

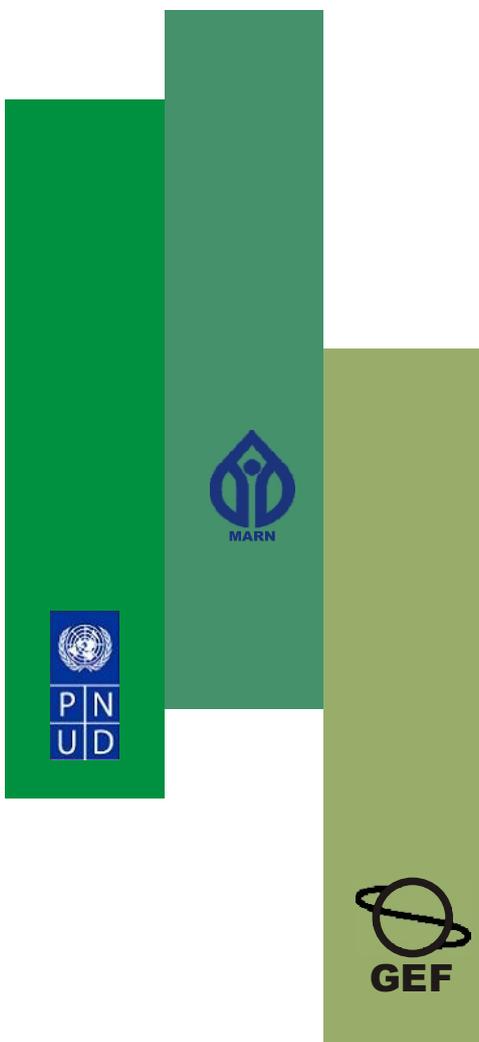
# Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático de Venezuela



República Bolivariana de Venezuela



# Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático de Venezuela



Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales  
Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo  
Fondo Mundial para el Medio Ambiente

2005  
Caracas  
República Bolivariana de Venezuela



# Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático de Venezuela

## AUTORES

### Inventario GEI

Dr. Juan Carlos Sánchez M. Coordinador-Consultor  
Biólogo José Manduca: HIDROIMPACTO, C.A.  
Ing. Ángela Di Doménico: HIDROIMPACTO, C.A.  
Químico Teotiste Muñoz: HIDROIMPACTO, C.A.  
Dr. Helios Silvestre M.: CTI 3007, C.A.  
Dr. Emmanuel Morett N.: CTI 3007, C.A.  
Ing. Jacinto Artigas M.: CTI 3007, C.A.  
Ing. Oscar González P.: CTI 3007, C.A.  
Lic. Doris Valero A.: CTI 3007, C.A.  
Dr. Manuel Briceño M.: IFLA  
Ing. Ernesto Arends: IFLA  
Ing. Jose Lozada: IFLA  
Ing. MSc. Ángel Infante: IFLA  
Ing. María Lourdes Rangel: IFLA  
Ing. Félix Franquis: IFLA  
Geog. Reinaldo Carrasquero: IFLA  
Ing. Francisco Rivas: IFLA  
TSU. Kenlis Salas: IFLA

### Variabilidad climática en Venezuela

Dr. Pedro Cárdenas: Consultor  
Ing. Carmelo Gil: EDELCA  
Mt2 Rosa Alonso, TSU en Meteorología: Servicio Meteorología FAV  
Matemático Edgar De Gryze: USB CESMA  
Matemático Eduardo Lisboa: USB CESMA  
Dr. Rigoberto Andressen: ULA Fac. de Ciencias

### Impactos Socio-Económicos

Ing. Xavier Zuleta I.: OTEZU C.A.  
Ing. David E. Zuleta I.: OTEZU C.A.  
Socióloga MSc. Carmen A. Richard. OTEZU C.A.  
Geógrafo MSc. Temístocles Rojas: OTEZU C.A.  
Arquitecto Aurora Zapata: OTEZU C.A.  
Economista Oliver Belisario: OTEZU C.A.  
Antropólogo MSc. Egleé Neri: OTEZU C.A.  
Médico MSc. Miriam Morales: OTEZU C.A.

### Escenarios Climáticos y Vulnerabilidad ante el Cambio Climático

Ing. MSc. María Teresa Martelo: MARN DGCH  
Dra. Marelia Puche: UCV Fac. de Agronomía  
Ing. MSc. Oscar Silva: UCV Fac. de Agronomía  
Dra. Rosemary Warcnok: UCV Fac. de Agronomía  
Ing. Víctor García: MARN DGPOA  
Ing. MSc. Roberto Duque: CIDIAT  
Dra. Ángela Henao: CIDIAT  
Dr. Hervé Jegat: CIDIAT  
Geógrafo MSc. Esneira Quiñones: CIDIAT  
Ing. MSc. José Gregorio Rosales: CIDIAT  
Biólogo José Manduca Consultor

### Medidas de Adaptación en el Sector Agrícola

Dr. Francisco Ovalles: INIA  
Dra. Evelín Cabrera-Bisbal: INIA  
Dra. Adriana Cortéz: INIA  
Dra. María F. Rodríguez: INIA  
Dr. Juan Carlos Rey: INIA  
Dr. Juan Comerma: PDVSA  
Dra. Marelia Puche (Consultor): UCV Fac. de Agronomía  
Ing. MSc María C. Núñez (colaborador): INIA  
Ing. MSc Antonio Sánchez (colaborador): Consultor

Jacqueline Faría Pineda  
MINISTRA DEL AMBIENTE

EQUIPO COORDINADOR  
Director Nacional del Proyecto  
Ing. Rodolfo Roa D.  
MARN

Director Técnico  
Lic. José Díaz D.  
MARN

Oficial de Proyecto  
Ing. Lila Gil  
PNUD

Asistente Técnico-Administrativo  
Hidromet. Aleida Aiffil  
MARN PNUD

Compilador  
Héctor Bracho

2005

Caracas

República Bolivariana de Venezuela

Los trámites ante los organismos internacionales para organizar el proyecto *Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático de Venezuela* fueron realizados por la Oficina Sectorial de Gestión y Cooperación Internacional, del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales. La coordinación para la elaboración de la Primera Comunicación estuvo a cargo de la Dirección General de Cuencas Hidrográficas del Ministerio del Ambiente. A través de este Documento se pretende recopilar la experiencia nacional en el tema del Cambio Climático, expresada en numerosas investigaciones y trabajos realizados en diferentes áreas con la participación de representantes de los sectores: ministeriales, empresas del Estado, empresas privadas, educativo, académico y de investigación.

El proyecto *Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático de Venezuela* (MARNPNUDGEF VEN/00/G31) ha sido posible gracias al apoyo financiero del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF, por sus siglas en inglés), administrados por la Oficina del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) en Caracas.

CESMA : Centro de Estadística y Modelos Matemáticos  
CIDIAT : Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial  
DGCH : Dirección General de Cuencas Hidrográficas  
DGPOA : Dirección General de Planificación y Ordenamiento Ambiental  
EDELCA : Electrificación del Caroní  
FAV : Fuerza Aérea de Venezuela  
IFLA : Instituto Forestal Latinoamericano  
INIA : Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas  
MARN : Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales  
PDVSA : Petróleos de Venezuela  
PNUD : Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo  
UCV : Universidad Central de Venezuela  
ULA : Universidad de los Andes  
USB : Universidad Simón Bolívar

## CONTENIDO

<b>RESUMEN EJECUTIVO</b>	
<b>SUMMARY</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>CIRCUNSTANCIAS NACIONALES</b>	<b>3</b>
1.1. Ubicación geográfica	3
1.2. Regiones naturales	4
1.3. Clima	5
1.4. Población	6
1.5. Recursos hídricos	7
1.6. Biodiversidad	9
1.7. Áreas Bajo Régimen de Administración Especial (ABRAE)	10
1.8. Recursos forestales	12
1.9. Suelos y tierras	12
1.10. Agricultura	14
1.11. Recursos energéticos	14
1.12. Economía	14
1.13. Industria	18
1.14. Transporte	19
1.15. Desechos	19
1.16. Retos ambientales	19
1.17. Estructura de Gobierno	20
1.18. El modelo venezolano	20
1.19. Participación en organizaciones internacionales	20
1.20. Acuerdos ambientales internacionales	21
<b>2. INVENTARIO GENERAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO</b>	<b>23</b>
2.1. Contribución de Venezuela a las emisiones globales del CO <sub>2</sub>	24
2.2. Emisiones totales de GEI en Venezuela	24
2.3. El sector energético	24
2.3.1. Características del sector	
2.3.2. Emisiones de Gases de Efecto Invernadero	
2.4. Los procesos industriales	31
2.4.1. Características	
2.4.2. Producción de cemento	
2.4.3. Producción de cal	
2.4.4. Uso de piedra caliza y dolomita	
2.4.5. Producción y utilización de carbonato sódico	
2.4.6. Producción de amoníaco	
2.4.7. Producción de ácido nítrico	
2.4.8. Producción de carburo de silicio	
2.4.9. Otros productos químicos	
2.4.10. Producción de hierro y acero	
2.4.11. Producción de ferro-silicio	
2.4.12. Producción de aluminio	
2.4.13. Emisiones de Gases de Efecto Invernadero	

<b>2.5. El sector agrícola</b>	<b>35</b>
2.5.1. Descripción del sector	
2.5.2. El ganado doméstico	
2.5.3. Los cultivos de arroz	
2.5.4. La quema prescrita de sabanas	
2.5.5. La quema en el campo de residuos agrícolas	
2.5.6. Los suelos agrícolas	
2.5.7. Emisiones de Gases de Efecto Invernadero	
2.5.8. Emisiones del ganado doméstico	
2.5.9. Emisiones de las plantaciones de arroz	
2.5.10 Emisiones por la quema prescrita de sabanas	
2.5.11. Emisiones por la quema en el campo de residuos agrícolas	
2.5.12. Emisiones de los suelos agrícolas	
<b>2.6. Cambio de usos de la tierra y silvicultura</b>	<b>44</b>
2.6.1. Cambios de biomasa en bosques y otro tipo de vegetación leñosa	
2.6.2. Conversión de bosques	
2.6.3. Absorción de carbono por tierras abandonadas en proceso de regeneración en los últimos 20 años	
2.6.4. Emisiones o absorción de CO <sub>2</sub> en los suelos debido al manejo y cambio de uso de la tierra	
2.6.5. Abonado con cal en tierras dedicadas a la agricultura	
2.6.6. Emisiones de Gases de Efecto Invernadero	
<b>2.7. El manejo de desechos</b>	<b>48</b>
2.7.1. La Disposición de los residuos sólidos en Venezuela	
2.7.2. El tratamiento de las aguas residuales en Venezuela	
2.7.3. Emisiones de Gases de Efecto Invernadero	
<b>3. PROGRAMAS, POLÍTICAS Y MEDIDAS SECTORIALES. PLANTEAMIENTO ESTRATÉGICO GENERAL</b>	<b>51</b>
<b>3.1. Introducción</b>	<b>51</b>
<b>3.2. Líneas estratégicas</b>	<b>53</b>
<b>3.3. Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC), Protocolo de Kyoto y Mecanismo de Desarrollo Limpio</b>	<b>55</b>
<b>3.4. Marco legal</b>	<b>55</b>
<b>3.5. Marco institucional</b>	<b>56</b>
<b>3.6. Programas y proyectos actualmente en marcha directamente aprovechables para la estrategia general para el Cambio Climático</b>	<b>57</b>
<b>4. VARIABILIDAD CLIMÁTICA NATURAL Y VULNERABILIDAD</b>	<b>59</b>
<b>4.1. Introducción</b>	<b>59</b>
<b>4.2. Factores que influyen la variabilidad climática en Venezuela. Impactos</b>	<b>59</b>
<b>4.3. Variabilidad climática observada en Venezuela en el siglo XX</b>	<b>60</b>
4.3.1. Tasas de cambio de las temperaturas media y extremas	
4.3.2. Tasa de cambio de la precipitación	
4.3.3. Cambios en la ocurrencia de lluvias extremas	
<b>4.4. Conocimiento sobre Paleoclimatología de Venezuela</b>	<b>63</b>
<b>4.5. Vulnerabilidad y capacidad actual de adaptación a la variabilidad climática</b>	<b>64</b>
<b>5. IMPACTOS AMBIENTALES Y SOCIOECONÓMICOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO. POSIBLES MEDIDAS DE ADAPTACIÓN</b>	<b>67</b>
<b>5.1. Introducción</b>	<b>67</b>
<b>5.2. Escenarios y modelos utilizados en la Primera Comunicación Nacional</b>	<b>67</b>
<b>5.3. Cambios ambientales generales</b>	<b>69</b>
5.3.1. Cambios en los patrones de temperatura	
5.3.2. Cambios en los patrones de precipitación	
5.3.3. Cambios en los patrones de tipos climáticos según Thornthwaite	
5.3.4. Cambios en los patrones del número de meses húmedos	
5.3.5. Cambios en los patrones de excesos de agua	
5.3.6. Medidas posibles de adaptación	
<b>5.4. Impactos en el sector agrícola</b>	<b>82</b>
5.4.1. Características de la agricultura y los agro-ecosistemas de Venezuela	
5.4.2. Cambios en los rendimientos	

5.4.3. Cambios en el uso de agua	
5.4.4. Cambios los periodos de crecimiento de cultivos prioritarios en zonas afectadas por el cambio climático	
5.4.5. Cambios en algunos de los principales sistemas productivos	
5.4.6. Medidas posibles de adaptación	
<b>5.5. Impactos en el sector recursos hídricos</b>	<b>92</b>
5.5.1. Cambios en la escorrenfía en 7 cuencas prioritarias	
5.5.2. Cambios en la recarga en 2 acuíferos prioritarios	
5.5.3. Efecto en la prestación de los servicios de agua potable y saneamiento	
5.5.4. Medidas posibles de adaptación	
<b>5.6. Impactos por el ascenso del nivel del mar</b>	<b>97</b>
5.6.1. Medidas posibles de adaptación	
<b>5.7. Impactos socioeconómicos</b>	<b>98</b>
5.7.1. Sobre la producción petrolera	
5.7.2. Dimensión económica	
5.7.3. Dimensión social	
5.7.4. Jerarquización de los requerimientos de adaptación	
<b>6. OPORTUNIDADES DE MITIGACIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO</b>	<b>109</b>
<b>6.1. Distribución sectorial de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero</b>	<b>109</b>
<b>6.2. Características del sector energético</b>	<b>110</b>
<b>6.3. Opciones de mitigación de emisiones del sector energía</b>	<b>115</b>
<b>6.4. Opciones de mitigación de emisiones en el subsector transporte</b>	<b>118</b>
<b>6.5. Opciones de mitigación de emisiones por manejo de desechos sólidos</b>	<b>119</b>
<b>6.6. Opciones de mitigación de emisiones del sector forestal</b>	<b>120</b>
<b>7. REQUERIMIENTOS NACIONALES PARA AFRONTAR EL CAMBIO CLIMÁTICO</b>	<b>121</b>
<b>7.1. Incremento de capacidades técnicas, personales e institucionales</b>	<b>121</b>
<b>7.2. Reforzamiento de capacidades interinstitucionales para el manejo integrado del cambio climático</b>	<b>122</b>
<b>7.3. Transferencia de tecnología</b>	<b>123</b>
7.3.1. Los requerimientos de tecnología en Venezuela	
7.3.2. Necesidad de mejora de capacitación	
7.3.3. Barreras identificadas en la transferencia de tecnología	
7.3.4. Elementos clave para la transferencia de tecnología	
<b>8. INVESTIGACIÓN Y OBSERVACIÓN SISTEMÁTICA</b>	<b>127</b>
<b>8.1. La organización de las mediciones climáticas en Venezuela</b>	<b>127</b>
<b>8.2. La capacidad de medición sistemática de Venezuela</b>	<b>128</b>
<b>8.3. La investigación en las áreas relacionadas con el Cambio Climático en Venezuela</b>	<b>129</b>
<b>9. DIVULGACIÓN Y CONCIENCIACIÓN</b>	<b>131</b>
<b>9.1. Plan Nacional de Difusión de Información sobre Cambio Climático</b>	<b>131</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura R.1. Emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita por países

Figura R.2 Balance de emisiones y absorción de GEI en Venezuela para el año 1999, expresadas como CO<sub>2</sub> equivalente

MAPANº 1 MAPA POLÍTICO DE VENEZUELA

MAPANº 2 MAPA FÍSICO DE VENEZUELA

MAPANº 3 MAPA DE ÁREAS BAJO RÉGIMEN DE ADMINISTRACIÓN ESPECIAL (ABRAE)

MAPANº 4 MAPA DE ÁREAS FORESTALES DE VENEZUELA

MAPANº 5 MAPA DE SUELOS DE VENEZUELA

MAPANº 6 MAPA DE ÁREAS AGRÍCOLAS DE VENEZUELA

Figura 1.1 Índice de Desarrollo Humano, 1990 a 2004

Figura 2.1 Emisiones de CO<sub>2</sub> en Países Latinoamericanos

Figura 2.2. Emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita por países

Figura 2.3 Balance de Emisiones y Absorción de GEI en Venezuela para el año 1999, expresadas como CO<sub>2</sub> equivalente

Figura 5.1 Representación esquemática del signo de cambio (positivos o negativos) de la precipitación trimestral y anual futura en cada grilla del país, según los modelos UKTR (Mod. 2) y CCCEQ (Mod. 11)

Figura 5.2 Comparación entre la precipitación media anual actual (1961-1990) y la precipitación media anual futura bajo el Escenario Climático Intermedio (SRESA2, Sensitividad Climática Media 2,5 °C) según los modelos UKTR (Mod. 2) y CCCEQ (Mod. 11)

Figura 5.3 Comparación entre la precipitación trimestral Dic-Feb actual y futura según los modelos UKTR (mod2) y CCC-EQ (Mod. 11) para el 2060 bajo el Escenario Climático Intermedio (SRES-A2, Sensitividad Climática Media 2,5°C) escala reducida

Figura 5.4 Comparación entre la precipitación trimestral Dic-Feb actual (1961-1990) y la precipitación trimestral media futura según los modelos UKTR (Mod. 2) y CCC-EQ (Mod. 11) para el 2060 bajo el Escenario Climático Intermedio (SRES-A2, Sensitividad Climática Media 2,5°C).

Figura 5.5 Comparación entre la precipitación trimestral Mar-May actual (1961-1990) y la precipitación trimestral media futura según los modelos UKTR (Mod. 2) y CCC-EQ (Mod. 11) para el 2060 bajo el Escenario Climático Intermedio (SRES-A2, Sensitividad Climática Media 2,5°C).

