitaciones

El estado cubano asigna anualmente un presupuesto del orden de los 6 MM de pesos para garantizar la operación del sistema meteorológico del país. Durante los últimos años, a pesar de las serias limitaciones económicas, ese presupuesto no se ha visto reducido, ni se han limitado las capacidades observacionales existentes. Esto es muestra de la voluntad del país por mantener el desarrollo alcanzado en este campo.

En el campo de las investigaciones relacionadas con el cambio climático, su impacto y medidas de adaptación y mitigación, el Gobierno de Cuba ha realizado importantes esfuerzos para mantener las investigaciones. Por ejemplo, para financiar los PRCT mencionados en el epígrafe anterior, se han asignado aproximadamente 58 MM de pesos del presupuesto estatal en el período comprendido entre los años 1996 y 2000.

A pesar de esos esfuerzos, los recursos financieros disponibles no facilitan el pleno desarrollo de las capacidades existentes y limitan notablemente el acceso a tecnologías novedosas por ello se requieren recursos financieros de fuentes internacionales para:

- Renovar el equipamiento necesario para mantener y ampliar el sistema de observación del clima.
- Introducir e implementar nuevas técnicas de medición y análisis de parámetros relativos a la composición química de la atmósfera.
- Garantizar la realización de evaluaciones más integrales sobre el funcionamiento e interrelaciones de diferentes componentes del sistema climático.
- Desarrollar las capacidades nacionales para acceder y utilizar efectivamente la información de los sistemas de vigilancia global, la cual es generada con soportes tecnológicos de última generación.
- Posibilitar la participación de Cuba en experimentos y sistemas de observación global, que requieran de técnicas y métodos más avanzados.

## **Capítulo 8. Creación de Capacidades, Educación y Concientización Pública**

### **8.1 Introducción**

El artículo 6 de la CMNUCC establece que las Partes de la Convención deberán promover y desarrollar programas de educación y concientización pública sobre el cambio climático y sus impactos. En el intento resulta prioritario el desarrollo de las capacidades técnicas nacionales que posibiliten estructurar los planes de educación y concientización de forma más coherente y efectiva.

Aunque el cambio climático es un tema relativamente nuevo y complejo, en Cuba se pueden notar modestos avances en el estudio y comprensión de los diferentes aspectos técnicos relacionados con esta temática. Por una parte, estos avances son el resultado de los esfuerzos nacionales iniciados a principios de la década de los años 90, mientras que por otra, el soporte financiero recibido de diferentes proyectos internacionales ha permitido ampliar las capacidades inicialmente creadas. No obstante, a pesar del avance en la creación de las capacidades técnicas, los elementos de educación y concientización pública son aspectos que requieren ser desarrollados en el futuro próximo.

En este capítulo se presentan algunas de las actividades ejecutadas con relación a la creación de capacidades, describiendo las posibles líneas de trabajo enmarcadas en la educación y la sensibilización pública.

### **8.2. Creación de capacidades técnicas sobre el tema del cambio climático**

#### **8.2.1. Iniciativas y esfuerzos nacionales**

En Cuba, los primeros trabajos relacionados con el cambio climático comenzaron a desarrollarse en 1991, cuando la otrora Academia de Ciencias de Cuba creó, para estos fines, la Comisión Nacional del Clima. En el marco de esta Comisión fue realizado un estudio preliminar sobre las repercusiones potenciales del cambio climático, considerando, básicamente, los resultados plasmados en los informes de IPCC de los años 1990 y 1992.

En el marco de esta Comisión, además de analizar los impactos del cambio climático, se evaluaron las capacidades y necesidades del país en materia de datos e información disponible sobre el sistema climático, así como los avances y limitaciones en materia de observación del clima y la composición atmosférica.

En esta etapa se desarrollaron un conjunto de reuniones y talleres que posibilitaron la divulgación del tema y que permitieron aumentar el número de investigadores dedicados, parcial o completamente a la investigación de los aspectos relacionados con el cambio climático.

En años posteriores, se produjo el lanzamiento de varios programas nacionales de ciencia y técnica, asociados directa o indirectamente al tema y que fueron descritos brevemente en el capítulo anterior. La ejecución de estos programas garantizó el desarrollo posterior de muchas investigaciones, manteniendo el proceso iniciado a principios de los 90.

## 8.2.2 El Programa CC:TRAIN

De forma paralela a los esfuerzos nacionales y como otras Partes que son países en desarrollo, Cuba recibió apoyo financiero para poder implementar la CMNUCC. De tal forma, a finales de 1996, El país se incorporó en la segunda fase del Programa CC:TRAIN, conjuntamente con otros países de la región de América Latina y el Caribe. CC:TRAIN, es un programa patrocinado conjuntamente por el PNUD y el Fondo para el Medio Ambiente Mundial, e implementado por el Instituto de las Naciones Unidas para la Formación Profesional e Investigación. CC:TRAIN centra su atención en la asistencia técnica a países en desarrollo para la puesta en práctica de la Convención, dando apoyo especial en la preparación de las comunicaciones nacionales.

Una de las primeras actividades ejecutadas en el marco de CC:TRAIN fue la creación del Grupo Nacional de Cambio Climático, logrando, de esta forma, pasar a un estadio superior en el trabajo. El Grupo Nacional es un equipo multidisciplinario, representativo de varios sectores importantes en el país. El ministerio encargado de representar al Gobierno de Cuba es el CITMA y la coordinación la realiza el INSMET (Figura 8.1).



Figura 8.1. Visión esquemática de la estructura del Grupo Nacional de Cambio Climático

Otro paso importante en la organización de las actividades fue la creación de los tres equipos técnicos encargados de la ejecución de los estudios nacionales. Estos equipos están integrados por especialistas de diferentes instituciones académicas, de investigación científica y técnica, así como del sector productivo.

Con CC:TRAIN se efectuaron numerosas actividades de capacitación, incluyendo talleres nacionales y regionales relativos a los estudios de mitigación, así como al desarrollo de inventarios de gases de efecto invernadero. En el Cuadro 8.1 se resumen las actividades desarrolladas en el marco de este Programa.

#### **Cuadro 8.1 Actividades desarrolladas con el apoyo del Programa CC:TRAIN**

1. Taller Nacional "La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Retos y Oportunidades.
2. 1<sup>ra</sup> Convención Internacional sobre Medio Ambiente y Desarrollo.
3. Taller Regional sobre análisis de mitigación del cambio climático.
4. Taller Nacional para la presentación y revisión del Inventario Nacional de Emisiones y Absorciones de Gases de Efecto Invernadero del año 1990.
5. Taller Nacional para la preparación de la Estrategia Nacional de Implementación de la CMNUCC.
6. Taller Nacional para la presentación de la Comunicación Nacional de Cuba.

El conjunto de actividades llevadas a cabo dentro de CC:TRAIN, facilitó el mayor desarrollo de una masa crítica de expertos nacionales y el fortalecimiento institucional, garantizando así una componente importante del proceso futuro de implementación de la Convención y el cumplimiento de los compromisos de Cuba. De hecho, este puede ser considerado como el resultado más importante del CC:TRAIN en Cuba.

### **8.2.3 Proyecto del PNUMA para la evaluación de los impactos del cambio climático y las medidas de adaptación en Cuba**

Dentro de este Proyecto, cuyos resultados fueron presentados en el Capítulo 6, se realizaron numerosas actividades de fortalecimiento de las capacidades técnicas relacionadas con la evaluación de la vulnerabilidad y la adaptación al cambio climático. En especial, se desarrollaron entrenamientos relativos a la preparación de escenarios de cambio climático, el análisis de las medidas de adaptación y la creación de escenarios socioeconómicos.

Durante el período de desarrollo del Proyecto se realizaron tres Talleres Nacionales para el examen de los métodos a emplear, así como para el análisis y revisión de los resultados obtenidos en diferentes plazos de tiempo. En estos talleres se contó con la participación de expertos internacionales que contribuyeron de forma decisiva a potenciar los resultados alcanzados. Dentro de estos resultados se pueden destacar, entre otros, los siguientes:



- La creación y consolidación de un amplio equipo de expertos nacionales que representan diferentes instituciones científicas y académicas, así como sectores productivos y ONGs;
- El fortalecimiento de la capacidad institucional para hacer frente a futuras evaluaciones sobre el impacto y la adaptación al cambio climático con mayor nivel de integración;
- Incremento de la calidad y cantidad de la base de datos relativa al cambio climático y sus impactos en Cuba;
- El perfeccionamiento del sistema de intercambio de información entre los expertos e instituciones que llevan a cabo las evaluaciones de impacto y adaptación al cambio climático en Cuba; y
- El desarrollo de capacidades nacionales para contribuir positivamente con la ejecución de estudios regionales relacionados con la evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático.

#### **8.2.4 Proyecto GEF/PNUD "Actividad habilitadora para que Cuba prepare su comunicación nacional a la CMNUCC"**

Este Proyecto, aprobado a principios de 1999, tuvo como objetivo el de facilitar la preparación de la primera comunicación nacional de Cuba a la CMNUCC, de acuerdo con el Artículo 12 de la Convención y siguiendo las directrices aprobadas por la Conferencia de las Partes. De esta forma, el Proyecto también brindó recursos complementarios para continuar fortaleciendo las capacidades creadas en etapas anteriores.

Las actividades que se ejecutaron aquí contribuyeron a fortalecer y ampliar el necesario intercambio entre los equipos nacionales encargados de desarrollar los estudios técnicos. Así mismo facilitó la ampliación de la participación de los expertos nacionales en el contexto regional.

De particular importancia fueron las actividades desarrolladas en la creación de capacidades en los aspectos técnicos vinculados con el Protocolo de Kioto y en particular con el Mecanismo de Desarrollo Limpio. Estas acciones han provocado el interés de los actores nacionales y hoy permiten identificar otras necesidades de capacitación, relacionadas con el Protocolo.

Como es lógico, el resultado más importante del Proyecto ha sido la preparación del presente documento, así como la divulgación y discusión de la información que el mismo contiene.

#### **8.2.5 Desarrollo de capacidades en el contexto regional**

La ejecución de las actividades anteriormente descritas, creó y potenció las capacidades que existían a nivel nacional. Este hecho, además de mejorar la calidad de los estudios nacionales, permitió que los expertos cubanos pudieran contribuir con el desarrollo de capacidades en otros países de la región.

En tal sentido, expertos cubanos han colaborado directamente en la preparación de los inventarios de gases de efecto invernadero y de los estudios de vulnerabilidad y adaptación en diferentes países latinoamericanos.

Por otra parte, expertos cubanos también han podido contribuir con el Programa de Ayuda a las Comunicaciones Nacionales en la preparación y desarrollo de talleres temáticos regionales sobre vulnerabilidad y adaptación.

En sentido general, la posibilidad de efectuar intercambios de experiencias en otros contextos nacionales y regionales, también ha contribuido con el desarrollo de las capacidades de los recursos técnicos nacionales.

Como resultado de las acciones realizadas por Cuba en el contexto regional, el Instituto de Naciones Unidas para la Formación y la Investigación (UNITAR, siglas en inglés) ha identificado al Instituto de Meteorología de Cuba como uno de sus asociados regionales para la creación de capacidades y el entrenamiento dentro de la región. La asociación quedó establecida mediante la firma de un "Memorándum de Entendimiento" entre ambas instituciones.

## **8.3. Educación y sensibilización pública**

### **8.3.1 Antecedentes**

Como fue mencionado antes, en el caso de la educación y sensibilización pública no se han logrado avances importantes en la temática del cambio climático. Por tanto, ambos elementos aparecen como una necesidad de desarrollo en la continuación del proceso de implementación de la CMNUCC en Cuba.

Para implementar planes de desarrollo en esta esfera resulta imprescindible considerar los elementos contenidos en la Estrategia Nacional de Educación Ambiental (ENEA), la cual fue aprobada e implementada, tomando en cuenta que para poder realizar un trabajo exitoso en materia de desarrollo sostenible, resulta imprescindible priorizar determinados temas en la enseñanza y la preparación de la población. Las acciones de la ENEA están guiadas por los siguientes lineamientos generales:

- Fortalecimiento de las capacidades institucionales
- Formación y capacitación de los recursos humanos
- La dimensión ambiental en la educación formal
- La dimensión ambiental en los procesos de educación no formal
- Desarrollo y fortalecimiento de la disponibilidad y acceso a la información
- La dimensión ambiental en los procesos de comunicación y divulgación.