Figura 5.6 Comparación entre la precipitación trimestral Jun-Ago actual (1961-1990) y la precipitación trimestral media futura según los modelos UKTR (Mod. 2) y CCC-EQ (Mod. 11) para el 2060 bajo el Escenario Climático Intermedio (SRES-A2, Sensitividad Climática Media 2,5°C)

Figura 5.7 Comparación entre la precipitación trimestral Sep-Nov Actual (1961-1990) y la precipitación trimestral media futura según los modelos UKTR (Mod. 2) y CCC-EQ (Mod. 11) para el 2060 bajo el Escenario Climático Intermedio (SRES-A2, Sensitividad Climática Media 2,5°C)

Figura 5.8 Distribución actual (1961-1990) de los tipos climáticos según Thornthwaite

Figura 5.9 Distribución espacial de los tipos climáticos de Thornthwaite según los modelos UKTR (Mod. 2) y CCC-EQ (Mod. 11) para 2020, 2040, 2060, bajo el Escenario Climático Intermedio (SRES-A2, Sensitividad Climática Media 2,5°C)

Figura 5.10 Número de meses húmedos (ETR : ETP) según los Balances Hídricos promedio actual (1961-1990) y futuros para los modelos UKTR (Mod. 2) y CCCEQ (Mod. 11) para el lapso de 30 años centrado en 2060, bajo el Escenario Climático Intermedio (SRESA2, Sensitividad Climática Media 2,5 °C)

Figura 5.11 Exceso anual (mm) actual (1961-1990) y futuro según los modelos UKTR (Mod. 2) y CCC-EQ (Mod. 11) para el lapso de 30 años centrado en 2060, bajo el Escenario Climático Intermedio (SRES-A2, Sensitividad Climática Media, 2,5°C)

Figura 5.12 Exceso anual (mm) actual (1961-1990) y futuro según los modelos UKTR (Mod. 2) y CCC-EQ (Mod. 11) para el lapso de 30 años centrado en 2060, bajo el Escenario Climático Intermedio (SRES-A2, Sensitividad Climática Media, 2,5°C) Escala Ampliada

Figura 5.13 Ubicación espacial de las localidades seleccionadas para la evaluación del impacto del Cambio Climático en el sector agrícola

Figura 5.14 Principales Cuencas hidrográficas de Venezuela

Figura 5.15 Ubicación de los acuíferos con mayor grado de deterioro en Venezuela

Figura 5.16 Ubicación geográfica de las áreas de estudio sobre el incremento del nivel del mar

Figura 6.1 Producción de energía primaria en Venezuela (MMBEP)

Figura 6.2 Usos del petróleo (MMBBL)

Figura 6.3 Usos de los hidrocarburos (MMBBL)

Figura 6.4 Usos del gas natural en Venezuela (MMm<sup>3</sup>)

Figura 6.5 Generación de energía eléctrica en Venezuela (GWh)

Figura 6.6 Consumo total de energía por sectores

## LISTA DE CUADROS

- Cuadro R.1. Resumen del Inventario de Emisión y Absorción de Gases de Efecto Invernadero de Venezuela para el año 1999
- Cuadro N° 1.1 Valores medios de variables meteorológicas de Grandes Regiones de Venezuela Registro histórico: 1990 1997
- Cuadro N° 1.2 Regiones hidrográficas
- Cuadro N° 1.3 Reservas totales de aguas subterráneas por regiones
- Cuadro N° 1.4 Relación de la superficie de ABRAE, la superficie con vegetación y el índice de vegetación
- Cuadro N° 1.5 Indicadores de Producción Agrícola en Venezuela para 1999
- Cuadro N° 1.6 Principales Fuentes de generación de hidráulica y térmica para el año 2001
- Cuadro N° 1.7 Principales Indicadores de la Industria Manufacturera a Nivel Nacional según Estrato de Ocupación Año 2000
- Cuadro N° 2.1 Resumen del Inventario de Emisión y Absorción de Gases de Efecto Invernadero de Venezuela para el año 1999
- Cuadro N° 2.2 Potencial de Calentamiento Global (PCG) de los GEI
- Cuadro N° 2.3 Producción total de energía primaria en 1999
- Cuadro N° 2.4 Consumo total de energía en 1999
- Cuadro N° 2.5 Exportaciones totales de energía en 1999
- Cuadro N° 2.6 Emisiones de GEI del sector energía en 1999
- Cuadro N° 2.7 Distribución de las emisiones de CO<sub>2</sub> del sector energía
- Cuadro N° 2.8 Distribución de las emisiones de N<sub>2</sub>O del sector energía
- Cuadro N° 2.9 Emisiones de GEI provenientes de los procesos industriales en 1999
- Cuadro N° 2.10 Cifras de población animal para 1999 (N° de cabezas)
- Cuadro N° 2.11 Distribución porcentual de las existencias de bovinos según entidad federal, 1999
- Cuadro N° 2.12 Superficie cosechada y producción de cultivos de interés para el cálculo del Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero
- Cuadro N° 2.13 Superficie de sabanas por sub-región en Venezuela (hectáreas)
- Cuadro N° 2.14 Estimación de la superficie y biomasa quemadas según tipo de sabana. Año 1999
- Cuadro N° 2.15 Estimación de la producción de materia seca de cultivos no fijadores de nitrógeno considerados en la producción de residuos agrícolas
- Cuadro N° 2.16 Emisiones de Gases de Efecto Invernadero procedentes de las actividades agrícolas en 1999 (Gg)
- Cuadro N° 2.17 Emisiones del ganado doméstico (Gg)
- Cuadro N° 2.18 Emisiones de metano procedentes de arrozales anegados (Gg). Año 1999
- Cuadro N° 2.19 Emisiones de Gases de Efecto Invernadero procedentes de la quema prescrita de sabanas. Año 1999
- Cuadro N° 2.20 Emisiones de Gases de Efecto Invernadero procedentes de la quema de residuos agrícolas en el campo. Año 1999
- Cuadro N° 2.21 Emisiones de óxido nitroso procedente de los suelos agrícolas
- Cuadro N° 2.22 Área boscosa y tasa de crecimiento de plantaciones y bosques de Venezuela
- Cuadro N° 2.23 Producción nacional de madera y relación de conversión-expansión de la biomasa. Año 1999
- Cuadro N° 2.24 Área boscosa convertida anualmente y biomasa presente antes y después de la conversión de bosques en Venezuela
- Cuadro N° 2.25 Superficie de tierras abandonadas en los últimos 20 años y tasa de crecimiento de la biomasa aérea en Venezuela
- Cuadro N° 2.26 Superficie de tierras abandonadas por más de 20 años y tasa de crecimiento de la biomasa aérea en Venezuela
- Cuadro N° 2.27 Superficie y contenido de carbón de suelos minerales en Venezuela para distintos sistemas agrícolas
- Cuadro N° 2.28 Superficie destinada al uso agrícola de suelos orgánicos y tasa de pérdida anual de carbono
- Cuadro N° 2.29 Total de Kg de cal utilizada anualmente en Venezuela, para diferentes rubros agrícolas
- Cuadro N° 2.30 Emisiones y absorción de Gases de Efecto Invernadero del sector cambio de uso de la tierra y silvicultura (gg)
- Cuadro N° 2.31 Generación de residuos sólidos urbanos en función del tamaño de la población municipal
- Cuadro N° 2.32 Estimación de la disposición final de residuos sólidos urbanos por tipo de vertedero. Año 1999
- Cuadro N° 2.33 Participación porcentual de los componentes orgánicos en el total de residuos sólidos urbanos recolectados, según tamaño de la población municipal. 1999
- Cuadro N° 2.34 Emisiones de Gases de Efecto Invernadero procedentes del Manejo de Desechos durante 1999 (Gg)
- Cuadro N° 3.1 Metas del Milenio propuestas por Venezuela y su relación con los principales programas sociales
- Cuadro N° 5.1 Resumen de las características que definen los Escenarios Climáticos, Lapsos y Modelos de Circulación Global de la Atmósfera utilizados en la Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático

- Cuadro N° 5.2 Características generales de las localidades seleccionadas para la evaluación del impacto del Cambio Climático en el sector agrícola
- Cuadro N° 5.3 Reducciones en los rendimientos de los cultivos para los períodos 2020 y 2060 con relación al período actual (promedio 1960-1990)
- Cuadro N° 5.4 Variaciones en las variables relacionadas con el uso del agua de los cultivos para los períodos 2020 y 2060 con relación al período actual
- Cuadro N° 5.5 Reducciones en la longitud del ciclo de los cultivos para los períodos 2020 y 2060 con relación al período actual
- Cuadro N° 5.6 Estimación de las reducciones en los rendimientos y producción según las estadísticas nacionales y las predicciones para el 2020
- Cuadro N° 5.7 Impacto del cambio del régimen hídrico por regiones y rubros agrícolas
- Cuadro N° 5.8 Disminuciones e Incrementos significativos de caudal para un intervalo de confianza de 95%
- Cuadro N° 5.9 Disminuciones e Incrementos significativos de la recarga de los acuíferos evaluados para un intervalo de confianza de 95%
- Cuadro N° 5.10 Incremento de los niveles del mar para los años 2015, 2040 y 2060, según corrida del programa MAGICC-SCENGEN (escenario de emisiones SRESA2, sensibilidad media)
- Cuadro N° 5.11 Totales de áreas inundadas
- Cuadro N° 5.12 Identificación de impactos económicos derivados del Cambio Climático
- Cuadro N° 5.13 Identificación de impactos sociales derivados del Cambio Climático
- Cuadro N° 6.1 Contribución de los sub-sectores energéticos a las emisiones de CO<sub>2</sub> del sector energía. Año 1999
- Cuadro N° 6.2 Emisiones de CH<sub>4</sub> de la industria petrolera según actividades
- Cuadro N° 6.3 Distribución de las emisiones de CH<sub>4</sub> de la industria petrolera según sus fuentes

# RESUMEN

## INTRODUCCIÓN

La posibilidad de un cambio climático global, como resultado de las emisiones de origen antrópico de gases de efecto invernadero, se convirtió en una importante preocupación de la comunidad científica internacional hace más de dos décadas; ello condujo a la creación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambios Climáticos (IPCC) y al proceso de negociación internacional que resultó en la aprobación de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (UNFCCC). Esta Convención fue firmada por 155 países (Venezuela entre ellos) en la "Cumbre de la Tierra", celebrada en Río de Janeiro en 1992.

La Convención requiere que todas las "Partes" elaboren y publiquen inventarios nacionales de emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero, así como planes para reducir o controlar estas emisiones.

En este contexto, el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales, a través de la Dirección General de Cuencas Hidrográficas ha completado la "Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático de Venezuela" con la asistencia financiera del Fondo Ambiental Global (GEF), a través del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

El informe está organizado en nueve capítulos, comenzando con las circunstancias nacionales donde se describe las características naturales y socioeconómicas de Venezuela. A continuación, se presenta el inventario de gases de efecto invernadero realizado en 1999, luego los programas, políticas y medidas sectoriales que conforman el planteamiento estratégico general. Seguidamente, los estudios realizados para determinar la vulnerabilidad climática del país, impactos asociados y medidas de adaptación. Asimismo, se presentan las oportunidades identificadas para mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero, los requerimientos nacionales para enfrentar el cambio climático, los esfuerzos realizados en cuanto a investigación y observación sistemática y los planes de divulgación.

## CIRCUNSTANCIAS NACIONALES

### *Ubicación geográfica*

La República Bolivariana de Venezuela está situada en el continente americano, al norte de la América del Sur, sobre la costa del mar Caribe. Sus coordenadas geográficas son las siguientes: 00° 38' 53"; 12° 12' 00" de latitud norte y 59° 47' 50"; 73° 22' 38" de longitud oeste, y su superficie es de 916.445 km<sup>2</sup>. Limita al norte con la República Dominicana, Antillas Neerlandesas y Estados Unidos (Puerto Rico e Islas Vírgenes Estadounidenses), por el Este con Francia (Martinica y Guadalupe), Trinidad-Tobago y Guyana; por el Sur con Colombia y Brasil, y por el Oeste con Colombia.

### *Clima*

La mayor parte del país tiene un clima tropical lluvioso, con una temporada seca influenciada por la alta presión del Atlántico y una temporada de lluvias afectada por la Zona de Convergencia Intertropical, donde convergen los vientos alisios del noreste y del sureste. Los valores promedio de evaporación en zonas bajas es más de 2.000 mm anuales, y en zonas altas menores a 500 mm anuales. La humedad relativa promedio anual es de 70% a 85%, siendo los mínimos de 50% a 70%. La precipitación puede variar desde menos de 400 mm anuales en las zonas áridas y semiáridas de las regiones centrales y costeras, hasta más de 4.000 mm hacia el sur. Las temperaturas medias diarias oscilan entre 28 °C en zonas bajas continentales (centro de los Llanos) hasta menos de 0°C en los páramos andinos.

### *Población*

La población de Venezuela (según el censo general del año 2001) es de 23.054.210 habitantes. La tasa de crecimiento poblacional es de 2,2% interanual.

### *Recursos hídricos*

Aproximadamente el 85% del escurrimiento total corresponde al territorio ubicado al sur del Orinoco y el 15% restante presenta una repartición muy irregular. En cuanto a las aguas subterráneas, la explotación de acuíferos

representa, en muchas regiones, la única solución a las demandas de agua para cubrir las más elementales necesidades de la población. El 40% de abastecimiento de agua potable, industrial y de riego proviene de aguas subterráneas.

### **Biodiversidad**

Venezuela se ubica entre los primeros diez países con mayor diversidad biológica del planeta y el sexto lugar en América (MARN 2001). Esta condición se debe en gran parte a la convergencia de cuatro importantes regiones biogeográficas: la Amazónica, Andina, Caribeña y Guayanesa, que le confiere una alta diversidad de biomas representados en las diferentes provincias naturales. La vegetación y la fauna son los componentes más conspicuos de la diversidad biológica.

### **Recursos forestales**

A mediados de los años 80, la superficie del país cubierta por vegetación se estimó en 75.117.666 hectáreas. Ello representa el 82% del territorio nacional. De ese total, 47.493.757 hectáreas corresponden a vegetación arbórea (alturas superiores a 5 metros), 4.794.002 hectáreas a vegetación arbustiva y 22.830.089 a vegetación herbácea (MARN, 2001).

Las áreas protegidas cumplen un papel importante en la conservación de la vegetación, y el país cuenta con 246 Áreas Bajo Régimen de Administración Especial.

### **Suelos**

El 44% de las tierras en Venezuela tiene como principal limitante el relieve y en consecuencia riesgos de erosión, el 32% tiene problemas de fertilidad o de nutrición para las plantas cultivadas, el 18% limitaciones de drenaje, el 4% limitaciones de agua y aridez y sólo el 2% del territorio nacional posee tierras de buena calidad, la cual pudiera ser ampliada al 4% mediante proyectos de riego. Las mejores tierras, sin limitaciones, se concentran en Barinas, Portuguesa, Yaracuy, valles de Aragua y Carabobo, Cojedes, Sur del Lago de Maracaibo y Miranda.

Sólo el 22,6% del territorio nacional es apto para la actividad agrícola. Las tierras aptas para el aprovechamiento pecuario y forestal constituyen el 57,8% del territorio nacional.

### **Recursos energéticos**

#### **Petróleo**

Venezuela es uno de los países productores de petróleo más importante a nivel mundial: posee reservas probadas de hidrocarburos de 77,8 mil millones barriles en cuatro cuencas sedimentarias mayores: Maracaibo, Falcón, Apure y Oriente. Ello, sin contar los cientos de miles de millones de barriles de crudo extra-pesado de la Faja del Orinoco. Su producción en el año 2000 se estimó en 2,9 millones de barriles por día. De estos 2,9 millones de bbl/d, aproximadamente 453.000 bbl/d se consumieron en el país, mientras el restante 2,3 millones de bbl/d se destinó a la exportación.

En cuanto a la refinación de petróleo, PDVSA opera uno de los sistemas más grandes del continente y posee una de las refinerías más grande del mundo. La capacidad de refinación doméstica es de aproximadamente 1,3 millones de bbl/d, a la que se añade la adquisición o acceso a refinerías en Curazao, los Estados Unidos y Europa.

#### **Orimulsión**

Venezuela produce y exporta Orimulsión, un combustible fabricado con bitumen, que es usado en plantas de generación eléctrica o vapor y en diversos procesos industriales.

#### **Gas**

En relación al gas natural, Venezuela posee reservas de aproximadamente 148 billones de pies cúbicos, lo que la ubica en segundo lugar, detrás los Estados Unidos en el continente y octavo a escala mundial

#### **Carbón**

Venezuela tiene reservas del carbón recuperables de aproximadamente 528 millones de toneladas, la mayor parte

es carbón bituminoso. Venezuela es el segundo productor más grande en América Latina, después de Colombia. La producción anual es de 8,5 millones de toneladas, casi todo se exporta a otros países en la región, Estados Unidos y Europa.

### **Electricidad**

Venezuela tiene aproximadamente 21 giga-vatios (GW) de capacidad de generación eléctrica. Cuenta con la tasa de electrificación más alta de América Latina, por encima de 90%. El país produce alrededor de 87 mil millones de KWH al año, las fuentes hidráulicas, generan más del 70% de la energía consumida en el país; el mayor potencial hidroeléctrico está ubicado al sur del río Orinoco, en los ríos Caroní y Caura, los cuales representan el 75% del potencial bruto total.

### **Economía**

La economía venezolana se sustenta principalmente en los ingresos del sector petrolero, el cual contribuye significativamente al PIB y, aunque ésta contribución ha disminuido en las últimas dos décadas (de 50,7% en 1970 a 27,4% en 2000), siempre ha superado la participación de los otros sectores. Otras actividades económicas que contribuyen significativamente al PIB son: industria manufacturera (14,2%), comercio (8,1%), servicios comunitarios (6,7%), transporte y comunicaciones (6,2%), y construcción (5,1%).

### **Industria**

La producción de manufacturas está integrada por 8.400 establecimientos de la pequeña, mediana y gran industria, destacando dentro de esta última el acero, cemento, fertilizantes y ensamblaje de vehículos.

### **Transporte**

La infraestructura vial se extiende de este a oeste (en especial en la zona centro norte costera) y de sur a norte comunicando el interior del país con los principales puertos a través de los cuales se exporta la producción petrolera y minera, y se importan bienes y servicios.

### **Desechos**

En lo relativo a los rellenos sanitarios, para 1996 existían en Venezuela unos 93 vertederos de basura, 9 rellenos controlados y 40 botaderos.

### **Retos ambientales**

Los retos ambientales más relevantes de Venezuela derivan de los problemas existentes de contaminación y deforestación. Las descargas de efluentes residuales domésticos no tratados o con escaso tratamiento son también un foco importante de contaminación, así como la degradación de los suelos y el uso poco controlado de plaguicidas.

### **Participación en organizaciones y acuerdos ambientales internacionales**

Venezuela es miembro de 34 organizaciones internacionales de cooperación e integración y ha suscrito más de 14 acuerdos ambientales internacionales.

### **INVENTARIO DE GASES DE EFECTO INVERNADERO**

El inventario nacional de gases de efecto invernadero de Venezuela, para el año 1999 se realizó siguiendo las directrices del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC) revisión de 1996. Los gases incluidos en este inventario fueron: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), y óxidos de nitrógeno (No<sub>x</sub>). Los sectores considerados para la distribución de las emisiones de gases y la absorción por sumideros fueron: energía, procesos industriales, agricultura, cambio de uso de la tierra y silvicultura, y desechos.

Conforme al Cuadro R.1, Venezuela produjo una emisión neta de 99.787 Gg de CO<sub>2</sub>, producto de la emisión de 114.147 Gg por todas las fuentes consideradas y la absorción de 14.360 Gg del sector cambio de uso de la tierra y silvicultura. Asimismo, se emitieron 2.950 Gg de metano, 52 Gg de óxido nitroso y 396 Gg de óxidos de nitrógeno.