La materialización territorial de la ENEA se logra a partir de los Programas Provinciales de Educación Ambiental, los cuales toman como base para su diseño y acción el diagnóstico ambiental del territorio y las metas y objetivos propuestos en la Estrategia Ambiental de la Provincia. En esta dirección también se han priorizado un conjunto de ecosistemas frágiles en donde se agilizan estas dinámicas de actuación.

A nivel sectorial, la Estrategia Nacional de Educación Ambiental se implementa a partir de múltiples mecanismos, la firma de convenios con Organismos de la Administración Central del Estado y organizaciones de la sociedad civil. Dos ejemplos concretos de esta dinámica y su efecto directo sobre el tema del cambio climático lo constituye el Programa de Ahorro Energético que desarrolla el Ministerio de la Industria Básica o la actividad desplegada por la ONG CUBASOLAR. En ambos casos, a partir de la colaboración del Ministerio de Educación o con el apoyo de los medios de divulgación, se ha ido creando una conciencia con relación al tema energético y ya se aprecian resultados tangibles en el uso de fuentes alternativas de la energía y en el ahorro de energía y en el uso de fuentes alternativas de energía.

Por otra parte, es necesario reconocer la incorporación de objetivos y metas claras en función de la educación ambiental dentro de instrumentos ambientales como la Estrategia Nacional para la Diversidad Biológica o el Programa de Acción Nacional de Lucha contra la Desertificación y la Sequía. Tales acciones inciden directamente en la problemática nacional del cambio climático y contribuyen facilitar el trabajo futuro.

Si bien la implementación de la ENEA, repercute obligatoriamente en el tema del cambio climático, el desarrollo de estrategias, programas o proyectos de educación ambiental en función de la problemática del cambio climático, requiere de una integración de todos los instrumentos anteriormente mencionados y de la efectiva participación de los principales actores de la sociedad responsables de este tema, como de la población en general.

### **8.3.2. Acciones futuras**

Para poder desarrollar e implementar programas de educación y sensibilización pública sobre el tema del cambio climático y sus efectos, se deben considerar los problemas generales que repercuten en el trabajo de educación ambiental y que aparecen identificados en la ENEA. Entre esos problemas aparecen:

- La falta de incorporación de la dimensión ambiental en el que hacer económico, político y social con la rapidez que se requiere;
- La ausencia de una cabal comprensión de lo que significa el tránsito por el camino del desarrollo sostenible;
- La falta de interdisciplinariedad en la introducción de la temática ambiental en el sistema nacional de enseñanza;
- El insuficiente empleo de los medios de divulgación disponibles;
- La necesidad de incrementar la colaboración internacional y la búsqueda de vías de financiamiento.
- La necesidad de potenciar la participación popular en la búsqueda de soluciones a los problemas ambientales locales.

Al considerar los aspectos mencionados es posible identificar la necesidad de diseñar e implementar un programa de educación y sensibilización pública que se integre con los intereses

de la ENEA. En rasgos generales, las acciones a desarrollar dentro de este Programa son las siguientes:

- Fortalecer los vínculos de trabajo con los diferentes medios de difusión para desarrollar programas de educación y divulgación ambiental, logrando una mayor sensibilización del público.
- Promover y abordar los contenidos sobre la problemática del cambio climático y sus efectos dentro de los programas educacionales del sistema nacional de enseñanza.
- Continuar incorporando los temas relacionados con el cambio climático dentro de los programas ramales de la ciencia y la técnica.
- Elaborar materiales didácticos, científicos y técnicos y otros de corte popular, que acerquen el tema del cambio climático a la realidad cotidiana.
- Fortalecimiento de las capacidades institucionales que potencien la gestión de educación ambiental con relación a estos temas.
- Establecer una red de centros que garantice el acceso del público a la información del tema del cambio climático y sus efectos, las opciones de mitigación y otro tipo de información relativa al proceso de implementación de la CMNUCC a nivel global, regional o nacional.
- Fomentar y promover el desarrollo de proyectos educativos, propiciando el intercambio de experiencias nacionales e internacionales con relación al cambio climático.
- Fortalecer y ampliar el intercambio con las ONGs que se relacionan con el medio ambiente.
- Organizar talleres periódicos con el objetivo de informar o actualizar a los tomadores de decisiones, los medios y otros sectores de la sociedad cubano, sobre los resultados nacionales, así como sobre el proceso actual y futuro de implementación de la CMNUCC en el país.
- Organizar campañas nacionales de sensibilización pública orientadas a diferentes sectores.

## **Capítulo 9. Posibles Proyectos sobre Cambio Climático**

### **9.1 Introducción**

Las actividades realizadas en Cuba durante el proceso de la primera comunicación nacional, han permitido identificar un conjunto de posibles proyectos de investigación en diferentes áreas. Por una parte, estos proyectos permitirán la ampliación y profundización de los resultados obtenidos en los primeros estudios, mientras que por la otra posibilitarán el análisis de otros componentes que no pudieron ser tratados en la primera fase.

En este capítulo se presenta una lista de los posibles proyectos identificados como parte de las necesidades de profundizar en los resultados obtenidos y ampliar los estudios nacionales. Este listado no debe considerarse definitivo, aunque sí refleja en buena medida el camino que debe seguir el desarrollo del próximo proceso de la comunicación nacional en Cuba. Debe quedar claro que la concepción de estos proyectos requiere una elaboración más precisa y que la implementación de los mismos necesitará de un importante apoyo financiero internacional.