**Cuadro R.1.**  
**Resumen del Inventario de Emisión y Absorción de Gases de Invernadero de Venezuela para el año 1999.**

CATEGORÍAS DE FUENTES Y SUMIDEROS DE GEI	Emisiones en Gg (en miles de toneladas)				
	CO <sub>2</sub> Emisiones	CO <sub>2</sub> Absorción	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>
<b>Emisiones y Absorción Total de GEI</b>	<b>114.147</b>	<b>-14.360</b>	<b>2.950</b>	<b>52,00</b>	<b>360</b>
<b>1. Energía</b>	<b>105.117</b>	<b>0</b>	<b>1.821</b>	<b>0,72</b>	<b>388</b>
A. Quema de Combustible (Enfoque Usos Finales)	102.564		11	0,66	387
1. Industrias Generadoras de Energía	46.908		1	0,31	91
2. Industrias Manufactureras y de la Construcción	14.856		1	0,04	13
3. Transporte	33.730		8	0,3	279
4. Otros Sectores	7.070		1	0,01	3
B. Emisiones Fugitivas	2.533	0	1.810	0,06	1
1. Combustibles Sólidos	0		4	0	0
2. Petróleo y Gas Natural	2.533		1.806	0,06	1
<b>2. Procesos Industriales</b>	<b>9.030</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>0,26</b>	<b>0</b>
A. Productos Minerales	6.748		0	0	0
B. Industria Química	1.143		5	0	0
C. Producción de Metales	1.139		0	0	0
<b>3. Agricultura</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>835</b>	<b>49,73</b>	<b>7,79</b>
A. Fermentación Entérica			757,2	0	0
B. Manejo de Estiércol			33,2	1,52	0
C. Cultivo de Arroz			29,3	0	0
D. Suelos Agrícolas			0	47,99	6,47
E. Quema Prescrita de Sabanas			14,5	0,18	1,32
F. Quema en Campo de Residuos Agrícolas			1,2	0,04	1,00
<b>4. Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura</b>	<b>0</b>	<b>-14.360</b>	<b>3,0</b>	<b>0,02</b>	<b>1</b>
A. Cambios de Biomasa a Bosques y otros Tipo de Vegetación		-40.306			
B. Conversión de Bosques a Sabanas	10.107		3,0	0,02	1
C. Abandono de Tierras Cultivadas		-9.832			
D. Emisiones y Absorción de CO <sub>2</sub> de los Suelos	25.673	0			
<b>5. Desechos</b>			<b>285</b>	<b>1,0</b>	<b>0</b>
A. Desechos Sólidos Dispuestos en Tierra			279	0	0
B. Tratamiento de Aguas Residuales			7	1,0	0
<b>Rubros Informativos:</b>					
<b>Bunkers Internacionales</b>	<b>4.542</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Aviación	418	0	0	0	0
Marina	4.124	0	0	0	0
<b>Emisiones de CO<sub>2</sub> de la Biomasa</b>	<b>0</b>				

En cuanto a la emisión de CO<sub>2</sub> per cápita, la cifra estimada para Venezuela es de 1,3 toneladas de carbón. Ello representa una cifra inferior a la observada en países desarrollados, y similar a otros países en vías de desarrollo de Latinoamérica. La emisión per cápita de Venezuela coincide con el valor promedio mundial (Figura R.1).

En el escenario internacional, las emisiones totales de CO<sub>2</sub> de Venezuela, estimadas en 31.131 Gg de C (141.147 Gg de CO<sub>2</sub>), representan el 0,48% de las emisiones globales del planeta, calculadas en 6.492.000 Gg de C.

En tal sentido, Venezuela, a pesar de ser uno de los principales países productores y exportadores de petróleo del mundo, genera relativamente pocas emisiones de CO<sub>2</sub>. En ello incide el significativo aprovechamiento que hace Venezuela de sus recursos hídricos como fuente de energía y la extensa utilización del gas natural, en lugar de fuel, tanto para la generación eléctrica como para los usos industriales y domésticos.

Haciendo uso del Potencial de Calentamiento Global, PCG, de cada uno de los gases considerados, se realizó la comparación de todas las emisiones sobre una misma base (Figura R.2). En total, en Venezuela se produjo una emisión neta de 177.836 Gg de CO<sub>2</sub> equivalente en 1999, producto de una emisión de todas las fuentes de 192.133 Gg de CO<sub>2</sub> y la absorción de 14.297 Gg por el sector de cambio de uso de la tierra y silvicultura. Correspondió al sector energético la mayor proporción de las emisiones con 74,8% del total, mientras que el sector agrícola contribuyó con 17,2%.

#### **PROGRAMAS, POLÍTICAS Y MEDIDAS SECTORIALES. PLANTEAMIENTO ESTRATÉGICO GENERAL**

La nueva Constitución de la República, aprobada en diciembre 1999, plantea que el Desarrollo Sustentable es el enfoque que el país adoptará en sus planes de desarrollo,

dando así cumplimiento a lo acordado en la Declaración de Río de Janeiro (Cumbre de la Tierra, 1992). La dimensión ambiental es parte integral de su texto, así en su Capítulo IX, que versa sobre los Derechos Ambientales, se declara en el Artículo 127 que: "Es una obligación fundamental del Estado, con la activa participación de la sociedad, garantizar que la población se desenvuelva en un ambiente libre de contaminación, en donde el aire, el agua, los suelos, las costas, el clima, la capa de ozono, las especies vivas, sean especialmente protegidos, de conformidad con la ley." Explícitamente, la Constitución promulga así la obligación del Estado de garantizar un ambiente libre de contaminación y de proteger especialmente al clima. Se entiende que el derecho humano a un ambiente sano sólo puede lograrse mediante la protección del ambiente y ello, entre otros aspectos, implica el control de las emisiones de gases de efecto invernadero.

La estrategia general del país también contempla su adecuación para cumplir con los grandes lineamientos internacionales, especialmente la Agenda 21 y los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), como principales plataformas de acción hacia el logro del desarrollo sustentable, así como el resto de los tratados y convenciones internacionales a los cuales está suscrita Venezuela, detallados en el capítulo sobre Circunstancias Nacionales. En tal sentido, el Gobierno Nacional considera que un punto importante en la estrategia ambiental de Venezuela es lograr una sinergia entre las Convenciones de las Naciones Unidas sobre Desertificación, Biodiversidad, Ramsar, Capa de Ozono, Cambio Climático y su Protocolo de Kyoto, de modo que se optimice el uso de los recursos, tanto tecnológicos como humanos y financieros, y que las actividades que se implementen en cualquiera de ellas refuercen el cumplimiento de los objetivos de las demás.

Las políticas, programas y medidas sectoriales que integran la estrategia general para enfrentar al cambio climático se ven afectadas por las siguientes limitaciones:

Escasez de recurso humano especializado.

Debilidad de las relaciones interinstitucionales para enfrentar problemas que requieran soluciones multifactoriales.

Limitada capacidad de desarrollo tecnológico.

El 7 de diciembre 2004 entró en vigencia la Ley Aprobatoria del Protocolo de Kyoto, en este mismo instrumento se encarga al Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARN) del manejo del tema del cambio climático.

En Venezuela existen una serie de programas y proyectos en diferentes ámbitos, que por sus características son ideales para comenzar a implementar algunas acciones de la Estrategia General para el cambio climático, entre ellos se pueden mencionar:

- Programa de Conservación de Suelos y Aguas
- Proyectos de Infraestructura Social Conservacionista
- Mesas Técnicas de Agua
- Programa de Acción Nacional de la Convención para la lucha contra la Desertificación y mitigación de la Sequía y
- Plan de Acción Nacional de la Convención de Biodiversidad

#### **VARIABILIDAD CLIMÁTICA NATURAL Y VULNERABILIDAD**

La vulnerabilidad es función de la variabilidad climática y de los factores que influyen a ésta. Entre esos factores se encuentra el evento natural que induce las mayores anomalías en las precipitaciones y las temperaturas a escala global conocido como el ENOS, que presenta dos fases: la de calentamiento, conocida como El Niño, y la de enfriamiento conocida como La Niña. La temperatura aumenta durante los eventos Niño hasta en 2 °C, como se observó durante el evento 1997/98, en todo el país, y disminuye en condiciones de Niña, con cambios máximos en los meses del invierno del Hemisferio Norte.

A lo largo del siglo XX la variabilidad climática natural en el país ha cambiado; se ha determinado que han ocurrido cambios en los valores promedio, así como en la dispersión de las series (cambios en las varianzas), tanto para la temperatura como para la precipitación. Se determinó que entre 1940 y 2002 las temperaturas máximas han disminuido a razón de 0,18°C/10 años, mientras las temperaturas mínimas han aumentado a razón de 0,37°C/10 años. La precipitación, en general, ha disminuido sobre Venezuela.

La capacidad actual del país para enfrentar a la variabilidad climática natural es limitada; entre otros factores, existen debilidades en las áreas de medición sistemática de los elementos climáticos, escasez de personal especializado en el área de aplicaciones prácticas de la información climática y una débil integración interinstitucional para la organización de las actividades productivas en función de aprovechar al máximo las potencialidades del clima y reducir los riesgos asociados a éste. De no modificarse esta situación, la vulnerabilidad del país ante el cambio climático será extremadamente alta.

#### **IMPACTOS AMBIENTALES Y SOCIOECONÓMICOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO. POSIBLES MEDIDAS DE ADAPTACIÓN**

La metodología adoptada para analizar el clima futuro y su impacto en los ecosistemas y las actividades humanas, es el desarrollo de escenarios. Para el desarrollo de los escenarios en la Primera Comunicación Nacional se usó prioritariamente el escenario de emisión de gases de efecto invernadero denominado SRES-A2. Como punto de comparación se utilizó el escenario de emisión de gases de efecto invernadero SRES-B1 como el escenario climático "Optimista". Se utilizaron dos de los modelos incluidos en el MAGICC-SCENGEN, el UKTR, desarrollado por la United Kingdom Meteorological Office (Inglaterra) y el CCC-EQ desarrollado por el Canadian Center for Climate Modeling and Analysis (Canadá).

Como resultados generales de correr los modelos se obtienen incrementos de la temperatura mientras que para la precipitación, aunque la tendencia general de las simulaciones es hacia una disminución de la lluvia, en algún momento del año, ambos modelos simulan mayor precipitación. Las posibles medidas y/o políticas de adaptación a los cambios en el régimen hídrico cubren un amplio espectro de posibilidades, incluyendo los siguientes

aspectos: legales, económicos, fiscales, de ordenamiento territorial, de reforzamiento institucional, sociales, de investigación, y construcción de infraestructura.

Entre las posibles medidas de adaptación para el sector agrícola se tiene el desarrollo y distribución de híbridos y variedades de cultivos y razas de ganado resistentes a condiciones climáticas adversas (sequías, temperaturas más altas, entre otros), mejorar el rendimiento en el uso del agua mediante agricultura no-labranza y de conservación en zonas de secano, promocionar los sistemas de producción agroforestales para aumentar la capacidad de adaptación y mantener la biodiversidad, desarrollar nuevas tecnologías para zonas con escasez de tierra o agua o con problemas de suelo o clima especiales y evaluar el impacto de estas posibles medidas de adaptación en cuanto a la capacidad adaptativa del sistema de producción y la evolución de las condiciones socioeconómicas de los productores agrícolas.

En relación a los impactos en los recursos hídricos, los resultados de los modelos utilizados, aunque no guardan correlación de resultados para algunas cuencas, indican que aparentemente existen patrones de comportamiento según la ubicación de las cuencas analizadas. Esto lleva a considerar que para la proyección de futuros cambios en el caudal se requiere una mejor evaluación del complejo papel de los cambios en los patrones de temperatura, precipitación y uso de la tierra. Debido a esto, es importante disponer de una adecuada red de medición tanto de precipitación como de escorrentía, lo cual permitiría precisar los cambios de los caudales promedios y su variabilidad.

En cuanto al ascenso del nivel del mar, los resultados del estudio arrojan que el área total afectada será de 3.184,33 hectáreas (31,84 km<sup>2</sup>), siendo la longitud total de playas trabajadas 311,93 kilómetros. Del total de 3.184,33 hectáreas, 2.708,58 (el 85,05 %) corresponden a la zona de la Costa Oriental del estado Falcón, mientras que menos del 15 % se reparten entre las otras zonas.

Respecto a los impactos socioeconómicos, la contracción de la demanda petrolera estimada por la OPEP tendría consecuencias sociales y económicas adversas para Venezuela. Es por ello que la atención que reclama Venezuela, como medida para atender sus necesidades específicas, se concrete en ayuda para la diversificación de su economía, mediante la facilitación de conocimientos, transferencia de tecnología y mejoramiento de la capacidad de sus instituciones, conforme se expresa en la Convención de Cambios Climáticos y del Protocolo de Kyoto.

Se determinaron otros impactos económicos en los sectores de agricultura, caza, silvicultura, pesca, minería, electricidad, gas, agua, construcción, comercio, turismo, transporte, vialidad, instituciones financieras, y bienes inmuebles. Los sectores de dimensión social afectados serían los puertos, aeropuertos, vialidad costera, geopolítica, finanzas, ambiente, tecnológico, institucional, y legal.

#### **OPORTUNIDADES DE MITIGACIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO**

Las opciones de mitigación en el sector energía son posibles bien sea mediante la sustitución de fuentes energéticas, la incorporación de tecnologías que permiten un aprovechamiento energético más eficiente o por la adopción de prácticas de ahorro y conservación de energía. Específicamente en la industria petrolera, las oportunidades se presentan en el mejoramiento de la eficiencia energética de equipos tales como las calderas industriales, calentadores, compresores, motobombas y otros equipos operados con gas. Una muy buena oportunidad para la reducción de las emisiones de metano en las estaciones de flujo de la industria petrolera es disponer de capacidad de compresión, recolección y transporte que permitan reducir los venteos de gas a la atmósfera. Las oportunidades de reducción de emisiones en las instalaciones termoeléctricas derivan del cambio de combustible o sustitución del fuel oil por gas y de la incorporación de tecnologías que incrementan la eficiencia energética de las instalaciones.

La implantación de un programa de inspección y mantenimiento periódico de los vehículos automotores es una opción que permitiría reducir moderadamente las emisiones de gases de invernadero del sector transporte. En cuanto al sector de manejo de desechos existen

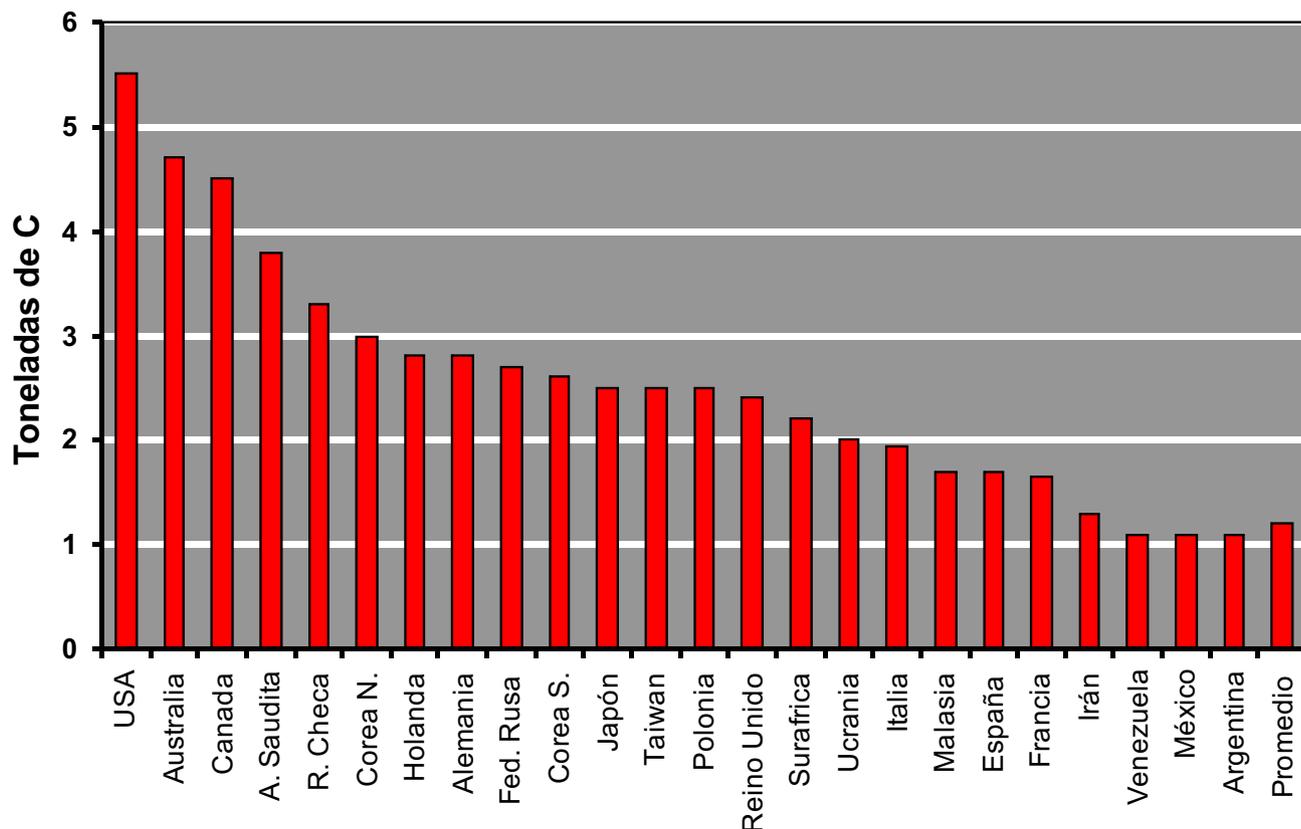


Figura R.1. Emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita por países

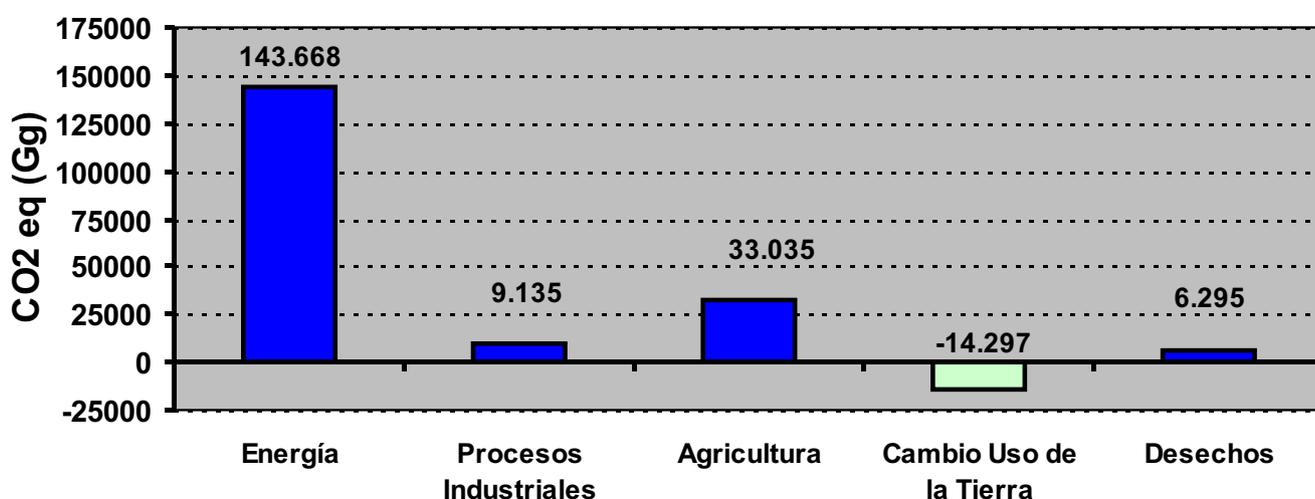


Figura R.2. Balance de emisiones y absorción de GEI en Venezuela para el año 1999, expresadas como CO<sub>2</sub> equivalente

oportunidades de reducción de las emisiones de metano, mediante prácticas de gestión de los residuos de papel y cartón, desechos de jardines y restos de alimentos. En el sector forestal el manejo de los bosques existentes con el fin de reducir las tasas de deforestación e incrementar la absorción, mediante actividades de reforestación y conservación de bosques naturales, y el desarrollo de nuevas plantaciones de bosques, ofrecen oportunidades para el incremento de la cobertura vegetal y de la absorción de CO<sub>2</sub>.

#### REQUERIMIENTOS NACIONALES PARA AFRONTAR EL CAMBIO CLIMÁTICO

Los principales requerimientos del país incluyen: el incremento de las capacidades técnicas personales e institucionales, ya que es uno de los elementos que más dificultan la tarea de enfrentar el cambio climático; el reforzamiento de capacidades interinstitucionales para el

manejo integrado del cambio climático; la transferencia de tecnologías de uso más eficiente de la energía y el acceso a conocimientos acerca del modelaje del clima; modelos de construcción de escenarios de crecimiento económico y su correspondiente demanda energética y emisiones de gases de efecto invernadero; evaluación integrada de la vulnerabilidad y adaptación; manejo integrado de riesgos y observación sistemática en océanos y ecosistemas.

#### INVESTIGACIÓN Y OBSERVACIÓN SISTEMÁTICA

En el país, la investigación sobre el cambio climático es, hasta los momentos, reducida. Los estudios sobre el tema comenzaron a finales de los años 80. En el marco de esta Primera Comunicación Nacional de Venezuela, financiados por el Global Environmental Fund (GEF) a través del PNUD (Proyecto MARNPNUD VEN/00/G31), se desarrollaron una serie de estudios que muestran los cambios que ha

experimentado la temperatura, la precipitación y los eventos extremos de precipitación diaria a lo largo del siglo XX en el país, el impacto sobre la agricultura, los recursos hídricos y el nivel del mar, y los impactos socioeconómicos generales. La investigación en el área se ha realizado en Universidades y Centros de Investigación, sin embargo, estos esfuerzos se vienen realizando de manera aislada. La organización de un programa integrado de investigación forma parte de la Estrategia General para el cambio climático, en lo relativo al fomento de la investigación orientada a la toma de decisiones.

### **EDUCACIÓN, ENTRENAMIENTO Y CONCIENCIACIÓN**

A fin de promover y apoyar la educación, la capacitación y la sensibilización del público respecto del cambio climático, el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARN) desarrollará un Plan Nacional de Difusión en materia de cambio climático, dirigido a ampliar el conocimiento público en este tema en todos los sectores de la sociedad, a través de un intenso programa de divulgación. Dicho plan está orientado hacia la elaboración e implantación de programas de sensibilización del público sobre el cambio climático y sus efectos; el acceso del público a la información sobre el cambio climático y sus efectos, la participación del público en foros sobre el cambio climático, sus efectos y en la elaboración de respuestas adecuadas a sus consecuencias, así como el estímulo a la formación de personal científico, técnico y directivo.

# SUMMARY

### **INTRODUCTION**

The possibility of a global climatic change as a result of the emissions of anthropogenic greenhouse gases has become of main concern for the international scientific community more than two decades ago. This situation led to the Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC) creation and to the international negotiation which resulted in the approval of the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). This convention was signed by 155 countries (Venezuela among them) in the "World Summit" held in Rio de Janeiro in 1992.

Convention requires that all "Parties" prepare and publish national inventories on anthropogenic greenhouse gases emissions, as well as plans to reduce and control such emissions.

Within this context, the Ministry of Environment and Natural Resources (MARN), through the national Direction of Hydrographics Bassins has completed the "First National Communication on Climate Change in Venezuela" with financial assistance of Global Environment Facility (GEF), through the United Nations Development Programme (UNDP).

This report is divided in nine chapters, starting with national circumstances where national and social-economical characteristics of Venezuela are described.

Following, it is presented the greenhouse gases inventory carried on in 1999; then the programs, policies and sectorial measures which define the general strategic outline. Forthwith, the studies carried out to determine the climate vulnerability in the country, associated impacts and adaptation measures.

Likewise, there are introduced opportunities identified for mitigation of greenhouse gases emissions, national requirements to confront climate changes, efforts undertaken as to systematic research and observation as well as plan spreading.

### **NATIONAL CIRCUMSTANCES**

#### **Geographic Location**

The Bolivarian Republic of Venezuela, is located in the American continent, at the North of South-America, on the Caribbean Sea coast. Its geographic coordinates are: 00° 38' 53"; 12° 12' 00" North latitude and 59° 47' 50"; 73° 22' 38" West longitude. Its surface is 916,445 km<sup>2</sup>. It limits by the North with Dominican Republic, Netherlands Antilles and United States (Puerto Rico and USA Virgin Islands), by the East with France (Martinique and Guadeloupe), Trinidad-Tobago and Guyana; by the South with Colombia y Brazil, and by the West with Colombia.

#### **Climate**

A great part of the country has a rain, tropical weather, with a dry season influenced by the Atlantic high pressure and a rainy season affected by the Inter-tropical Convergence Zone, where the Northeastern and Southeastern trade winds converge. Vaporization average values in low lands are more than 2.000 mm per year and, in highlands less than 500 mm per year. The relative humidity presents year averages of 70% to 85%, being the minimum from 50% to 70%. The precipitation may vary from 400 mm per year in arid and semi-arid zones of central and coastal regions, up to 4.000 mm towards the South. Daily temperature average fluctuate between 28°C in lower continental zones (Center of Plains) till less than 0°C in the Andean high barren plateaux.

#### **Population**

Venezuela's population (according to 2001 general census) is 23,054,210 inhabitants. Inter-annual population growth rate is 2.2%.

#### **Hidric Resources**

Approximately, 85% of the total runoff corresponds to the territory situated Southern Orinoco and the remaining 15% represents a very irregular distribution. With regard to groundwaters, the exploitation of aquiferous represents, in several regions, the only solutions of water required to cover the most elementary needs of the population. 40% of drinking, industrial and irrigation water supply proceed from groundwater.

#### **Biodiversity**

Venezuela is situated among the ten first countries with mayor biological diversity in the planet and sixth place in America (MARN 2001). This condition is due -in a great part- to the convergence of four important bio-geographic regions: Amazonian, Andean, Caribbean and Guianese, that gives a high diversity in biomas represented in the different natural provinces. Vegetation and wild life are the most conspicuous components of biological diversity.

#### **Forest Resources**

By the middle 80's, the surface of the country covered with vegetation was estimated in 75,117,666 hectares. This represents 82% of national territory. From that total 47,493,757 hectares correspond to arboreal vegetation (height superior to 5 meters), 4,794,002 hectares to shrub-like vegetation and 22,830,089 to herbaceous vegetation (MARN, 2001). Protected areas accomplish an important role in vegetation preservation, and the country counts on 246 such areas under a regime of Special Administration.

#### **Soils**

44% of lands in Venezuela has as a main limitation the earth contours and in consequence erosion risks, 32% has problems of fertility or nutrition for cultivated plants, 18% has drainage limitations, 4% water limitations and aridity and only 2% of national territory has high quality lands, which could be expanded up to 4% through irrigation projects. The best lands, without limitations are in Barinas, Portuguesa, Yaracuy, Aragua Valleys, Carabobo, Cojedes, South of Maracaibo Lake and Miranda. Only 22.6% of national territory is apt for agricultural activity. Adequate lands for cattle raising and forest profit constitute 57.8% of territory.

## **Energy Resources**

### **Oil**

Venezuela is one of the most important oil producer countries worldwide: it has hydrocarbons proved reserves of 77.8 thousand million barrels in four mayor sedimentary basins: Maracaibo, Falcón, Apure and East. All this, without counting on hundred thousand millions of extra-heavy crude barrels from Orinoco Belt. Its production in 2000- was estimated in 2.9 millions barrels per day. From those 2.9 millions bbl/d, approximately 453.000 bbl/d were used up in the country; meanwhile, the remaining 2.3 millions de bbl/d were destined for export.

In regard to oil refining, PDVSA operates one of the biggest systems and owns one of the biggest refineries in the world. Domestic refining capacity is approximately 1.3 millions bbl/d, to which is added the acquisition or access to refineries in Curaçao, United States and Europe.

### **Orimulsion**

Venezuela produces and exports Orimulsion, a fuel manufactured from bitumen that is used in electric generation or steam plants as well as in different industrial processes.

### **Gas**

Regarding natural gas, Venezuela owns reserves of 148 billion cubic feet approximately, which situates it in second place, right after the United States in the continent and eighth at world scale.

### **Coal**

Venezuela has recoverable coal reserves of approximately 528 million tons, the mayor part is bituminous coal. Venezuela is the second biggest producer in Latin America, after Colombia. Annual production is 8.5 million tons; almost all is exported to other countries of the region, Unites States and Europe.

### **Energy**

Venezuela has approximately 21 giga-wats (GW) of electric generation capacity. It counts on the highest electrification rate of Latin America, over 90%. The country produces around 87 thousand million KWH per year, hydraulic sources generate more than 70% of the energy consumed in the country; the highest hydro-electrical potential is located in the South of Orinoco River, in Caroni and Caura Rivers, which represent 75% of the total gross potential.

### **Economy**

Venezuelan economy is mainly supported by the incomes of oil sector, which significantly contributes to GIP and, although this contribution has decreased in the last two decades (from 50.7% in 1970 to 27.4% in 2000), it has always exceed the participation of other sectors. Other economic activities which significantly contribute to GIP are: manufacturing industry (14.2%), commerce (8.1%), community services (6.7%), transport and communications (6.2%), and construction (5.1%).

### **Industry**

Manufacture production is integrated by 8.400 establishments of small, medium and large industry, being the most important among them steel, cement, fertilizers and vehicles assembling,

### **Transportation**

Road system extend from East to West (specially in the center-north-coastal zone) and from South to North communicating the province with the main harbors through which oil and mining production are exported and goods and services are imported.

### **Waste**

With regard to domestic landfills, in 1996 existed in Venezuela: 93 rubbish dumps, 9 controlled landfills and 40 garbage heap.

### **Environmental Challenges**

Most relevant environmental challenges of Venezuela come

from already existing contamination and deforestation problems. Discharges of non-treated domestic residual effluents or with scarce treatment are also an important focus of contamination, as well as soils degradation and uncontrolled use of plaguicides.

### **Participation in Organizations and International Environment Agreements**

Venezuela is member of 34 international organizations of cooperation and integration and has signed more than 14 international environment agreements.

### **GREENHOUSE GAS INVENTORY**

The national greenhouse gas inventory for the year 1999 was carried out following the guidelines of the Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC) 1996 revision.

Gases included in this inventory were: carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), methane (CH<sub>4</sub>), nitrous oxide (N<sub>2</sub>O), and nitrogen oxides (NO<sub>x</sub>). The sectors considered in greenhouse gases emissions distribution by source and by absorption in sumps were: energy, industrial processes, agriculture, land use change and silviculture sectors, and waste.

According to Table R.1, Venezuela produced a net emission of 99,787 Gg of CO<sub>2</sub>, product of the emission of 114,147 Gg all over the considered sources and the absorption of 14,360 Gg from land usage change sector and silviculture. Likewise, 2,950 Gg of methane, 52 Gg of nitrous oxide and 396 Gg of nitrogen oxides were emitted.

In regard to CO<sub>2</sub> emission per capita, the estimate quantity for Venezuela is 1.3 tons of carbon. This represents a lower figure to such observed in developed countries, and similar to other developing countries in Latin America. Per capita emission in Venezuela coincides with world values average (Figure R.1). In the international stage, total CO<sub>2</sub> emissions in Venezuela, esteemed in 31,131 Gg of C (141,147 Gg of CO<sub>2</sub>), represent 0.48% of global total emissions in the planet, calculated in 6,492,000 Gg de C.

In such sense, Venezuela, in despite of being one of the main oil exporter and producer countries in the world relatively generates little emissions of CO<sub>2</sub>. It is determined by the significant utilization that Venezuela gives to its hydric resources as energy source and the expanded use of natural gas, instead of fuel, for electricity generation as well as industrial and domestic (home) use.

Using the Global Heating Potential from every considered gas, a comparison of all emissions on the same basis was carried out (Figure R.2). In total, Venezuela has a net emission of 177,836 Gg of equivalent CO<sub>2</sub> in 1999, product o fan emission of all sources of 192,133 Gg of CO<sub>2</sub> and the absorption of 14,297 Gg by the sector of land usage change and silviculture. It corresponded to energetic sector the highest emission proportion with 74.8% of total, while agricultural sector brought 17.2%.

### **PROGRAMMES, POLICIES AND SECTORIAL MEASURES. GENERAL STRATEGIC STATEMENT**

The new Constitution of the Republic, approved in December 1999, states that the Sustainable Development is the approach that the country shall adopt in its developing plans, accomplishing thus to which was agreed in the Rio Declaration (Earth Summit, 1992). Environmental dimension is an integral part of its text, in its Chapter IX, on Environment Rights, Article 127 states: "It is a fundamental obligation of the State, with an active participation of society, to grant the population to evolve in an environment free of pollution, where air, water, soils, coasts, *climate*, the ozone layer, living species, were specially protected, according to law". Explicitly, the Constitution promulgates the obligation of the State of granting an environment free of pollution and specially the climate. It is understood that the human right to a healthy climate can only be attained through environment protection and this, among other aspects, implies the control of greenhouse gas emissions.

The country's general strategy foresees its adequation to accomplish with international outlines, specially the Agenda 21 and the Millennium Development Objectives (MDO) as main action platforms towards the sustainable development achievement, as well as the remaining international

**Table R.1**  
**Total Greenhouse Gases Emissions and Absorption, 1999**

SOURCES AND SUMPS CATEGORIES	Emissions in Gg (in thousands of tons)				
	CO <sub>2</sub> Emissions	CO <sub>2</sub> Absorption	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>
<b>Total Emissions and Absorption of Greenhouse Gases</b>	<b>114.147</b>	<b>-14.360</b>	<b>2.950</b>	<b>52.00</b>	<b>360</b>
<b>1. Energy</b>	<b>105.117</b>	<b>0</b>	<b>1.821</b>	<b>0,72</b>	<b>388</b>
A. Fuel Combustion (Final Use Approach)	102.564		11	0,66	387
1. Energy production	46.908		1	0,31	91
2. Manufacture and Construction Industries	14.856		1	0,04	13
3. Transport	33.730		8	0,3	279
4. Other Sectors	7.070		1	0,01	3
B. Fugitive Fuel Emissions	2.533	0	1.810	0,06	1
1. Solid Fuel	0		4	0	0
2. Oil and Natural Gas	2.533		1.806	0,06	1
<b>2. Industrial Processes</b>	<b>9.030</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>0,26</b>	<b>0</b>
A. Mineral Products	6.748		0	0	0
B. Chemical Industry	1.143		5	0	0
C. Metal Production	1.139		0	0	0
<b>3. Agriculture</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>835</b>	<b>49,73</b>	<b>7,79</b>
A. Enteric Fermentation			757,2	0	0
B. Manure Handling			33,2	1,52	0
C. Rice cultivation			29,3	0	0
D. Agricultural soils			0	47,99	6,47
E. Prescribed savanna burning			14,5	0,18	1,32
F. Agricultural residue burning in the field			1,2	0,04	1,00
<b>4. Land use change and Forestry</b>	<b>0</b>	<b>-14.360</b>	<b>3,0</b>	<b>0,02</b>	<b>1</b>
A. Changes from Biomasa to Forest and other types of vegetation		-40.306			
B. Conversion from forest to savannas	10.107		3,0	0,02	1
C. Abandon of cultivated lands		-9.832			
D. Soil CO <sub>2</sub> Emissions and Absorption	25.673	0			
<b>5. Waste</b>			<b>285</b>	<b>1,0</b>	<b>0</b>
A. Solid waste disposed of on land			279	0	0
B. Wastewater Treatment			7	1,0	0
<b>Information Items:</b>					
<b>International Bunkers</b>	<b>4.542</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Aviation	418	0	0	0	0
Navy	4.124	0	0	0	0
<b>CO<sub>2</sub> Biomass Emissions</b>	<b>0</b>				

agreements and conventions where Venezuela is subscribed, detailed in the Chapter on National Circumstances. In such sense, National Government considers an important point in the national strategy of Venezuela is to achieve a synergy among the United Nations Conventions on Desertification, Biodiversity, Ramsar, Ozone Layer, Climatic Change and its Kyoto Protocol, so that use of technologic, human and financial resources become optimized and the activities may reinforce the accomplishment of the objectives of the other ones.

Policies, programs and sectorial measures which integrate the general strategy to confront the climatic change are restricted by the following limitations:

- Lack of specialized human resource,
- Weakness in the inter-institutional relations to confront problems that may require multi-factorial solutions.
- Limited capacity of technological development.

In 7<sup>th</sup> December, 2004 the Approbatory Law of Kyoto Protocol was enacted in the Official Gazette, in which the Ministry of Environment and Natural Resources is also named as the organization in charge of managing the climatic change theme. It already exists in Venezuela a series of programmes and projects in different fields, which for its characteristics are ideal to start with the application of actions in the climatic change

- General Strategy, it can be mentioned among others: Soils and Waters Preservation Programme Conservationist Social Infrastructure Project
- Water Technical Roundtables
- Nacional Action Programme to combat desertification and drought mitigation
- Convention and National Action Plan of Biodiversity Convention.

#### **NATURAL CLIMATIC VARIABILITY AND VULNERABILITY.**

The vulnerability degree is function of the climatic variability

and the factors that influences it. Among these factors is the natural event that highest anomalies lead to rain and temperatures at global scales known as ENOS, which presents two phases: heating, known as El Niño, and cooling known as La Niña. Temperature increases during Niño up to 2 °C, as it was observed during the event in 1997/98, all over the country, and decreases in Niña conditions, with maximal changes during winter in northern hemisphere.

All along the XX Century the natural climatic variability in the country has changed; it has been determined that changes in average values have occurred as well as the dispersion of series (changes in variance), both temperature and precipitation. The maxima temperatures have decreased between 1940 and 2002 with a rate of 0.18°C/10 years, while the minimum temperatures have increased with a rate of 0.37°C/10 years. The precipitation has mainly decreased over the country.

The present capacity of the country to confront the natural climatic variability is limited; among other factors, there are weakness in the systematic measuring areas of climatic elements, lack of specialized personnel in the area of practical application of climatic information and a weak inter-institutional integration for the organization of productive activities in order to employ profitably the climate potentials and reduce risks associated with it. If this situation is not modified, the country's vulnerability level will be extremely high.