Las áreas de investigación dentro de las cuales se pueden enmarcar los proyectos son las siguientes:

- Observación y vigilancia del clima
- Variabilidad y cambio climático
- Inventario nacional de emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero
- Mitigación del cambio climático
- Educación y sensibilización pública

### **9.2 Observación y vigilancia del clima**

#### **Proyecto 1. Incremento de la capacidad de observación del clima**

El desarrollo de la capacidad actual de Cuba para realizar observaciones de las variables físicas y químicas relacionadas con el sistema climático es de particular importancia para perfeccionar el conocimiento sobre el funcionamiento del sistema climático. El proyecto tiene como objetivo la actualización y modernización de las capacidades existentes para el monitoreo mediante la transferencia de tecnología, así como la implementación de nuevas técnicas experimentales para el análisis de la información. Si se desarrolla, este proyecto puede favorecer notablemente la calidad de los estudios técnicos futuros.

## **Proyecto 2. Desarrollo de las capacidades del sistema de vigilancia del clima**

La ampliación de las capacidades del sistema actual de vigilancia del clima permitiría la evaluación sistemática de los impactos de la variabilidad climática y facilitaría la implementación y evaluación de medidas de adaptación anticipadas. La realización de este proyecto puede favorecer la actualización y adquisición del soporte lógico y físico para el procesamiento y distribución de la información. El establecimiento de una red de centros para la recopilación y análisis de la información es un resultado posible que fortalecerá las capacidades actuales para actuar ante eventos extremos a partir de evaluaciones más integrales.

## **9.3 Variabilidad y cambio climático**

### **Proyecto 3. Desarrollo de esquemas de predicción del clima orientados sectorialmente**

Las experiencias de Cuba en este terreno indican la necesidad de desarrollar esquemas de predicción orientados sectorialmente, como complemento de los métodos generales de predicción, los cuales se dirigen a la predicción de variables climáticas para amplias regiones. La idea de establecer predicciones sectoriales, por ejemplo, para la agricultura, los recursos hídricos o para la salud, ofrece la ventaja de que las predicciones pueden ser enfocadas a pronosticar los posibles impactos. Esto facilita el empleo de la información climática actual por parte de los productores y tomadores de decisiones. La integración de los resultados de este proyecto con los del proyecto No. 2, puede favorecer la identificación e implementación de medidas de adaptación a la variabilidad climática más robustas.

### **Proyecto 4. Representación de las incertidumbres dentro de los escenarios de cambio climático y regionalización de los resultados**

Por lo general los escenarios de cambio climático sólo representan una parte de las incertidumbres asociadas con la simulación del cambio climático, las estimaciones de las emisiones futuras de gases de efecto invernadero y de otros factores asociados con el insuficiente conocimiento sobre el funcionamiento del sistema climático. En la mayor parte de los estudios de vulnerabilidad y adaptación no es posible asociar un nivel de probabilidad determinado a los escenarios climáticos que se generan.

Otro elemento relacionado con el nivel de incertidumbre de los estudios de impacto es la resolución espacial y temporal de las proyecciones de cambio climático. La mayor parte de las proyecciones utilizadas en los estudios de evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático, reflejan los patrones de cambio climático con una resolución espacial muy baja. Este hecho impide que los cambios futuros puedan ser expresados con un alto nivel de detalle en los estudios nacionales.

El objetivo principal del proyecto es ofrecer a la comunidad de evaluación de impactos mejores proyecciones del cambio climático futuro. Para ello se deberán desarrollar las siguientes actividades:

a) Desarrollar e implementar metodologías que permitan la creación de escenarios de cambio climático que posibiliten la aproximación de la evaluación de los impactos potenciales del cambio climático al análisis de riesgos, asociando niveles de probabilidad a las proyecciones futuras y permitiendo que los resultados sean más fáciles de comprender por los tomadores de decisiones.

b) Desarrollar sistemas de regionalización o reducción de escala espacial y temporal de las proyecciones a niveles que reduzcan al máximo la incertidumbre asociada a este factor. En esta actividad será necesaria la asimilación de modelos regionales del clima, aprovechando las ventajas que da la existencia de determinadas capacidades técnicas relacionadas con la modelación dinámica de la atmósfera y el océano.

### **Proyecto 6. Evaluación integral de los impactos del cambio climático, incluyendo la determinación de costos económicos**

Las evaluaciones realizadas sobre los impactos del cambio climático en Cuba fueron de tipo sectorial y no permitieron expresar las relaciones existentes entre los diferentes sectores evaluados. El proyecto que se sugiere desarrollar tiene una visión holística del impacto del cambio climático y por lo tanto puede permitir la identificación de medidas de adaptación más integrales que las que se determinan a través del análisis sectorial. De esta forma los resultados tienen un rango de aplicación mucho más amplio.

Por otra parte, la determinación de los costos de las opciones de adaptación resulta un ejercicio bastante complicado por la cantidad de factores que se involucran en los cálculos. El proyecto también puede permitir el diseño de metodologías que sean aplicables en el contexto nacional para la estimación de los costos de adaptación, incluyendo el análisis de sensibilidad de las medidas ante diferentes escenarios económicos, sociales y ambientales.

## **9.4 Inventario nacional de emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero**

Proyecto 8. Reducción de incertidumbres existentes en las estimaciones de emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero

Este proyecto está orientado a reducir las incertidumbres existentes en las estimaciones de emisiones y absorciones de gases de invernadero en el país y sus tendencias así como la instrumentación de métodos adecuados de aseguramiento y control de la calidad. Para este objetivo, se deberán realizar un conjunto de actividades técnicas y científicas entre las que se incluyen:

- a) Mejorar los datos de actividad locales y por esta vía facilitar la aplicación de métodos de estimación de mayor calidad y complejidad (Tiers) para aquellas fuentes consideradas como claves (en inglés key sources) debido a la influencia significativa que tienen en las emisiones totales del país. Esta mejora en los datos posibilitará, además, una mejor precisión en la selección de los factores regionales de emisión por defecto de las Guías del IPCC.
- b) Estimación de emisiones desde aquellas fuentes claves que por algún motivo no pudieron ser consideradas en los inventarios incluidos en la Primera Comunicación a la CMNUCC (años 1990 y 1994).
- c) Mejorar los estimados de emisiones desde aquellas fuentes no seleccionadas como claves según los criterios de las Guías de Buenas Prácticas del IPCC pero que de acuerdo a su importancia para el país deben ser consideradas en los inventarios (por ejemplo emiten GEI indirectos).
- d) Aumentar la capacidad científico-técnica y la infraestructura, en el país, para realizar investigaciones con el objetivo de generar factores de emisión (y otros coeficientes utilizados en los inventarios) para categorías de fuentes donde se concentran las mayores incertidumbres. Esta actividad posibilitará además el desarrollo de métodos, así como la determinación de factores de emisión y otros coeficientes, para algunas categorías de fuentes no incluidas en las Guías del IPCC pero que tienen importancia para el país (por ejemplo producción de azúcar de caña, la industria del tabaco, la producción de níquel y otras).
- e) Fortalecimiento del sistema nacional para la estimación de emisiones y absorciones de GEI que permita, entre otros aspectos, obtener con calidad estimados del carbono almacenado y sus variaciones.