#### **ENVIRONMENTAL AND SOCIAL-ECONOMICAL IMPACTS OF CLIMATIC CHANGES. POSSIBLE ADAPTATION MEASURES**

The adopted methodology to analyze future climate and its ecosystems and human activities impact is to develop scenarios. For developing Stages in the First National Communication was mainly used the greenhouse gas emission scenario denominated SRES-A2. As a comparative point it was used the greenhouse gas emission scenario SRES-

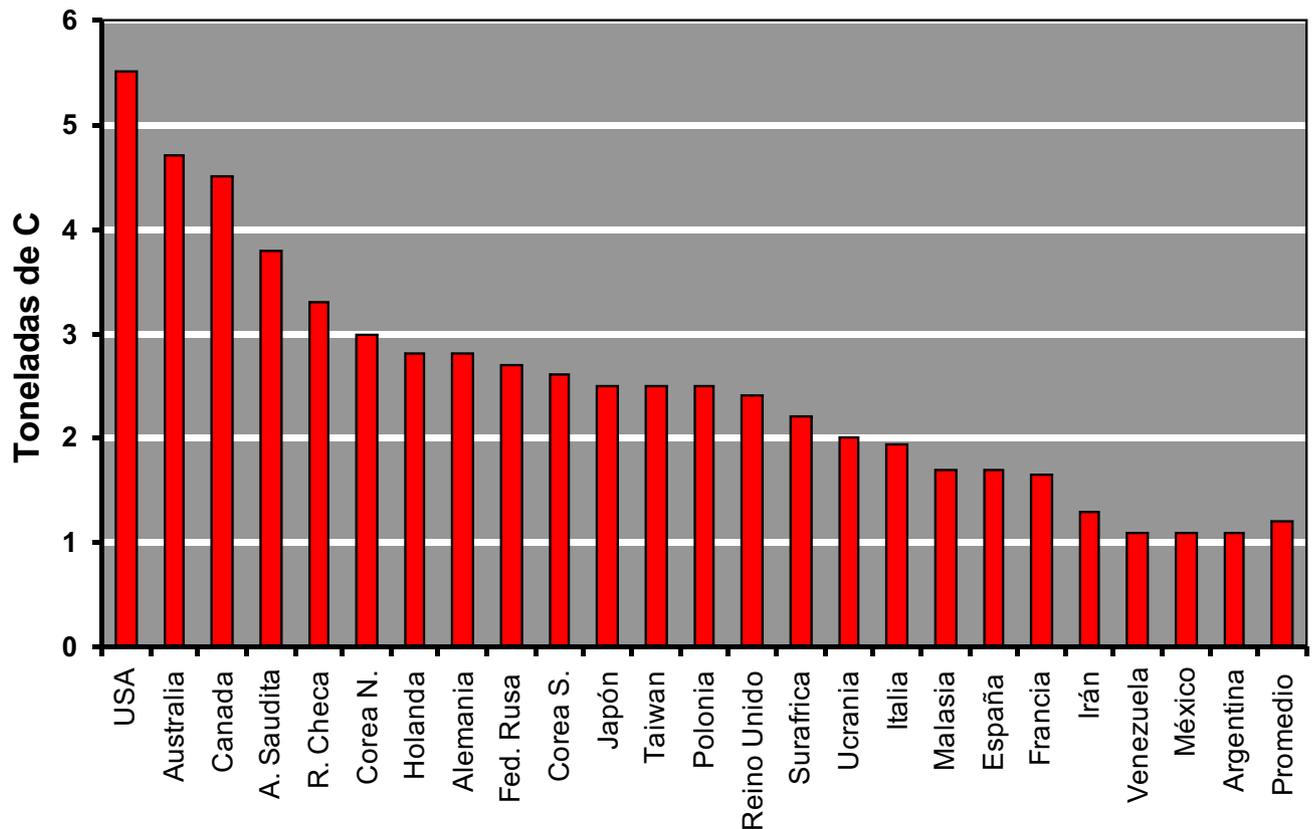


Figure R.1. CO<sub>2</sub> emissions per capita per country

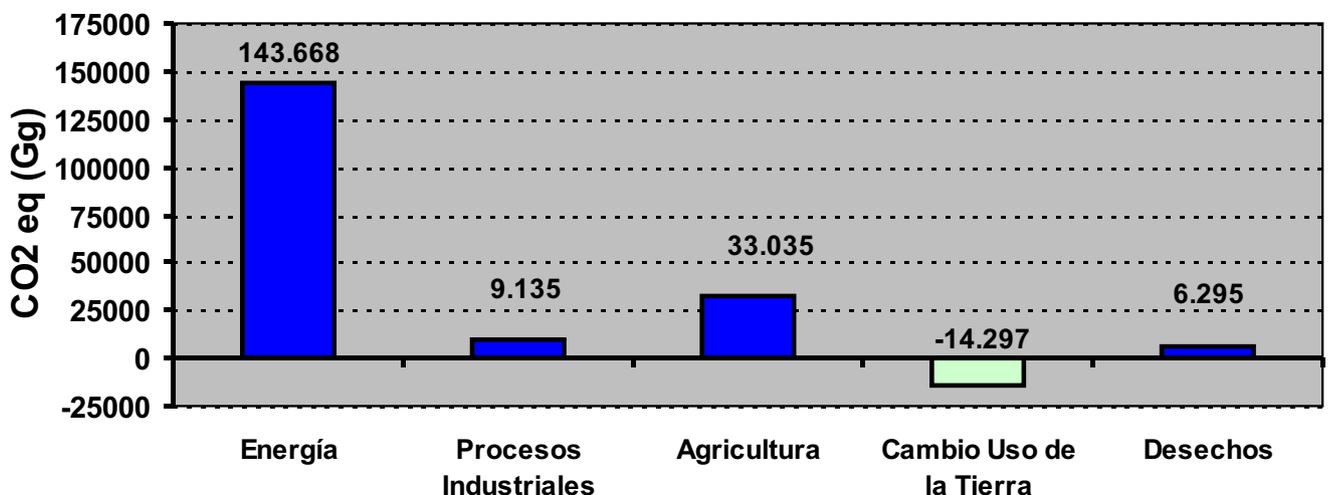


Figure R.2. GEI Emissions and Absorption in Venezuela for the year 1999, expressed as equivalent CO<sub>2</sub>

B1 as the "optimistic" Climatic Stage. Two of the models included in MAGICC-SCENGEN, the UKTR, developed by United Kingdom Meteorological Office and the CCC-EQ developed by the Canadian Center for Climate Modeling and Analysis.

As general results when running models, increments in the temperature are obtained while for precipitation, though the general trend of simulations is towards diminution of rain, at some time during the year, both models simulated more precipitations. Adaptation measures and/or policies to the changes in the hydric regime cover a wide scope of possibilities, including the following aspects: legal, economic, fiscal, territorial ordering, institutional reinforcement, social, research and infrastructure construction.

Among the possible adaptation measures for agricultural sector are the development and distribution of hybrids and variety of cultivations and cattle bred resistant to adverse

climatic conditions (droughts, higher temperatures, among other); improve the performance in the use of water through non-farm agriculture and preservation in zones of dry land, encouraging agro-forestry systems to increase the adaptation capacity and keep the biodiversity; developing new technologies in zones with scarce land or water or with problems of soils or special climate, and evaluation of possible adaptation measures impact regarding the adaptative capacity of the production system and the evolution of social-economical conditions of farmers.

Regarding the impact on hydric resources, results from the models employed, though they do not keep correlation of results for some basins, show the apparently existence of behavior patterns according to basins analyzed. This leads to consider that for the projection of future changes in the flow it is required a better evaluation of the complex roll of changes in temperature, precipitation and land use patterns. Due to

this, it is important to dispose of an adequate measure net both precipitation and runoff, which may allow to determine changes in the average flow and its variability.

As to the sea level rise, results of the study show that the total affected area shall be 3,184.3 hectares (31.84 km<sup>2</sup>), being the total length of beaches worked was 311.93 kilometers. From the total of 3,184.33 hectares, 2,708.58 (85.05 %) correspond to the Eastern coast of Falcon State, while less than 15 % are distributed among other zones.

With respect to social-economical impacts, the contraction of oil demand esteemed by OPEC should have adverse social and economical consequences for Venezuela. For this reason the attention claimed by Venezuela, as a measure or mean to look after specific necessities made concrete in aid for the diversification of their economies through the facilitation of knowledge, technology transfer and improvement in their institutions capacity, as stands the Climatic Change Convention and the Kyoto Protocol.

Other impacts were determined in sectors as agriculture, hunting, silviculture, fishing, mining, electricity, gas, construction, commerce, tourism, transportation, road system, financial institutions, and real estate. It may be affected in social dimension: harbors, airports, coastal road system, geopolitics, finances, environment, technological, institutional and legal sectors.

#### **OPPORTUNITIES FOR MITIGATING GREENHOUSE GASES**

Options for mitigating in the energy sector are possible through the substitution of energetic sources, incorporation of technology which may allow a more efficient use of energy or for the adoption of energy saving and preservation. Specifically in oil industry, the opportunities are presented in the improvement of energetic efficiency of equipments as industrial boilers, heaters, compressors, pumps and other equipment operated by gas. A very good opportunity for reducing methane emissions in flow stations of oil industry is to dispose of compression, recollection and transportation capacity which allow the reduction of gas venting to the atmosphere. The opportunities of emission reduction in thermal-electrical facilities derive from fuel change or substitution of fuel-oil for gas and the incorporation of technologies that increase the efficiency of energy facilities.

The introduction of an inspection and periodical maintenance programme of automotive vehicles is an option that may allow a moderate reduction of greenhouse gas emissions from the transportation sector. With regard to waste handling, there are opportunities of reducing methane emissions, through management practice in paper and carton waste, garden and food residues. Into the forestry sector, the management of existing forests in order to reduce

the deforestation rates and increase the absorption through reforestation and preservation of natural forests, and the development of new forest plantations offer opportunities to increase vegetal cover and CO<sub>2</sub> absorption.

#### **NATIONAL REQUIREMENTS TO CONFRONT CLIMATIC CHANGE**

Main requirements of the country include an increase of personal technical and institutional capacities, because this is one of the elements that makes harder the task of confronting the climatic change; the reinforcement of inter-institutional for the integrated management of climatic change and transfer of energy-efficient technologies, modeling of economic growth scenarios and their energetic demand and greenhouse gases emissions; regarding climatic modeling, integrated evaluation of vulnerability and adaptation; integral risks management; systematic observation of oceans and ecosystems.

#### **INVESTIGATION AND SYSTEMATIC OBSERVATION**

In the country, investigation on climatic change is, until now, reduced. Studies on this theme started in the 80's. Within the framework of this First National Communication, financed by the Global Environmental Fund (GEF) through UNDP (MARNUNDP VEN/00/G31), a series of studies were developed that show the changes that had taken place in temperature, precipitation and extreme events of diary precipitations along XX Century in the country, the impact on agriculture, hidric resources, sea level, and general social-economic impacts. The investigation on this area as been carried out by universities and Research Centers, however, the organization of an integrated programme is part of the General Strategy for Climate Change, regarding promotion of the research oriented to decision making.

#### **EDUCATION, TRAINING AND CONCIENTIZATION**

In order to encourage and support education, capacitation and sensitiveness of public with regard to climatic change, the Ministry of Environment and Natural Resources shall develop a National Plan to increase the public awareness in climatic change matter to all society sectors, through an intensive disclosure programme. Such plan is directed towards the elaboration and introduction of a sensitiveness programme addressed to people on climatic change and its effects; the access of people to information on climatic change and its effect: participation of people in forums on climatic change and in the elaboration of adequate answers or responses to its consequences; as the motivation or encouragement for the formation of scientific, technical and management personnel.

## INTRODUCCIÓN

La posibilidad de un cambio climático global, como resultado de las emisiones de origen antrópico de gases de efecto invernadero, se convirtió en una importante preocupación de la comunidad científica internacional hace más de dos décadas; ello condujo a la creación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambios Climáticos (IPCC) y al proceso de negociación internacional que resultó en la aprobación de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC). Esta Convención fue firmada por 155 países (Venezuela entre ellos) en la "Cumbre de la Tierra", celebrada en Río de Janeiro en 1992.

El principal objetivo de la Convención es la "estabilización de las concentraciones de los gases de efecto invernadero en la atmósfera a niveles que evitarían interferencias antropogénicas peligrosas para el sistema climático". Se pretende alcanzar este nivel dentro de un plazo suficiente para que la adaptación de los ecosistemas a los cambios climáticos se produzca de manera natural (gradual), a objeto de garantizar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sustentable. Conforme a la Convención, los países tienen responsabilidades comunes pero diferenciadas; los países desarrollados deberán ser los primeros en reducir sus emisiones y prevenir los efectos adversos de los cambios climáticos. Además, deben cooperar con los países en desarrollo en la lucha contra el cambio climático y en la prevención de los efectos adversos que las medidas de mitigación puedan

ocasionar en dichos países.

Venezuela ratificó por disposición del Congreso Nacional la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) en diciembre de 1994. La Convención requiere que todas las "Partes" elaboren y publiquen inventarios nacionales de emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero, así como planes para reducir o controlar estas emisiones.

En este contexto, el Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales, a través de la Dirección General de Cuencas Hidrográficas ha completado la "Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático de Venezuela" con la asistencia financiera del Fondo Ambiental Global (GEF), a través del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

El informe está organizado en nueve capítulos, comenzando con las circunstancias nacionales donde se describe las características naturales y socioeconómicas de Venezuela. A continuación, se presenta el inventario de gases de efecto invernadero realizado en 1999, luego los programas, políticas y medidas sectoriales que conforman el planteamiento estratégico general. Seguidamente, los estudios realizados para determinar la vulnerabilidad climática del país, impactos asociados y medidas de adaptación. Asimismo, se presentan las oportunidades identificadas para mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero, los requerimientos nacionales para enfrentar el cambio climático, los esfuerzos realizados en cuanto a investigación y observación sistemática y los planes de divulgación.





# 1

## CIRCUNSTANCIAS NACIONALES

Nombre oficial:	<b>República Bolivariana de Venezuela</b>
Idioma oficial:	Castellano
Superficie total:	916.445 km <sup>2</sup>
Capital:	Caracas
Población según Censo General año 2001:	23.054.210 habitantes
Población urbana año 2000:	87%
Población rural año 2000:	13%
Esperanza de vida:	73 años

Según datos del Banco Central de Venezuela ([www.bcv.gob.ve](http://www.bcv.gob.ve), 2005):

	Año 2000	Año 2004
PIB a precios constantes del año 1997 (millones de bolívares):	41.013.293	42.035.809
Variación estimada	3,7%	17,9%
PIB a precios corrientes (millones de bolívares):	79.655.692	207.599.608
Variación estimada	11,7%	54,7%
Participación de distintos sectores en el PIB total		
Sector petrolero	22,67%	17,19%
Industria manufacturera	9,00%	17,22%
Comercio	8,10%	8,43%
Transporte y comunicaciones	6,20%	6,48%
Construcción	5,07%	5,20%
Deuda externa en millones de US dólares:	38.063	44.546
Superficie cultivadas vegetal, pastos introducidos, plantaciones forestales:	7.600.000 ha	
Población económicamente activa:	10.259.161 habitantes	
Índice de analfabetismo:	7,0%	

Principales sectores industriales:

Petróleo y refinación de petróleo, petroquímica, acero, aluminio, cemento, materiales de construcción, textiles, cervecera, procesamiento de alimentos, auto-partes, telecomunicaciones, consultoría y asesoría, producción de televisión, químicos y fármacos, publicidad y editorial.

1.1 Ubicación geográfica

La Republica Bolivariana de Venezuela, está situada en el continente americano, al norte de la América del Sur, sobre la costa del mar Caribe.

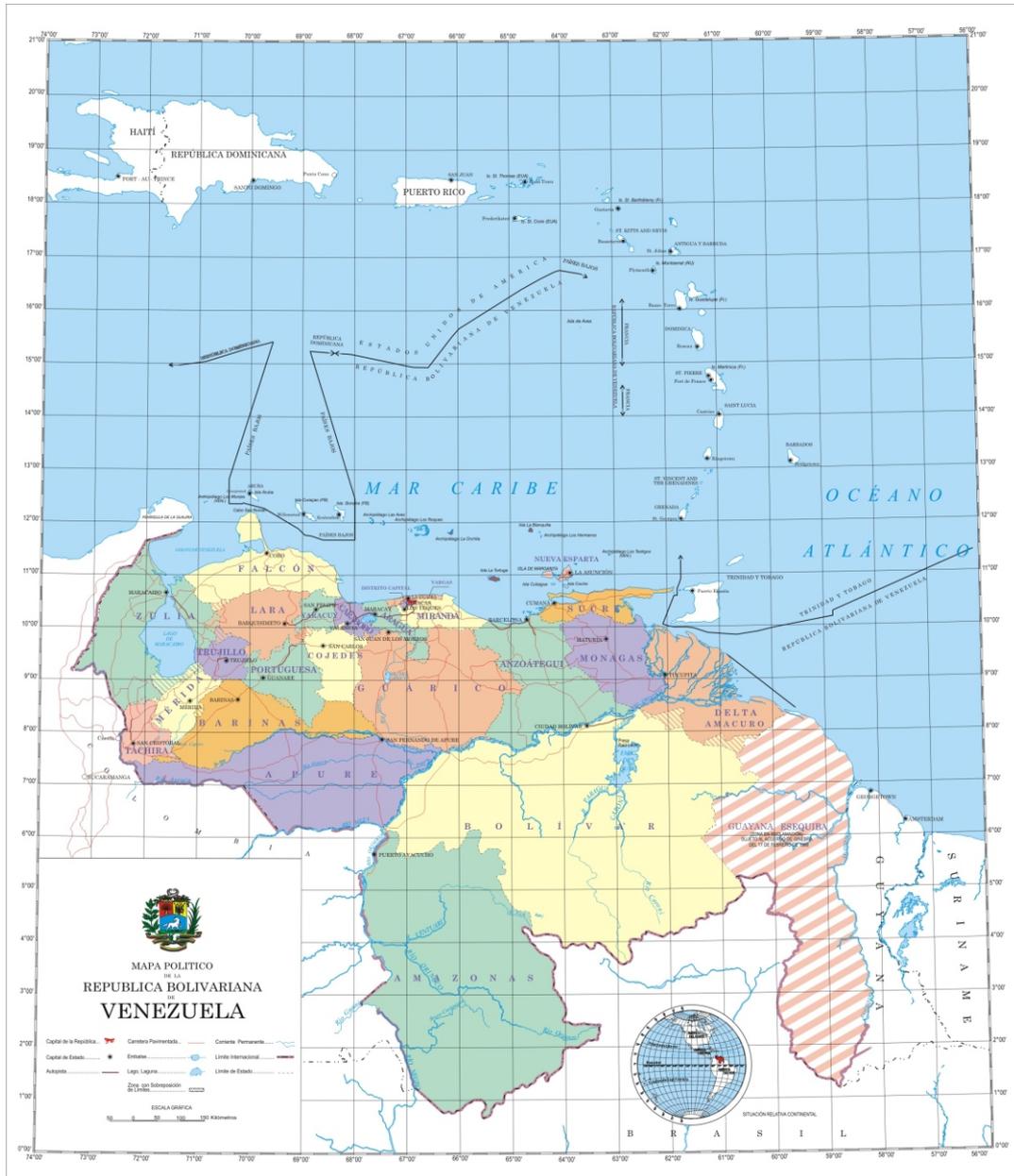
Sus coordenadas geográficas son las siguientes: 00° 38' 53"; 12° 12' 00" de latitud norte y 59° 47' 50"; 73° 22' 38" de longitud oeste. Limita al norte con la República Dominicana, Antillas Neerlandesas y Estados Unidos (Puerto Rico e Islas Vírgenes Estadounidenses), por el Este con Francia (Martinica y Guadalupe), Trinidad-Tobago y Guyana; por el Sur con Colombia y Brasil, y por el Oeste con Colombia. Sus territorios Insulares se

extienden septentrionalmente hasta Isla de Aves a 15°43'33". En el Mapa N° 1 se muestra la ubicación y división territorial de Venezuela.

Venezuela abarca una superficie terrestre de 916.445 km<sup>2</sup>, extendiéndose simultáneamente alrededor de 900.000 km<sup>2</sup> de área marítima en el mar Caribe y el océano Atlántico, siendo el único país suramericano que presenta litorales abiertos simultáneamente al mar Caribe y al océano Atlántico.

Políticamente se divide en un Distrito Capital, veintitrés estados y las dependencias federales constituidas por numerosas islas marítimas.

MAPA No. 2 MAPA POLÍTICO DE VENEZUELA



### 1.1 Regiones naturales

El país cuenta con una amplia línea de costa, que alcanzan en el mar Caribe 2.183 km de longitud, desde Castilletes al promontorio de Paria; es de forma irregular y está constituida por numerosos golfos y bahías, entre los que destacan el Golfo de Venezuela, Golfo Triste y Golfo de Cariaco; muchos cayos e islotes se extienden por el norte hasta la isla de Aves y su correspondiente zona de exclusividad económica marítima. A su vez, cuenta con 1.008 km de riberas continentales en el océano Atlántico, desde el promontorio de Paria hasta Punta Playa, incluyendo el Golfo de Paria, la isla de Patos y la fachada litoral del delta del Orinoco e islas adyacentes, donde destacan las bajas costas selváticas, cenagosas y cubiertas de manglares. Aunado a ello cuenta con los más diversos paisajes: selva amazónica, llanos, zonas desérticas y cumbres de nieves perpetuas.

La geología general de Venezuela es muy variada y está estrechamente relacionada con las grandes formas de relieve o sistemas fisiográficos productos de una larga evolución en distintas eras geológicas. A continuación se presentan las características generales de los principales sistemas fisiográficos.

**Escudo Guayanés.** Se encuentra al Sur del río Orinoco, y se extiende hasta el límite con Colombia y Brasil, posee una extensión aproximada de 425.000 km<sup>2</sup> ocupando casi la mitad del territorio continental nacional. Como consecuencia de la variedad de formaciones geológicas y de distintos procesos orogénicos y de erosión, presenta una gran variedad de relieves que comprenden extensas llanuras de erosión o penillanuras, serranías, grandes altiplanos llamados "tepuyes", los cuales presentan alturas hasta de 2.800 msnm.

Es la zona menos poblada pero la más rica en recursos naturales, entre los que destacan: selvas, fuentes superficiales de agua que dan a la región un alto potencial hidroeléctrico, recursos minerales en hierro, bauxita, oro y diamantes. Cuenta con una gran biodiversidad, y suelos muy pobres desde el punto de vista de su fertilidad natural. El Brazo Casiquiare comunica la cuenca del Orinoco con la del Amazonas. En la región se concentran importantes industrias básicas como son la siderúrgica y la del aluminio.

**Llanura deltaica del río Orinoco.** Se trata de una llanura constituida por sedimentos muy recientes, cuyo proceso de formación aún continúa. Más de la mitad de la llanura deltaica corresponde al delta del río Orinoco, el cual ocupa unos 22.500 km<sup>2</sup> de su extensión total de alrededor de 40.000 km<sup>2</sup>. Está formada por más de trescientos brazos o caños y gran cantidad de islas. La profundidad de los caños o brazos más importantes es de unos 5 metros en

bajamar y unos 6,5 metros en pleamar. Sus condiciones hídricas aunadas a una rica biodiversidad, poblaciones aborígenes y una incipiente explotación petrolera la convierten en una zona única de la geografía nacional.

**Los Llanos.** Constituyen la región de tierras bajas más extensa del país (tercera parte del territorio nacional). Tienen una extensión aproximada de 280.000 km<sup>2</sup>, prolongados hacia el Atlántico por la Llanura Deltaica. Los Llanos presentan numerosos accidentes fisiográficos, como mesas, galeras, médanos, bancos, y esteros. El desnivel general de esta planicie es muy suave, desde el piedemonte de las cordilleras, a unos 400 msnm, el relieve desciende progresivamente hasta unos 20 msnm en el inicio de la Llanura Deltaica. Son asiento de numerosos centros poblados, y su división en Occidentales, Centrales y Orientales y cada uno en Altos y Bajos, revela las particularidades naturales, sociales, económicas y culturales que los caracterizan. Sufren una marcada estacionalidad climática. Entre los problemas ambientales más importantes están la deforestación de los bosques, incendios de vegetación herbácea y arbustiva y el sobre-pastoreo en regiones localizadas de los llanos orientales. En la región están presentes varias actividades entre las cuales destacan: la petrolera, la ganadería (en su mayoría de carácter extensivo), agricultura y plantaciones forestales. Los Llanos venezolanos constituyen conjuntamente con los Llanos Orientales de Colombia una unidad fisiográfica de importancia en América del Sur.

**Cordillera de Los Andes.** Constituye una prolongación de los Andes colombianos, los cuales al llegar al Nudo de Pamplona (Colombia) se bifurcan en dos cadenas: La Sierra de Perijá y la Cordillera de Mérida. Ocupan una superficie aproximada de 45.000 km<sup>2</sup>. Constituyen los accidentes fisiográficos con las mayores elevaciones, siendo su máximo el Pico Bolívar con 4.980 metros. Así mismo, comprende una serie de serranías y valles altos y medios con importante producción agrícola y pecuaria, abundantes fuentes de agua superficial que irrigan casi un cuarto de la superficie agrícola del país, algunas aprovechadas como generadoras de energía hidroeléctrica. La deforestación de las tierras con fines agropecuarios y el sobre-pastoreo han propiciado importantes fenómenos de degradación de los suelos.

Desde el punto de vista climático, se identifican con regiones áridas y semiáridas en la zona montañosa y más húmeda en las zonas de piedemonte tanto en el andino llanero como en el andino lacustre (porción oriental de la Cuenca del Lago de Maracaibo), en los tres estados que la conforman, Táchira, Mérida y Trujillo.

La población aunque no muy numerosa se concentra

en los centros poblados de mayor importancia ubicados en los valles y piedemonte de los Andes.

### **Sistema Coriano, Península de Paraguaná, Depresiones del Yaracuy, Barquisimeto y Carora.**

Ubicadas al norte de la cordillera de Mérida, se encuentran cuatro sub-regiones que abarcan una extensión aproximada de 52.000 km<sup>2</sup>, que por sus semejanzas entre sí, especialmente en el aspecto bioclimático, pueden agruparse en una sola de relieve variado y poco elevado, con altitudes entre 500 y 1.700 msnm. Allí también se encuentran las llanuras encerradas de origen lacustre fluvial semiáridas, estos valles tan amplios no se corresponden con la importancia de sus ríos y responden, más bien, a la tectónica y a un modelado propio de climas semiáridos, como el que predomina en esta región. Además posee el único desierto de carácter micro regional del país (los Médanos de Coro, en el estado Falcón). En las cuatro sub-regiones se observa una mezcla de condiciones ambientales, actividades agrícolas y económicas, y están constituidas en la mayor parte de su superficie por tierras áridas y semiáridas, excepto la Depresión del Yaracuy, que es húmeda.

**Depresión del Lago de Maracaibo.** Se trata de una depresión estructural que se originó al levantarse la Cordillera de Perijá, al oeste, y la Cordillera de Mérida y el Sistema Coriano al este, quedando, hacia el norte, una amplia salida al Mar Caribe a través del Golfo de Venezuela. Un poco más de la cuarta parte de esta Depresión (14.344 km<sup>2</sup>) está ocupada por las aguas salobres del Lago, el cual se presenta como una extensa bahía que se comunica por medio de un canal natural con el Golfo de Venezuela, siendo la extensión total de unos 52.000 km<sup>2</sup>. El relieve es bastante uniforme y el contacto con las cordilleras, en especial con la de Mérida, es brusco, y apenas se presentan algunos conos de deyección y terrazas de piedemonte.

A pesar de la uniformidad general del relieve, es necesario distinguir dos subregiones que se diferencian por el clima y el drenaje: una seca y semi-húmeda en el norte, centro y este; y otra muy húmeda y cenagosa al sur y al suroeste. Además de constituir el mayor reservorio de agua dulce, es una de las cuencas petrolíferas más importante del país. Maracaibo es la segunda ciudad del país, en número de habitantes. La contaminación de aguas y aire por residuos industriales y por descargas urbanas es importante, lo cual ha generado condiciones ambientales adversas. El área es importante por la agricultura intensiva, la ganadería de carne y leche y la industria petrolera, petroquímica y del carbón. Su sector norte es un área árida poblada por aborígenes de la etnia Wayú.

**Cordillera de La Costa.** Comprendida entre la zona costanera norte-centro-oriental y la depresión de los Llanos. Este relieve montañoso está dividido en dos tramos: Central y Oriental, por la Depresión de Unare y la Fosa de Cariaco. Constituye un complejo sistema del tipo alpino con variadas formas de relieve, tales como una franja costera, valles interiores, colinas, lomas, lomerías y depresiones (Unare, Lago de Valencia, Llanura de Barlovento y Valles del Tuy). La máxima altitud que presenta el tramo central es el Pico Naguayatá con 2.765 metros en la Cadena del Litoral y en el tramo Oriental es el Pico Turimiquire con 2.595 metros en la Cadena del Interior. En los valles interiores del tramo Central de la Cordillera de la Costa, se encuentran tres ciudades de importancia económica para el país: Caracas, Maracay y Valencia. En esta región se asienta la mayor proporción de población nacional y en donde las fuentes de agua son escasas. Las principales actividades industriales, comerciales, económicas y culturales tienen su origen y asiento en ella; los principales problemas ambientales lo constituyen la contaminación atmosférica, sónica, de aguas y por desechos sólidos, así como elevadas tasas de deforestaciones y erosión de los suelos, auspiciadas, entre otras, por inadecuadas prácticas de uso y manejo de las tierras, incluyendo el excesivo pastoreo. La actividad agrícola subsiste en Barlovento, en competencia con el turismo, mientras que en la Depresión del Lago de Valencia, los usos urbanos e industriales han reducido significativamente la larga tradición agrícola desde épocas precolombinas. Este sistema incluye también las islas del Mar Caribe, todas con climas áridos, reducida cobertura natural y muy escasa población; las principales son las de Margarita, Coche y Cubagua, que conforman el estado Nueva Esparta; las actividades más importantes son turismo, comercio y servicios.

### **1.3 Clima**

Venezuela, por su condición tropical, presenta un régimen térmico relativamente uniforme durante el año, que sólo es afectado por la altura. Su mayor diversidad está en las precipitaciones que oscilan entre 300 y 700 mm por año para las zonas más secas (áridas y semiáridas), entre 2.000 y 3.500 mm para las zonas húmedas y hasta 6.000 mm para las muy húmedas o pluviales (MARN, 2004).

La mayor parte del país tiene un clima tropical lluvioso, con una temporada seca influenciada por la Alta Presión del Atlántico y una temporada de lluvias producida por el avance de la Zona de Convergencia Intertropical, donde convergen los vientos alisios del noreste y del sureste, además de verse afectado por otras situaciones sinópticas que provocan precipitaciones durante distintas épocas del año (ondas, depresiones y tormentas tropicales, huracanes, vaguadas en altura y restos de frentes).

Los valores promedio de evaporación son de más de 2.000 mm anuales en zonas bajas, y menores a 500 mm anuales en zonas altas. La humedad relativa presenta altos valores típicos del Trópico Húmedo, con promedios anuales de 70% a 85%, siendo los mínimos de 50% a 70%. Como consecuencia de esto en el país se observan 27 zonas climáticas, donde la precipitación puede variar desde menos de 400 mm anuales en las zonas áridas y semiáridas de las regiones centrales y costeras, hasta unos 6.000 mm hacia el sur. Las temperaturas medias diarias oscilan entre 28 °C en zonas bajas continentales (centro de los Llanos) hasta menos de 0°C en los páramos andinos; la amplitud anual (diferencia entre el mes más cálido y el más fresco) es de menos de 5°C.

En el Cuadro No. 1.1 se resumen los principales indicadores climáticos.

En el mapa físico de Venezuela (Mapa N° 2) se pueden observar la variabilidad de las alturas encontradas en el territorio venezolano, así como la

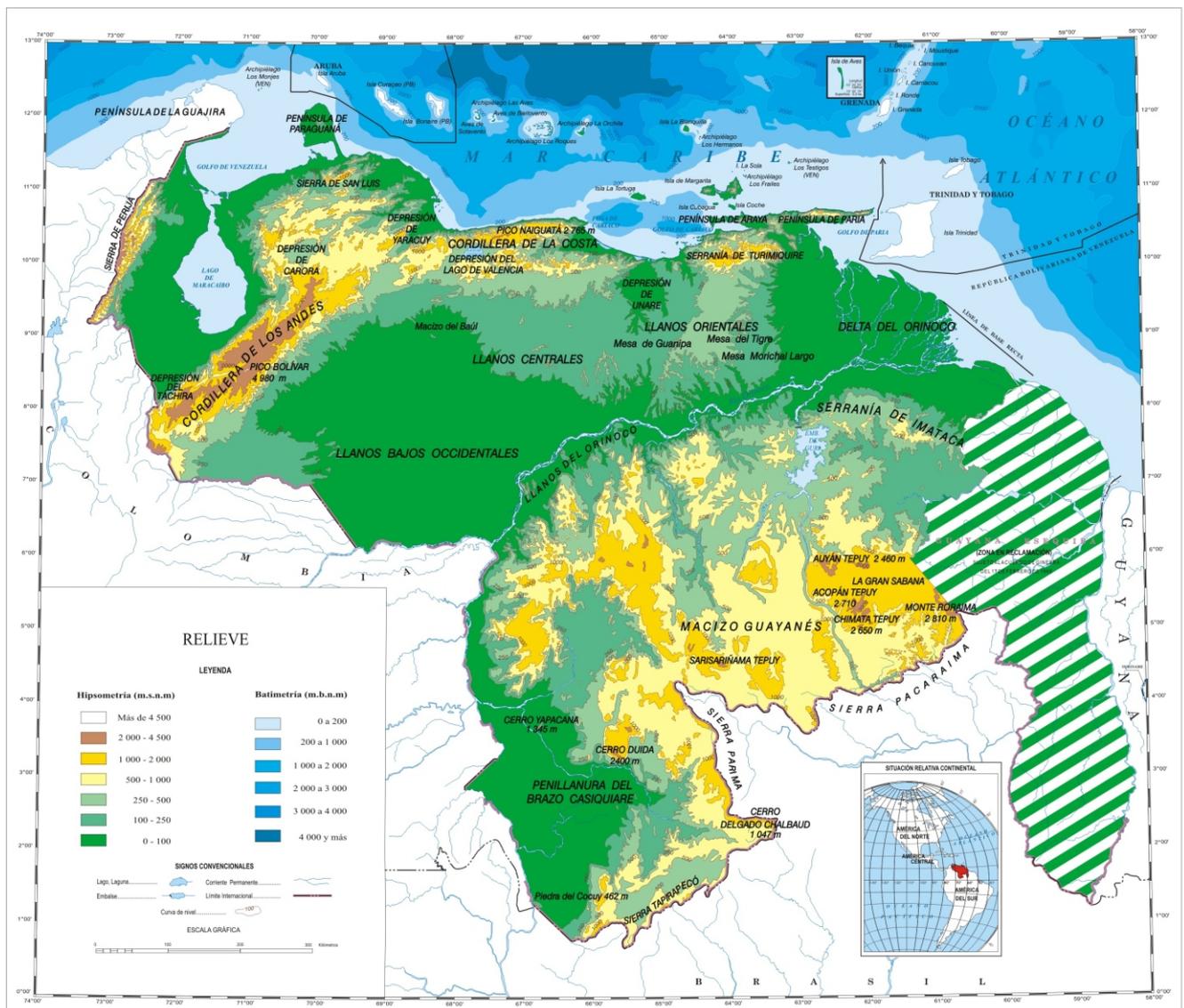
red hidrográfica del país.

### 1.4 Población

La población de la República Bolivariana de Venezuela, según el censo del año 2001 realizado por el Instituto Nacional de Estadística (INE, instituto adscrito al Ministerio de Planificación y Desarrollo), reportó 23.054.210 habitantes, determinándose que la tasa de crecimiento se mantuvo estable al pasar de 2,5 en el año 1990 a 2,3 en el año 2001. No obstante, el INE para el año 2005, estima una población de 26.991.865 ([www.ine.gov.ve](http://www.ine.gov.ve)), mientras el Sistema Integrado de Indicadores Sociales para Venezuela ([www.sisov.mpd.gov.ve](http://www.sisov.mpd.gov.ve)) estima una reducción en la tasa de crecimiento de 1,7 para el año 2005.

Más del 60% de la población se agrupa en los valles y piedemontes de la cordillera de la Costa y de la cordillera Andina, debido a las mejores condiciones del clima y la conveniencia de los suelos para la agricultura. En estas regiones, la densidad

MAPA No. 2 MAPA FÍSICO DE VENEZUELA



**Cuadro No. 1.1**  
**Valores medios de variables meteorológicas de Grandes Regiones de Venezuela**  
 Registro histórico: 1990 - 1997

<b>SISTEMAS FISIOGRAFICOS</b>	<b>Guayana</b>	<b>Llanos</b>	<b>Cordillera de la Costa</b>	<b>Región Zuliana</b>	<b>Depresión Lara-Falcón</b>	<b>Andes</b>
Precipitación media anual (mm)	1.400 – 3.400	600 -2.200	600 -2.400	300 -2.800	400 - 800	800 – 2.800
Evaporación media anual (mm)	1.800 – 2.000	2.000 – 2.700	1.000 – 2.000	1.500 – 2.400	2.500 – 3.600	1.000 – 1.500
Evapotranspiración potencial (mm) *	1.000 – 1.800	1.200 – 1.800	1.000 – 1.400	1.400 -2.000	1.200 – 1.800	600 – 1.600
Temperatura media (°C)	20 -30	19 – 26	18 – 27	20 – 30	20 – 30	16 – 20
Temperatura máxima media (°C)	28 – 32	24 – 32	22 – 32	28 – 34	26 – 34	18 – 30
Temperatura mínima media (°C)	18 – 22	16 – 22	16 – 20	18 – 22	18 – 22	4 – 16
Humedad relativa media (%)	80 -98	65 – 75	75	85 – 90	75	80
Humedad relativa mínima (%)	40 – 55	30 – 60	50 – 70	45 – 60	40 – 52	50 – 60
Humedad relativa máxima (%)	95 – 98	88 – 98	90 – 97	88 – 98	89 – 96	93 – 97
Insolación media diaria (horas de sol)	4 - 8	5 – 9	5 – 7	4 – 8	6 – 9	4 – 7
Radiación media diaria (calorías/cm)	300 – 360	300 – 450	320 – 400	300 – 400	420 – 550	320 – 420
Viento: velocidad media (km/h)	5 – 8	6 – 12	2 – 5	5 – 18	10 – 23	5 – 9
Nubosidad (octavos)	6 - 7	4 - 6	4 - 6	4 - 6	3 – 7	5 - 6

\*Estimada por el método Thornthwaite  
 Fuente: MARN-DGCH-Dirección de Hidrología y Meteorología

demográfica es moderada, alrededor de 26 ha/km<sup>2</sup>, aunque este valor no refleja la alta concentración de población en los ocho principales centros urbanos. Caracas, la capital, alberga en su área metropolitana cerca del 10% de la población total de Venezuela. Consecuentemente, se observan vacíos poblacionales al sur del eje fluvial Apure-Orinoco.

La población venezolana se caracteriza por una alta diversidad étnica y cultural. El mayor porcentaje de la población indígena se localiza en los Estados Zulia, Anzoátegui, Delta Amacuro, Bolívar y Amazonas. Está conformada por 38 grupos étnicos, que alcanza un 1,5% de la población nacional. De estos grupos 28 habitan tradicionalmente en territorio venezolano y 10 son itinerantes, localizándose tanto en Venezuela, como en Brasil, Colombia y Guyana.

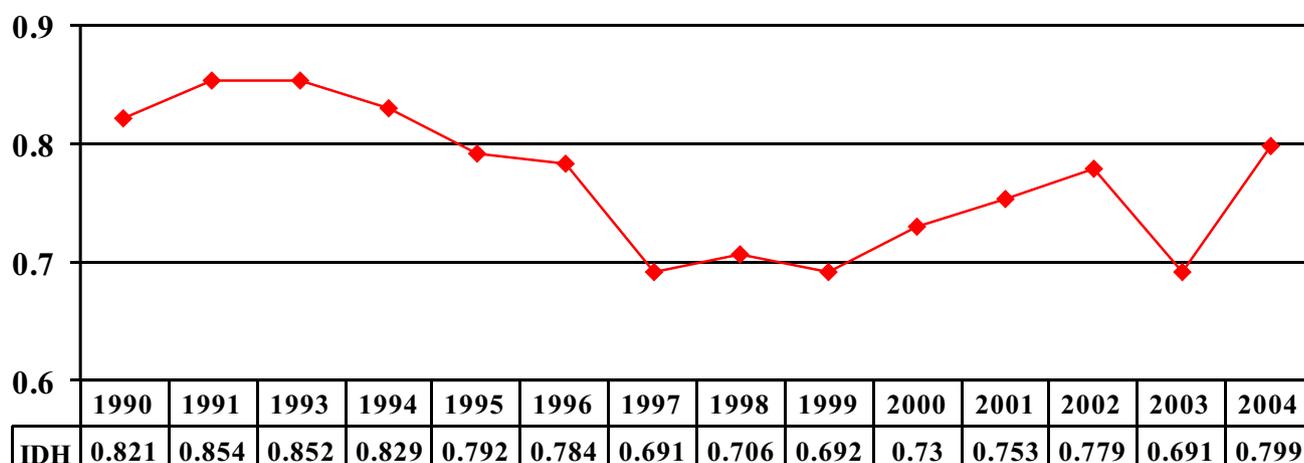
#### Desarrollo Humano

El Índice de Desarrollo Humano (IDH) pasó de 0,8210

en el año 1990 a 0,6915 en el año 1998, sufriendo una reducción significativa; tuvo una recuperación importante hasta el año 2004 (excepto en 2003, cuando sufrió una recaída producto de la convulsión política), con valores Medios Altos ([www.sisov.mpd.gov.ve](http://www.sisov.mpd.gov.ve), INE, 2005). Ver Figura 1.1.