## 9.5 Mitigación del cambio climático

### **Proyecto 9. Desarrollo de sistemas automatizados para el diseño de medidas de mitigación y el cálculo y análisis de los costos.**

Sobre la base de las experiencias adquiridas, se identificó la necesidad de crear un sistema automatizado que permita el diseño de medidas de mitigación, facilitando la ejecución de análisis de sensibilidad de las mismas ante diferentes supuestos. La combinación de diferentes variables macroeconómicas y la posibilidad de diseñar las medidas desde su denominación hasta su evolución económica, le otorga al proyecto un elemento práctico muy importante.



## **9.6 Educación y sensibilización pública**

### **Proyecto 10. Entrenamiento de tomadores de decisiones sobre las nuevas perspectivas de las estrategias de preparación ante eventos climáticos extremos**

Este proyecto pretende desarrollar un amplio programa de capacitación a los actores nacionales vinculados con la toma de decisiones en sectores estratégicos de la economía como pueden ser: la agricultura, la producción azucarera, los recursos hídricos y la salud humana, entre otros. El objetivo básico es mostrar las ventajas que ofrece la consideración de los asuntos relacionados con el clima en la planificación a diferentes plazos de tiempo. Visto así, el proyecto está orientado a la incorporación cada vez más amplia de los aspectos vinculados con el clima dentro de las estrategias de desarrollo del país.

### **Proyecto 11. Estrategia para la incorporación del cambio climático en los planes de estudio de niveles medios y superiores.**

Al ser una ciencia relativamente nueva, el cambio climático no está explícitamente incluido en los programas de estudio de los niveles medio y superior, aun en aquellas carreras de mayor vínculo con la temática. El proyecto debe desarrollar una estrategia que permita incorporar el tema dentro de los programas de estudio, evaluando y proponiendo las vías idóneas para lograr ese objetivo. Como resultado y luego de varios estudios pilotos, el proyecto debe proponer un programa específico para la acción.

### **Proyecto 12. Preparación de un paquete educativo e informativo sobre el cambio climático**

Se propone el desarrollo de un paquete educativo e informativo sobre el cambio climático utilizando una combinación de medios de presentación e información que se complementen entre sí. El objetivo fundamental es la preparación de un paquete multipropósito que cubra los requerimientos de información de públicos diferentes, integrando los requerimientos expresados dentro de la Estrategia Nacional de Educación Ambiental. La ejecución del proyecto asegurará un notable grado de avance en el desarrollo del programa de educación pública.

---

---

## Referencias

Aceituno, P., 1988: On the functioning of the Southern Oscillation in the South American Sector. Part I. Surface climate, *Mon Wea Rev*, 116, 505-524.

Alfonso, A., 1995: Tormentas Locales severas: Tendencias recientes. Instituto de Meteorología, Cuba, 12 pp.

Arkin, P.A., 1982: The relationship between interannual variability in the 200 mb tropical wind field and the Southern Oscillation. *Mon Wea Rev*, 110, 1393-1404.

Ballester, M., C. González, y R. Pérez, 1995: Variabilidad de la ciclogénesis tropical en el Atlántico. Instituto de Meteorología, Cuba, 20 pp.

Barros Mouriño, O., 1982: La intrusión salina y sus efectos en la explotación de acuíferos cársicos. Casos históricos. I Primer Coloquio Hidrología Cársica en la Región del Caribe. Unesco, La Habana.

Barros Mouriño, O., 1996: El agua subterránea en Cuba. Centro de Hidrología y Calidad del Agua (manuscrito)

Barros Mouriño, O., 1997: Variabilidad de la intrusión marina en cuencas costeras cársicas de Cuba. Informe parcial Proyecto Impacto cambio global en la dinámica de la intrusión marina, INRH.

Burton I., 1998: The Second Generation of Impact Studies: A Modest proposal. Country Studies Workshop, Costa Rica, April 1998. 11 pp.

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

Centella A., L. Naranjo, L. Paz, P. Cárdenas, B. Lapinel, M. Ballester, R. Pérez, A. Alfonso, C. González, M. Limia, M. Sosa, 1997: Variaciones y cambios del clima en Cuba. Informe Técnico. Centro Nacional del Clima, Instituto de Meteorología. La Habana, Cuba, 58 pp.

CEPAL, 1997: La Economía Cubana. Reformas estructurales y desempeño en los noventa. (Anexo estadístico). Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 416pp.

CITMA (Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente), 1998: Inventario nacional de emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero en Cuba. Año base 1990. Informe Técnico. Agencia de Medio Ambiente, Instituto de Meteorología. La Habana, Cuba.

-----, 1999: Inventario nacional de emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero en Cuba. Año 1994. Informe Técnico. Agencia de Medio Ambiente, Instituto de Meteorología. La Habana, Cuba

EMEP/CORINAIR, 1996: Atmospheric emission inventory guidebook, Vol I and II. European Environment Agency. Copenhagen.

Fonseca, C. M., 1989: Análisis de la tendencia de la temperatura media del aire. Tesis de Diploma. Universidad de la Habana, La Habana, Cuba.

Glantz, M. H., 1996: Currents of Changes. El Niño Impact on Climate and Society. Cambridge University Press. 194 pp.

Gray W., 1984: Atlantic seasonal hurricane frequency. Part 1: El Niño and 30 mb quasi-biennial oscillation influence. *Mon Wea. Rev.* 112: 1649-1668.

Graham N., 1994: Experimental Predictions of Wet Season Precipitation in Northeastern Brazil. Proceeding of the 8<sup>th</sup> Annual Climate Diagnostics Workshop. Boulder, Colorado. November 1-5 1993. U.S. Department of Commerce NOAA.