La tasa de natalidad entre los años 1998 y 2004 se mantuvo estable al pasar de 23,99 a 22,91 por cada mil habitantes. Mientras la tasa de Mortalidad Infantil, en el mismo periodo, se redujo de 18,86 a 16,82 por cada mil nacidos vivos. Igualmente se determinó una reducción en la tasa de crecimiento entre los años 1998-2004 de 19,02 a 17,22 por cada mil habitantes. La Esperanza de Vida al Nacer entre los años 1998-2004, se incrementó de 72,80 a 73,18 años.

Según las Estadísticas Sociales, para el año 1998, los hogares venezolanos definidos como No Pobres alcanzaban una tasa del 51% en comparación con los



Fuente: Datos INE

Figura 1.1. Índice de Desarrollo Humano Nacional, 1990-2004

Hogares Pobres con 49%, reduciéndose esta última tasa para el año 2001, a 39,10% contra 60,90% de Hogares No Pobres. No obstante, para el año 2004, los Hogares No Pobres alcanzaron una tasa del 46,90% en comparación con los Hogares Pobres con 53,10%.

En cuanto a los Indicadores de Necesidades Básicas Insatisfechas, tales como el índice de niños de 7 a 12 años que no asisten a la escuela, se redujo de 1,8 en el año 1998 a 1,5 en el año 2004, mientras que el índice referido a Sin Servicios Básicos se mantuvo entre el año 1998 y 2001 en 15,7 y se redujo a 14,0 en el año 2004.

El número de niños a nivel de preescolar aumentó de 759.372 en el lapso 1997-98 a 882.095 en el lapso 2002-2003, con un incremento del 16%. La educación básica (1 a 9 grado) y Media Diversificada y la Profesional mostraron incrementos para los mismos lapsos de 9,58 y 31,73%, respectivamente. La tasa de analfabetismo se redujo de 9,3 en el año 1990 a 6,4% en el 2001.

El número de viviendas familiares ocupadas dotadas de servicio eléctrico se incrementó de 90,30% en el año 1990 a 96,80% en el 2001. Asimismo, el número de viviendas familiares ocupadas dotadas de servicio de eliminación de excretas se incrementó de 65,20 a 68,10% en el mismo período. Mientras el número de viviendas familiares ocupadas dotadas de servicio de agua pasó de 91,4 a 90,7%. Según [www.sisov.mpd.gov.ve](http://www.sisov.mpd.gov.ve), el sistema de eliminación de excretas para el año 2002 se incrementó hasta 93,20% y el de viviendas familiares ocupadas dotadas de servicio de agua aumentó hasta el 92,50%.

Otros indicadores sobre la población:

- La pobreza afecta significativamente el mapa social: de los cinco millones de hogares venezolanos, un millón no cuenta con ingresos para procurarse una debida alimentación. Si se utiliza el criterio de las necesidades básicas insatisfechas, se

cuentan un millón trescientos mil hogares en pobreza extrema.

- Dos tercios de niños entre 0 y 5 años residen en hogares pobres (1.795.466 niños).
- La tasa de mortalidad infantil sigue siendo importante: 21 niños por cada mil nacidos vivos.
- Si bien 88% de los hogares cuentan con servicio de acueducto, sólo 55% de ese total declara que recibe el agua todos los días.
- Si bien la educación en Venezuela es democrática, gratuita y obligatoria entre los 7 y los 14 años de edad, y el Estado garantiza la gratuidad de la enseñanza pública secundaria y universitaria, los indicadores del sector han retrocedido.
- Se mantiene una baja cobertura en el nivel preescolar, puesto que 41% de los niños entre 4 y 6 años no ha asistido a ningún centro educativo.
- El 13% de los niños entre 4 y 15 años (884.674) no asiste a la escuela. De ellos, 89% son pobres.
- Sobre un total de 789.134 jóvenes, 44% se encuentra excluido del sistema escolar.
- De 3,8 millones de jóvenes entre 14 y 25 años, con niveles educativos inferiores a media, diversificada y profesional, sólo 11,3% (430.000) está asistiendo a un curso de formación profesional o ha concluido alguno.

### 1.5 Recursos hídricos

Los recursos hídricos en Venezuela tienen una distribución muy variada, tanto en su componente de aguas superficiales como en el de las aguas subterráneas.

#### Aguas superficiales

La red hidrográfica es muy densa en Venezuela; sin embargo existen zonas donde los recursos hídricos son escasos, como al norte del país donde los cauces son, en general, de curso corto y caudales bajos; en contraste al sur, se encuentra la mayor abundancia

del recurso. Aproximadamente el 85% del escurrimiento total corresponde al territorio ubicado al sur del Orinoco y el 15% restante presenta una repartición muy irregular. Para su estudio, el país ha sido dividido en dieciséis (16) regiones hidrográficas, según la última versión de la Ley de Aguas propuesta (enero 2003), estando cada una de ellas integrada por un conjunto de cuencas. Estas se muestran en el Cuadro N° 1.2.

Los diez ríos más importantes del país son Orinoco, Caroní, Caura, Apure, Meta, Ventuari, Portuguesa, Santo Domingo, Uribante y Chama. El Orinoco es el segundo río más caudaloso de Sur América y el tercero en el mundo. Su cuenca abarca cuatro quintas partes del territorio venezolano (640.000 km<sup>2</sup>). Posee 2.140 km navegables y sus tributarios incluyen 436 ríos y más de 2.200 riachuelos. Otra cuenca importante es la del lago de Maracaibo, que también recibe aguas del territorio colombiano, a través de los ríos Catatumbo y Paraguachón.

### **Aguas subterráneas**

La regionalización de los acuíferos en el ámbito nacional o continental puede ser representada mediante la división del territorio en Provincias Hidrogeológicas, considerándose éstas como una región con características similares, tales como: constitución geológica, características climatológicas, fisiográficas, hidrológicas, vegetación, suelos y tipos de acuíferos. En Venezuela se diferencian cuatro (4) Provincias Hidrogeológicas:

- Provincia Andina y Vertiente Atlántica y del Caribe.
- Provincia Planicie Costera.
- Provincia del Orinoco o Llanos.
- Provincia del Escudo Septentrional o de Guayana.

La explotación de acuíferos representa, en muchas regiones, la única solución a las demandas de agua para cubrir las más elementales necesidades de la población.

El 40% de abastecimiento de agua potable, industrial y de riego en el país proviene de aguas subterráneas, existiendo en el territorio nacional alrededor de 50.000 pozos de agua. Ver Cuadro N° 1.3.

### **Consumo de agua**

En Venezuela la falta de agua no es tan grave como en otros países. Sin embargo hay que tener en cuenta dos problemas muy serios: el primero es que la mayor escasez de agua se presenta en la región norte del país, que es la más poblada y, por lo tanto, la que más la necesita. Esta escasez relativa del agua en dicha región se debe a que el clima es más seco en las costas e islas y a que, debido a la proximidad de las montañas al mar Caribe, los ríos de esta región son cortos y de escaso caudal (además de poseer un régimen irregular). El segundo problema se refiere a la estacionalidad de las lluvias. Esta estacionalidad

hace que en una parte del año haya escasez de agua y, en la otra, exceso, que produce inundaciones. Este problema ha traído como consecuencia que se tengan que traer el agua para las ciudades desde lugares y ríos cada vez más alejados. En Venezuela existen 107 embalses, y tienen usos múltiples: consumo humano, riego, hidroelectricidad, control de inundaciones, uso recreacional e industrial.

### **1.6 Biodiversidad**

Venezuela se ubica entre los primeros diez países con mayor diversidad biológica del planeta y el sexto lugar en América (MARN 2001). Esta condición se debe en gran parte a la convergencia de cuatro importantes regiones biogeográficas: la Amazónica, Andina, Caribeña y Guayanesa, que le confiere una alta diversidad de biomas representados en las diferentes provincias naturales. La vegetación y la fauna son los componentes más conspicuos de la diversidad biológica. El Cambio Climático puede comprometer esa riqueza biológica, representativa del Caribe.

### **Vegetación**

Hüber (1997) destaca que existen 650 tipos de vegetación con unas 15.000 especies vegetales superiores que pertenecen a las formaciones boscosas o arbóreas (bosques, bosques de galería y manglares, morichales), formaciones arbustivas (matorrales, cardonales y espinares), formaciones herbáceas (sabanas altas e inundables) y las vegetaciones especiales de los páramos andinos y los tepuyes guayaneses.

A continuación se presenta una breve descripción de estas formaciones:

- *Formaciones arbóreas (bosques)*. Más de la mitad de la superficie de Venezuela (54,2%, 49.666.000 ha (MARNR, 1996) está cubierta por una enorme variedad de tipos de bosques: bosques húmedos, bosques secos, bosques ribereños, bosques de manglar, bosques de palmas, los cuales varían desde bosques enanos de apenas unos pocos metros de alto y un solo estrato hasta bosques pluriestratificados, de 40-50 metros de alto. También se encuentran bosques dominados prácticamente por una sola especie, y bosques con 150 a 200 especies arbóreas por hectárea y con un sin número de especies epifitas. Estos bosques suelen crecer en todos los ambientes terrestres e inundables de las tierras bajas, medias y altas, hasta una elevación aproximada de 3.000 msnm en la región de los Andes. Aún por encima de este límite general de árboles, existe otro tipo de bosque: el chiribital, que forma comunidades arbóreas muy aisladas y reducidas en superficie que alcanzan hasta los 3.800-4.200 msnm. Sin embargo, la gran mayoría de los bosques en Venezuela ocupa las áreas ubicadas entre los 0 y 2.500 msnm de elevación, es decir las zonas macrotérmicas y mesotérmicas.

**Cuadro No. 1.2**  
**Regiones hidrográficas**

REGIONES HIDROGRÁFICAS		CUENCAS HIDROGRÁFICAS
01	Lago de Maracaibo y Golfo de Venezuela	Limón, Palmar, Santa Ana, Catatumbo, Zulia, Machango, Pueblo viejo, Escalante, Chama , Cojoro Carraipia-Paraguanchon*, Motatán.
02	Falconiana	Maticora, Hueque, Ricoa, Mitare, Capatarida.
03	Centro Occidental (Tocuyo – Aroa – Yaracuy)	Tocuyo, Aroa, Yaracuy.
04	Lago de Valencia	Aragua, Limón, Turmero, Maracay, Carabobo, Cabriales, Las Minas.
05	Central (Tuy – Litoral Central)	Tuy, Guapo, Cupira, Capaya y las que drenan al Litoral Central
06	Centro Oriental	Unare, Zuata, Pao, Aragua
07	Oriental	Neverí, Carinicua, Manzanares, Amana, Guarapiche, San Juan
08	Llanos Centrales	Guarico, Guariquito
09	Llanos Centro Occidentales	Cojedes, Portuguesa, Guanare, Tiznados, Boconó
10	Alto Apure	Uribante, Masparro, Sarare, Santo Domingo, Paguey, Suripá, Apure.
11	Apure	Apure, Arauca, Capanaparo, Cinaruco, Cunaviche, Meta*
12	Territorio Amazonas ( Alto Orinoco)	Orinoco, Brazo Casiquiare, Ventuari, Ocamo, Sipapo, Cunucunuma,
13	Caura	Caura, Suapure, Cuchivero
14	Caroní	Caroní
15	Cuyuní	Cuyuní, Yuruari, Yuruani
16	Delta	Bajo Orinoco, Morichal Largo, Uracoa, Mánamo, Macareo

\* Cuencas binacionales.

Fuente: Proyecto de Ley de Aguas, Papel de trabajo para la Segunda Discusión, Nov. 2004

**Cuadro No.1.3**  
**Reservas totales de aguas subterráneas por regiones**

REGIÓN COPLANARH	Superficie Miles km <sup>2</sup>	Volumen de reservas Billones de m <sup>3</sup>
1. Lago de Maracaibo	61,90	0,9
2. Costa Noroccidental	24,77	0,4
3. Región Centro Occidental	20,66	0,3
4. Llanos Centro Occidentales	140,36	2,5
5. Sur de Apure	68,65	0,4
6. Central	18,54	0,2
7. Centro Oriental	71,02	1,7
8. Oriental	62,15	1,3
TOTAL	468,05	7,7

(No están incluidas las reservas totales en el territorio a la derecha del río Orinoco, estados Amazonas, Bolívar y Delta Amacuro)

Fuente: Plan Nacional de Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos COPLANARH. 1972.

- **Formaciones arbustivas.** En el neotrópico el país tiene la mayor variedad de comunidades arbustivas, consideradas bien sea desde el punto de vista florístico o desde el fisonómico. Estas formaciones, que incluyen arbustales, matorrales, espinares, cardonales y páramos, han sido tradicionalmente poco consideradas en el pasado por su escaso uso directo y también por su distribución relativamente fragmentada sobre superficies en general no muy extensas, a excepción de los arbustales xerófilos.

La proporción de vegetación arbustiva nacional cubre el 8,1% del territorio nacional, representada en una superficie de 7.473.695,89 ha. Los estados con mayor cobertura de este tipo de vegetación son Nueva Esparta (0,62), Sucre (0,44), Lara (0,37), y Falcón (0,28), con proporciones menores en los estados Anzoátegui, Guárico, Mérida, Táchira, Trujillo y Zulia (MARNR, 1996). Este tipo de formación es casi coincidente con las áreas que presentan manifestaciones o riesgos de desertificación y se corresponde con las zonas de vida de la maleza desértica tropical, el monte espinoso, el bosque muy seco tropical y los bosques alpinos y sub-alpinos.

- **Formaciones herbáceas.** Grandes extensiones están cubiertas por diversos tipos de vegetación abierta, dominados por un estrato herbáceo, en el cual pueden presentarse o no elementos leñosos en forma aislada. Si este estrato herbáceo está dominado por gramíneas, se habla de una sabana, si por el contrario dominan hierbas no gramínicas, se llaman herbazales, siendo éstas las principales categorías de herbáceos. La proporción de vegetación herbácea a nivel nacional es de 20,4%, representadas en 18.682.000 ha (MARNR, 1996).

### **Fauna**

Venezuela es un claro ejemplo de país mega-diverso. Se estima que al menos, 1.370 especies de aves sobrevuelan su territorio, y utilizan sus ambientes para refugiarse, alimentarse o reproducirse. Ello representa un 15% del total de especies de aves existentes en el mundo y un 40% de las aves del trópico.

Entre los mamíferos, se han contabilizado al menos 351 especies, cerca de la mitad de las cuales son murciélagos.

Se conocen también 341 especies de reptiles, 284 de anfibios y al menos 1.791 especies de peces, números que pudieran incrementarse en la medida que los estudios científicos permitan profundizar este conocimiento, explorando regiones del país poco estudiadas.

Los insectos presentes en Venezuela se estiman en al menos 110.300 especies.

Por su parte, los hongos superan las mil cien especies, seguidos por las algas y líquenes, con al menos dos mil doscientas.

### **1.7 Áreas Bajo Régimen de Administración Especial (ABRAE)**

El sistema especial de Áreas Bajo Régimen de Administración Especial (ABRAE) permite la conservación in situ, proporcionando protección de las cuencas hidrográficas, hábitat de fauna y flora silvestres, protección de especies raras, únicas, endémicas y en peligro de extinción, y permite el disfrute en general de la población (Ver Mapa N° 3).

En el Cuadro N° 1.4 se presenta la relación de la superficie de ABRAE, la superficie con vegetación y el índice de vegetación (relación entre la superficie con vegetación y la superficie total de cada tipo de ABRAE).

#### **1.8 Recursos forestales**

A mediados de la década de los 80, la superficie del país cubierta por vegetación se estimó en 75.117.666 hectáreas; ello representa el 82% del territorio nacional. De ese total, 47.493.757 hectáreas corresponden a vegetación arbórea (alturas superiores a 5 metros), 4.794.002 hectáreas a vegetación arbustiva y 22.830.089 a vegetación herbácea (MARN, 2001).

Las áreas protegidas cumplen un papel importante en la conservación de la vegetación, y el país cuenta con 246 Áreas Bajo Régimen de Administración Especial; esto representa una porción importante del territorio nacional, según evaluaciones realizadas entre 1994-1995, por la Dirección de Vegetación del MARNR (1995).

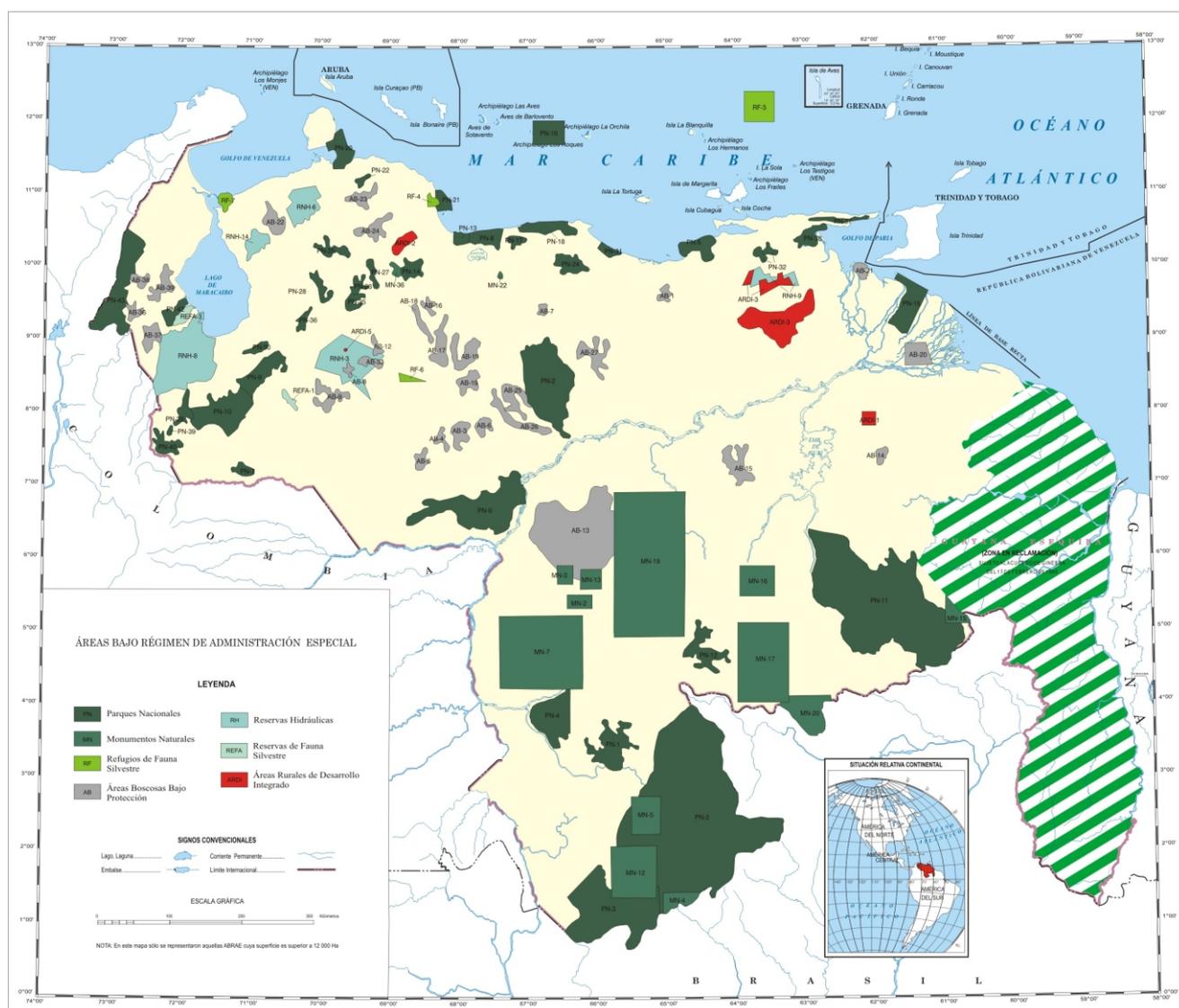
Los bosques situados en la región al norte del Orinoco, que es la más poblada, son sometidos a fuertes presiones, consecuencia del desarrollo de actividades económicas. La población al sur del Orinoco es escasa y está compuesta en un 50% por representantes de diversas etnias indígenas. Aquí se concentra un 80% de la cobertura boscosa, caracterizada por numerosos endemismos así como por los usos que milenariamente ha practicado la población aborigen (Ver Mapa N° 4). La producción maderera está en manos del sector privado, que opera mediante concesiones que le otorga el Estado dentro de las áreas protegidas como lotes boscosos y reservas forestales o mediante permisos fuera de ellas. La producción alcanza alrededor de 1.200.000 m<sup>3</sup> de rolas de madera al año y 70% de la misma es alcanzada utilizando procedimientos de manejo sustentable. La producción aún no satisface la demanda nacional, que es completada con importaciones desde Brasil, Ecuador, Estados Unidos, Chile, Colombia y Perú. La mayor parte de la deforestación que se observa en Venezuela ocurre en las áreas no protegidas y de manera ilegal, alcanzándose tasas de deforestación anual de 1,1% a escala nacional. Esta deforestación está ocasionando serios problemas a los ecosistemas afectados, con pérdida de biodiversidad, observándose que este problema es más pronunciado en los estados Portuguesa, Cojedes y Yaracuy.