Granma, 1998: Periódico, edición del Mayo 26, La Habana, Cuba.

Guevara, A.V., A. León, P.L. Ortiz y M. Seguí, 1996: Variabilidad climática mensual y asma bronquial pediátrica en La Habana, Cuba. En: Memorias de IX Congresso Brasileiro de Meteorologia, Camps de Jordão, Nov. 1996, pp. 290-293.

Gutiérrez, T., A. Centella, M. Limia, M. López, 2000: Impactos del cambio climático y medidas de adaptación en Cuba. Informe Técnico. 207 pp.

Hsu, S.A., 1993: The Gulf of México. A Breeding Ground for winterstorms. Mariners Weather Log. Spring 1993. 4-7.

Hulme M, 1996: Climate Change and Southern Africa: an exploration of some potential impacts and implications in the SADC region. Breckland Print Limited, Norfolk, UK. 104 pp.

Hurrell, J.W. and H. van Loon, 1997: Decadal variations in climate associated with the North Atlantic Oscillation. *Climate Change* 36. 301-326.

IAEA, 1999: The DECADES computer tools, user's manual for version 1.0. IAEA. Vienna.

IPCC, 1996: Climate change 1995: The science of climate change (eds.) Houghton J. T., Meira Filho L. G., Callander B. A., Harris M., Kattenburg A. and Maskell K. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 572 pp.

INRH, 1998: Programa Nacional de Acción, informe del sector de agua y saneamiento.

IPCC, OECD, IEA, 1997: Revised 1996 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories. Volumes I, II, III. IPCC WGI Technical Support Unit, Meteorological Office. Bracknell, U. K.

- 
- 
- Lapinel, B., R. E. Rivero, y V. Cutié, 1993: Las sequías en Cuba en el período 1931-1900. Instituto de Meteorología Cuba, 100 pp.
- Leggett J., W. J. Pepper and R. J. Swart, 1992: Emissions scenarios for the IPCC: an update pp. 75-95. In *Climate change 1992: The supplementary report to the IPCC scientific assessment* (eds.) Houghton J. T., Callander B. A. and Varney S. K. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 200 pp.
- MEP (Ministerio de Economía y Planificación), 1997: Diagnóstico sobre la producción agropecuaria de alimentos. Escenarios de la economía cubana al año 2000.
- MINSAP, 1999: Anuario Estadístico de la República de Cuba. Ministerio de Salud Pública. Publicación # 26, 1998.
- Mitchell, J. F. B., Davis, R.A., Ingram, W.J. and Senior C.A., 1995: On surface temperature, greenhouse gases and aerosols: models and observations, *J. Climate*, 10, 2364-2386.
- Murphy J. M. and Mitchell J. F. B., 1995: Transient response of the Hadley Centre coupled ocean-atmosphere model to increasing carbon dioxide. Part 2. Spatial and temporal structure of the response. *J. Climate*, 8, 57-80.
- Naranjo, D.L., 1994: Uso de los índices de circulación para la caracterización de las condiciones atmosféricas en las inmediaciones de Cuba. Reporte de Investigación. Grupo Nac. de Pronóstico a Largo Plazo. Inst. de Meteorol. 50
- Naranjo L. y A. Centella, 1997: Variaciones Interanuales de los Campos Meteorológicos en el Mar Caribe y el Golfo de Mexico. 1ra Parte: Presión a nivel del Mar y alturas en 500 hPa. Instituto de Meteorología 52 pp.
- Naranjo L., 2000: *The Impact of Extratropical Cyclones in Cuba*. STORMS. Routhelge Press. London .
- ONE, 1999a: Anuario estadístico de Cuba del año 1997. La Habana.
- ONE, 1999b: Anuario estadístico de Cuba del año 1997. La Habana.
- Ortíz, P., A. V. Guevara, A. León, 1998a: Models for setting up a Biometeorological Warning System over a Populated Area in Havana. *Book Urban Ecology*. Springer-Verlag. Germany. p 87-91.
- Ortíz, P, A. V. Guevara, A. Pérez, M Díaz, 1998b): A bioclimatic index to evaluate the impact of the climate change in health. Scientific Report. INSMET. Cuba
- Ortiz R. 1980: Descripción de los cinco huracanes que han afectado a Cuba durante los últimos 54 años. Reporte Científico, Instituto de Meteorología. 20 pp.

Planos E., González, P., Huerta, J., 1995: La Hidrología Operativa: Base para el desarrollo de la hidrología aplicada y de los aprovechamientos hidráulicos. Experiencia cubana. <http://unesco.org.uy/phi/libros/cuba/tapa/html>. ORCYT-Unesco

Pulwarty R. S. y T. S. Melis, 1999: Climate extremes and adaptive management on the Colorado River: Lessons from the 1997-98 ENSO event.

Rivero, R. E., 1999: Modelo integrado del impacto agrícola de los cambios climáticos. Un estudio de caso en Camagüey, Cuba. Reporte Científico, Centro Meteorológico de Camagüey, Instituto de Meteorología, Cuba.

Rivero, Z. I, 2000: Impacto de los cambios climáticos, con inclusión del efecto de fertilización por CO<sub>2</sub>, sobre los pastizales camagüeyanos. Tesis en opción al grado de Licenciado en Biología. Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba.

Rogers, J.C., 1988: Precipitation variability over the Caribbean and Tropical Americas Associated with the Southern Oscillation. *J. Climate*, 1. 172-182.

Schlesinger M. E. and Zhao Z. C., 1989: Seasonal climatic change introduced by doubled CO<sub>2</sub> as simulated by the OSU atmospheric GCM/mix-layer ocean model. *J. Climate*, 2, 429-495.

Shiklomanov, I. A., 1998. Comprehensive Assessment of the Freshwater Resources of the World. World Meteorological Organization-Stockholm Environment Institute.

Stern, P.C. and W. E. Easterling (eds) 1999: Making Climate Forecast Matters. National Research Council. National Academy Press 175 pp.

Trenberth K.E. and D. J. Shea, 1997: Atmospheric Circulation Changes and links to change in rainfall and drought. A.M.S. Seventh Conference on Climate Variations, Long Beach C.A.

UNEP, 1996: Handbook on Methods for Climate Change Impact Assessment and Adaptation Strategies. Draft Version 1.3

USEPA 1995: Compilation of air pollutant emission factors. AP-42, fifth edition (and supplements A and B, 1996). US Environment Protection Agency, Research Triangle Park, N. C.

Vega, R., V. Cutié y A. Centella, 1987: Análisis del comportamiento de los totales de lluvia caída en Cuba sobre la base de una clasificación de sequía. Informe técnico, Instituto de Meteorología, Cuba.

Wigley, T. M., 1999: The science of climate change: Global and US perspectives. Pew Center on Global Climate Change, Arlington VA, USA, 48 pp.

Zhang, Y., J.M. Wallace and D.S. Battisti, 1997: ENSO-like decade-to-century scale variability: 1900-93. *Journal of Climate*, 10: 1004-1020.

---

## ANEXO 1 Grupo Nacional de Cambio Climático

---

### Coordinador

*Abel D. Centella Artola* *Centro del Clima, Instituto de Meteorología.*

### Miembros

*Alfredo Jam Massó* *Ministerio de Economía y Planificación*  
*Omar Rivero Rosario* *Dirección de Política Ambiental, Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente*  
*Bárbara Garea Moreda* *Centro de Gerencia y Proyectos Priorizados, Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente*  
*Pedro L. Pedroso Cuesta* *Ministerio de Relaciones Exteriores*  
*Jorge Mario García* *Centro de Inspección, Gestión y Educación Ambiental, Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente*  
*Ramón Pich Madruga* *Centro de Investigaciones de la Economía Mundial*  
*Irene Socorro Romero* *Ministerio de la Industria Básica*  
*Carlos García Díaz* *Ministerio de la Industria Pesquera*  
*Eloy L. Alum Ortiz* *Ministerio de las Fuerzas Armadas*  
*Juan Ayón Alonso* *Instituto de Aeronáutica Civil de Cuba*  
*Tania Pérez Olivares* *Ministerio de la Construcción*  
*Albina Maestry Boza* *Dirección de Ciencia y Técnica, Ministerio de la Agricultura*  
*Reynaldo Díaz Véliz* *Ministerio de Salud Pública*  
*Paulino López* *Ministerio del Azúcar*  
*José Alea Díaz* *Centro de Investigaciones y Desarrollo del Transporte, Ministerio de Transporte*  
*Alfredo Curbelo Alonso* *Centro de Gerencia y Proyectos Priorizados, Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente*

## **ANEXO 2 Principales autores por capítulo**

---

### **Capítulo 1. Introducción General**

Abel Centella Artola

### **Capítulo 2. Circunstancias Nacionales**

Omar Rivero Rosario y Alfredo Jam Massó

### **Capítulo 3. Inventario Nacional de Emisiones y Absorciones de Gases**

Carlos López Cabrera

### **Capítulo 4. Programas y Medidas**

Alfredo Curbelo Alonso, Juan Llanes Regueiro y Adriano García Hernández

### **Capítulo 5. Variabilidad climática. Impactos y adaptación**

Lino Naranjo Díaz y Abel Centella Artola

### **Capítulo 6. Vulnerabilidad y adaptación al Cambio Climático**

Tomás Gutiérrez Pérez y Abel Centella Artola

### **Capítulo 7. Observación Sistemática e Investigación**

Luciano Amaro Argüez y Bárbara Garea Moreda

### **Capítulo 8. Creación de capacidades, educación y concientización pública**

Abel Centella Artola y María J. Rades Fernández

---

## **ANEXO 3 Autores y colaboradores de los estudios técnicos**

---

### **INVENTARIO NACIONAL DE EMISIONES Y ABSORCIONES DE GASES DE INVERNADERO. AÑOS 1990 Y 1994**

---

#### **Autores**

C. López, P. V. Fernández, R. W. Manso, A. Wallo, A. V. Guevara, A. León, M. E. García, L.P. López, D. Puente, D. Ramos, A. M. García, B. R. Díaz, E. Martínez, R. Batules, J.J. Alea, K. Socarras, D. Pérez, I. López, A. Jam, A. Maestrey, J. Pena, M. O. Martínez

#### **Colaboradores**

L. Paz, A. Collazo, A. Perera, R. Estrada, O. Muñiz, M. Skeen, J.M. Alpizar, B. R. Mestre, J. M. Perez, J. J. Dávalos, B. R. Díaz, J. L. Sopeña, C. Hernández, J. A. Delgado, J. A. Sisto, V. B. Henríquez, R. Acosta, L. E. Morejón, E. Casanova, C. M. Rodríguez

### **IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMATICO Y MEDIDAS DE ADAPTACION EN CUBA**

---

#### **Autores**

T. Gutiérrez, A. Centella, M. Limia R.R. Rivero, M. López, E. Planos, O. Barros, A. Carrasco, M. Hernández, P. E. García, M. Izquierdo, R. E. Rivero, G. Gómez, A. Alvarez, D. R. García, I. Martínez, M. Sánchez, S. Jiménez, A. I. Porras, J. Cortinas, L. Llanes, C. Milián, L. Alvarez, A. L. Pérez, C. M. Rodríguez, C. A. Alvarez, A. D. Bouquet, A. G. Suárez, A. J. López, A. R. Chamizo, H. Ferrás, A. Martel, D. Vilamajó, E. Mojena, P. L. Ortiz, V. Guevara, A. E. Pérez, M. Díaz, F. Dickinson, P. Pedrozo, S. Borroto, B. Galindo

#### **Colaboradores**

N. E. Rivero, Z. I. Rivero, A. Roque, E. C. Lavado, D. Francis, W. A. Carnet, A. Agramonte, N. Varela, J. Morejón, G. Q. Oramas, B. Faure, A. Marrero, J. M. Gracia, A. Duarte, H. Gra



**ESTUDIO DE PAÍS SOBRE LA MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO**

---

**Autores**

A. Curbelo, J. Llanes, A. Alvarez, J.J. Alea, J. F. Zúñiga, M. Cobas, D. Pérez

**Colaboradores**

I. López

---

## **ANEXO 4 Organismos, instituciones y organizaciones que han colaborado en el proceso de la Comunicación Nacional**

---

### **Ministerios**

---

*Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente*

*Ministerio de Economía y Planificación*

*Ministerio de Relaciones Exteriores*

*Ministerio de la Industria Básica*

*Ministerio de la Industria Sidero-Mecánica*

*Ministerio de la Industria Pesquera*

*Ministerio de la Industria Alimenticia*

*Ministerio de las Fuerzas Armadas*

*Ministerio de la Construcción*

*Ministerio de la Agricultura*

*Ministerio de Salud Pública*

*Ministerio del Azúcar*

*Ministerio del Interior*

*Ministerio de Transporte*

### **Instituciones**

---

*Instituto de Meteorología*

*Centro de Inspección, Gestión y Educación Ambiental*

*Instituto de Investigaciones Forestales*

*Centro de Gerencia y Proyectos Priorizados*

*Centro de Tecnología Nuclear*

*Oficina Nacional de Estadísticas*

*Instituto de Planificación Física*

*Facultad de Economía de la Universidad de La Habana*

*Instituto de Investigaciones Económicas*

*Centro de Investigaciones y Desarrollo del Transporte.*

*Centro de Investigaciones de la Economía Mundial*

*Instituto de Aeronáutica Civil de Cuba*

## **Organizaciones**

---

---

*Sociedad Meteorológica de Cuba*

*CUBASOLAR*

---

## ANEXO 5. Símbolos y Abreviaturas

---

### Abreviaturas

AB	Asma Bronquial
AMA	Agencia de Medio Ambiente
ARCH	Proceso autorregresivo con varianza no constante
BAPMON	Red Mundial de Monitoreo del Fondo de la Contaminación de la Atmósfera
CEE	Comunidad Económica Europea
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CETRA	Centro de Estudios y Desarrollo del Transporte
CIN	Comité Intergubernamental de Negociación
CITMA	Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente de Cuba
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático
COMARNA	Comisión Nacional para la Protección del Medio Ambiente y la Conservación de los Recursos Naturales
COVDM	Compuestos orgánicos volátiles distintos al Metano
CT	Ciclones Tropicales
DBO	Demanda bioquímica de oxígeno
E	Evapotranspiración potencial
EA	Emisión Agregada
EDA	Enfermedad diarreica aguda
EM	Enfermedad meningocócica
ENOS	El Niño/ Oscilación del Sur
ETP	Evapotranspiración
GEF	Fondo para el Medio Ambiente Mundial
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GWP	Potencial de Calentamiento Atmosférico Global
HADCM2	Modelo de Circulación General del Centro Hadley del Reino Unido
IACC	Instituto de Aeronáutica Civil de Cuba
INRH	Instituto Nacional Recursos Hidráulicos
INSMET	Instituto de Meteorología
IPCC	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático
IRA	Infección respiratoria aguda
IS92a	Escenario de emisiones desarrollado por el IPCC
hab	Habitantes
HV	Hepatitis Viral
KYOTO A1	Escenario de emisiones de gases de efecto invernadero que toma en cuenta

	el Protocolo de Kyoto
MAGICC	Modelo climático simple para evaluar el cambio climático inducido por los gases de efecto invernadero
MCG	Modelos de Circulación General
MEP	Ministerio de Economía y Planificación
MINAGRI	Ministerio de Agricultura
MINAZ	Ministerio del Azúcar
MINSAP	Ministerio de Salud Pública
MLC	Moneda libremente convertible
OACE	Organismos de la administración central del Estado
OMM	Organización Meteorológica Mundial
OMS	Organización Mundial de la Salud
ONE	Oficina Nacional de Estadística
OSU	Modelo de Circulación General de la Universidad de Oregon E.U.
P	Precipitación
PIB	Producto interno bruto
PIGB	Programa Internacional Geosfera Biosfera
PNCT	Programa Nacional Científicos Técnicos
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas Para el Medio Ambiente
PRCT	Programa Ramal de Ciencia y Tecnología
Q	Lámina de escurrimiento
SAH	Sistema de asentamientos humanos
SCENGEN	Generador de escenarios
SIMUVIMA	Sistema Mundial de Vigilancia del Medio Ambiente
SMO03	Sistema Mundial de Observación del Ozono
UKTR	Modelo de Circulación General de la Oficina de Meteorología del Reino Unido
UNEP	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
UNITAR	Instituto de las Naciones Unidas para la Formación Profesional y la Investigación
V	Varicela
VAG	Vigilancia de la Atmósfera Global
VMM	Vigilancia Meteorológica Mundial
VRS	Vertederos de residuos sólidos

### **Símbolos Químicos**

CO	Monóxido de carbono
CO2	Dióxido de Carbono
CH4	Metano
HFCs	Hidrofluorocarbonos

---



---

NO <sub>x</sub>	Oxidos Nitrosos
N <sub>2</sub> O	Oxido Nitroso
PFCs	Perfluorocarbonos
SF <sub>6</sub>	Hexafluoruro de Azufre
SO <sub>2</sub>	Dióxido de Azufre

### **Unidades de medida y equivalencias**

km	Kilometro ( $10^3$ m)
°C	Celsius (= 273 °Kelvin)
Caballería	= 13.43 ha
GWh	Gigawatt por hora ( $10^9$ W/h)
h	Horas
ha	Hectáreas ( $10^4$ m)
hPa	hectopascals ( $10^2$ Pa = $10^2$ kg m <sup>-1</sup> s <sup>-2</sup> )
km/h	Kilómetros por hora
km <sup>2</sup>	Kilómetro cuadrado
km <sup>3</sup>	Kilómetro cúbico
kwh	Kilowatt por hora ( $10^3$ kg m <sup>-1</sup> s <sup>-3</sup> )
m	Metro
mm	Milímetros ( $10^{-3}$ m)
MM	Millón ( $10^6$ )
MMt	Millones de toneladas
Mw	Megawatt ( $10^6$ W)
Quintales	= 45.36 kg
tm	Toneladas métricas ( $10^3$ kg)
tm s	Toneladas de materia seca
W	Watt (kg m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup> )