**Cuadro No. 1.4**  
**Relación de la superficie de ABRAE, la superficie con vegetación y el índice de vegetación**

ABRAE	Superficie (ha)	Superficie con vegetación (ha)	Índice
Reservas Forestales	11.678.267,00	10.679.097,00	0,91
Lotes Boscosos	1.107.590,00	1.052.210,50	0,95
Parques Nacionales	12.630.612,00	10.970.573,00	0,87
Monumentos Naturales	1.120.866,00	1.113.392,00	0,99
Zonas Protectoras	12.658.208,54	11.220.199,00	0,89
Reservas Hidráulicas	1.729.203,00	1.354.777,00	0,78
Refugios de Fauna	96.987,00	73.058,35	0,75
Reservas de Fauna	87.831,00	70.875,00	0,81
Reservas de Biosfera	9.525.000,00	9.525.000,00	1,00
<b>Total</b>	<b>50.634.564,54</b>	<b>46.056.183,57</b>	<b>0,91</b>

Fuente: MARN, Balance Ambiental de Venezuela, 1996.

**MAPA No. 3 MAPA DE ÁREAS BAJO RÉGIMEN DE ADMINISTRACIÓN ESPECIAL (ABRAE)**



## 1.9 Suelos y tierras

Existe una gran diversidad de suelos en cuanto a sus características físicas y químicas, cualidades y restricciones, en virtud de la diversidad geológica del territorio nacional, de paisajes, de relieve, de vegetación y de clima.

Con relación a las limitaciones y potencialidades de las tierras, basadas en las características de los suelos y de clima, el 44% de las tierras en Venezuela tiene como principal limitante el relieve y en consecuencia riesgos de erosión, el 32% tiene problemas de fertilidad o de nutrición para las plantas cultivadas, el 18% limitaciones de drenaje, el 4% limitaciones de agua y aridez y sólo el 2% del territorio nacional posee tierras de buena calidad, la cual pudiera ser ampliada al 4% si se regaran las áreas con mayor potencial agrícola en las zonas secas y se drenaran las áreas con mayor posibilidad de resolver este problema en otras zonas del país (Comerma y Paredes, 1978).

Otros estudios estiman que al norte del río Orinoco existen un poco más de 2 millones de hectáreas de tierras de buena calidad (Clases I y II por Capacidad de Uso), con ligeras y moderadas limitaciones para la producción agrícola, las cuales representan el 4,2% del territorio nacional.

Las mejores tierras, sin limitaciones, se concentran en Barinas, Portuguesa, Yaracuy, valles de Aragua y Carabobo, Cojedes, Sur del Lago de Maracaibo y Miranda. Las tierras con severas restricciones (Clase III por Capacidad de Uso) representan el 7,6% de la superficie nacional, mientras que las apropiadas para cultivos en forma limitada o especial, el 10,8%. Es decir, sólo el 22,6% del territorio nacional es apto para la actividad agrícola. Las tierras aptas para el aprovechamiento pecuario y forestal constituyen el 57,8% del territorio, también al norte del Orinoco. Otros tipos de tierra representan el 19,6%.

Lo más reciente del tema, relacionado con la disponibilidad de tierras agrícolas en el país, establece que existen un total de treinta y cuatro millones y medio de hectáreas aptas para la agricultura y la ganadería, correspondiéndole a la primera el 21% (plantaciones, horticultura, fruticultura, agricultura de subsistencia) y a la segunda 79% (ganadería extensiva, semi-intensiva e intensiva). En cuanto a los cultivos anuales mecanizados, las mayores extensiones de tierras se localizan en los estados Guárico-Apure, Portuguesa, Bolívar, Cojedes, Delta Amacuro y Zulia (Marín 1999). En relación a las áreas secas o con limitaciones de aridez, predominan las tierras planas o casi planas (60 a 70%), la mayoría con limitaciones de erosión y entre el 10 a 15% con problemas de salinidad y se estima que un 30% de las áreas planas poseen suelos potencialmente regables. Ver Mapas N° 5 y 6.

Las principales limitaciones para el uso de la tierra que existen en el país son:

- **Aridez o zonas con precipitaciones anuales menores de 500-600 mm:** Ubicadas principalmente en los estados Lara, Falcón, Zulia y gran parte de la Zona Costera.

- **Relieve excesivo:** áreas de colinas o montañas, con alto riesgo de erosión. Incluye las Cordilleras de los Andes y la Costa, la región montañosa de los estados Bolívar y Amazonas, Falcón y la Sierra de Perijá.

- **Baja fertilidad:** donde la excesiva acidez y la deficiencia de nutrientes provocan rendimientos muy bajos en los cultivos. Se encuentran ubicadas principalmente en los Llanos Centrales y Orientales, al sur del estado Apure y en Bolívar y Amazonas.

- **Mal drenaje:** exceso de aguas superficiales o subterráneas que afectan la producción de cultivos y las labores de labranza. Se ubican fundamentalmente en los Llanos Bajos y Centrales, en la zona sur del Lago de Maracaibo y en el Delta del Orinoco.

## 1.10 Agricultura

Venezuela, para el año 1999 presenta un sector agrícola estructuralmente débil (debido a su baja integración vertical, ganadería extensiva y cultivos fundamentalmente de secano). Otros cultivos con sistema de riego operativo o semi-operativo coexisten con prácticas tradicionales, todo lo cual incide en la vulnerabilidad de la seguridad alimentaria del país.

El 94,3% del aprovechamiento agrícola de las tierras en Venezuela se realiza bajo las condiciones naturales del clima; solo el 5,7% del aprovechamiento se realiza bajo riego. Esta agricultura demanda materiales genéticos de altos rendimiento, uso intensivo de los suelos y del agua y muy dependientes de insumos tecnológicos que generan o pueden generar problemas de deterioro de los recursos naturales y contaminación ambiental.

En el año 1997 la producción agrícola representaba una contribución al PIB de 4%. El Cuadro N° 1.5 presenta el tipo de rubros, la superficie cultivada y rendimiento para cada uno de los cultivos listados para el año base de 1999.

## 1.11 Recursos energéticos

### Petróleo

Venezuela es uno de los países productores de petróleo más importante a nivel mundial: posee reservas probadas de hidrocarburos de 77,8 mil millones barriles en cuatro cuencas sedimentarias mayores: Maracaibo, Falcón, Apure y Oriente. Ello, sin contar los cientos de miles de millones de barriles de crudo extra-pesado de la Faja del Orinoco. Su producción en el año 2000 se estimó en 2,9 millones de barriles por día. De éstos 2,9 millones de bbl/d, aproximadamente 453.000 bbl/d se consumieron en el país, mientras el restante 2,3 millones de bbl/d se destinó a la exportación.

Venezuela es miembro fundador de la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP). Venezuela nacionalizó su industria petrolera en 1975-1976, creando a Petróleos de Venezuela S.A. (PDVSA) y sus filiales, una de las compañías petroleras más grandes del mundo, responsable de la exploración, producción, refinación, transporte y comercialización de hidrocarburos, además de la industria petroquímica y del tratamiento, transporte y comercialización del gas natural.

Así mismo, el país suscribió cuatro asociaciones estratégicas con compañías extranjeras, para explotar las reservas de crudos extra-pesados de la Faja Petrolífera del Orinoco (estimadas de 100 a 270 mil millones barriles de reservas recuperables). Los proyectos consisten en la conversión de este petróleo, de aproximadamente 9° API en crudo sintético más ligero. La producción actual de crudos sintéticos alcanza aproximadamente 450.000 bbl/d y se espera que aumente a 700.000 bbl/d para el año 2005.

En cuanto a la refinación de petróleo, PDVSA opera

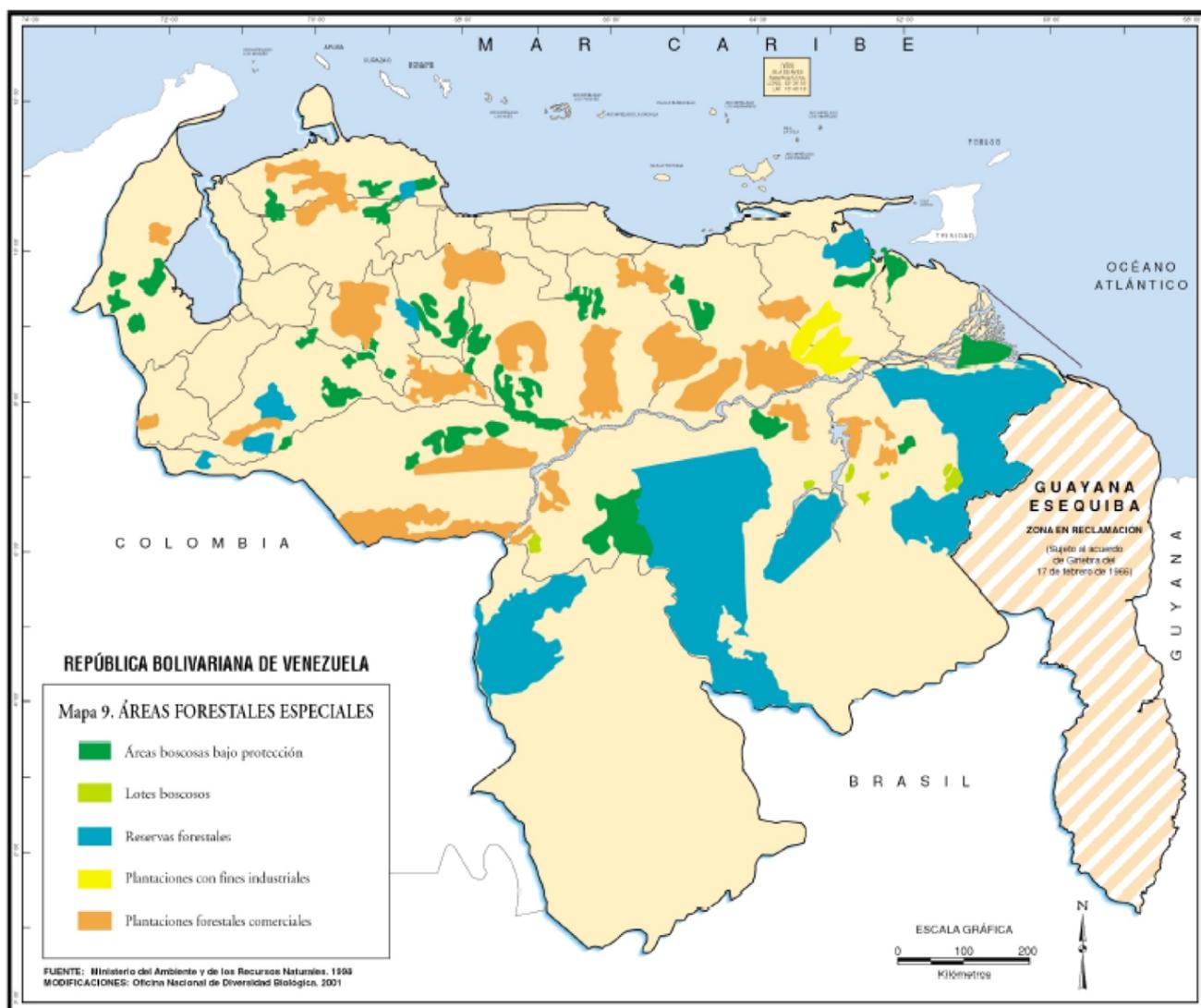
uno de los sistemas más grandes del continente y posee una de las refinерías más grande del mundo. La capacidad de refinación doméstica es de aproximadamente 1,3 millones de bbl/d, a la que se añade la adquisición o acceso a refinерías en Curazao, los Estados Unidos y Europa.

Actualmente PDVSA adelanta un programa de exploración costa afuera en el área del Delta del Orinoco.

**Orimulsión**

PDVSA también desarrolló la Orimulsión, un combustible usado en plantas de generación eléctrica o vapor y en diversos procesos industriales, que funciona como el fuel-oil. Este consiste en una emulsión de aproximadamente 70% de bitumen natural, 30% de agua, y menos que 1% de surfactantes. El bitumen no se considera como petróleo, y por tanto esta producción de Orimulsión no se contabiliza en la cuota de Venezuela en la OPEP. Bitor, empresa subsidiaria de PDVSA, es responsable de la

**MAPA No. 4 ÁREAS FORESTALES DE VENEZUELA**



producción, procesamiento, embarque y mercadeo de la Orimulsión. Bitor opera una planta de Orimulsión en Cerro Negro, estado Monagas, con una capacidad de 5,2 millones de toneladas métricas por año. Como combustible compete ventajosamente con el carbón, ya que produce menos CO<sub>2</sub> por unidad de energía (KW).

### Gas

En relación al gas natural, Venezuela posee reservas de aproximadamente 148 billones de pies cúbicos, lo que la ubica en segundo lugar, detrás los Estados Unidos en el continente y octavo a escala mundial. Sin duda, el gas será en el futuro fuente importante de energía para el país. Las reservas probadas están conformadas mayoritariamente por gas asociado. Los descubrimientos de yacimientos de gas no asociado hechos en tierra y costa afuera refuerzan considerablemente el potencial de futuras reservas y capacidad de producción.

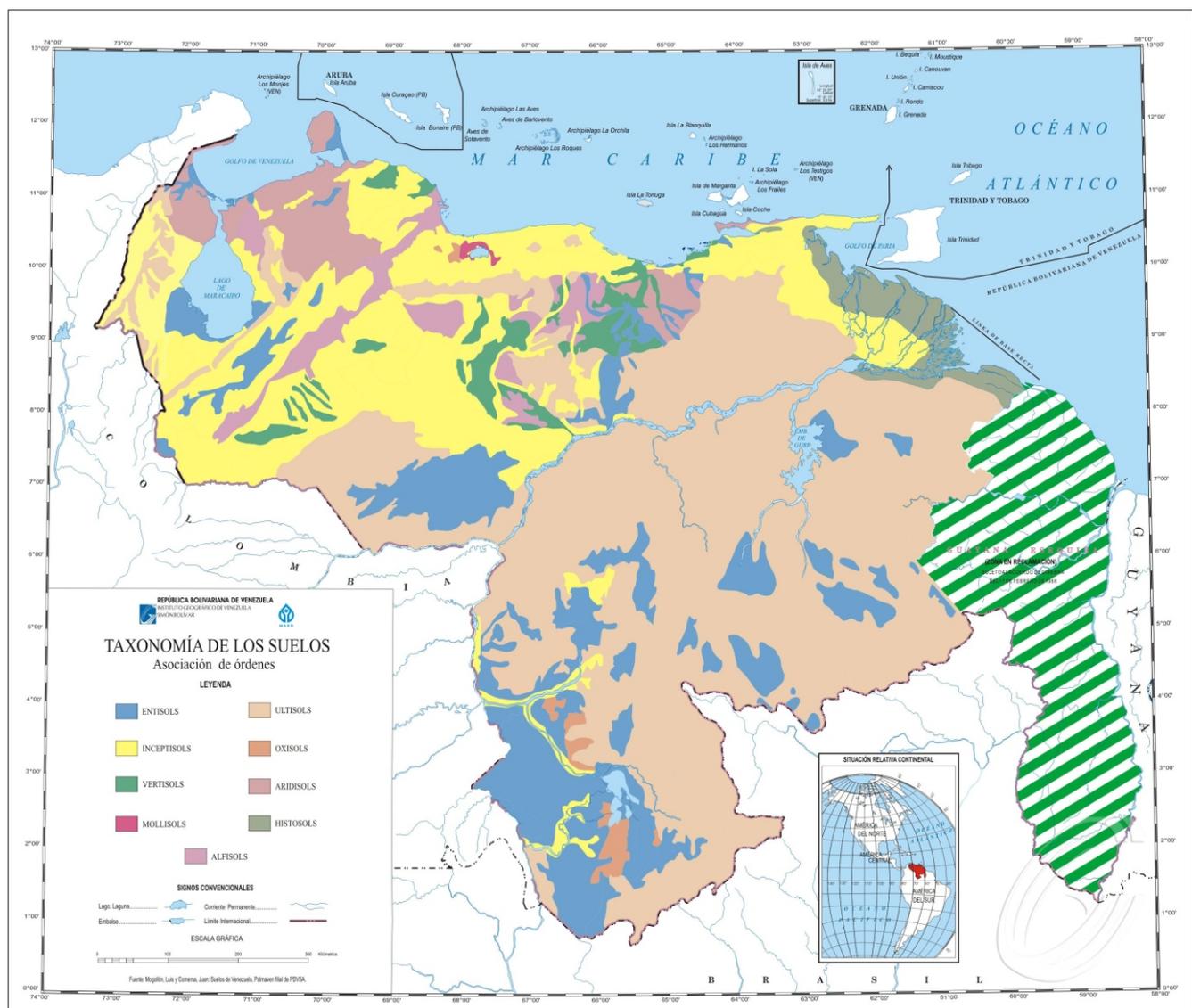
### Carbón

Venezuela tiene reservas del carbón recuperables de aproximadamente 528 millones de toneladas, la mayor parte es carbón bituminoso. Venezuela es el segundo productor más grande en América Latina, después de Colombia. La producción anual es de 8,5 millones de toneladas, casi todo se exporta a otros países en la región, Estados Unidos y Europa. La cuenca de Guasare, en el Zulia, cerca de la frontera colombiana, es la mayor región productora de carbón en Venezuela. La producción de carbón se ha estabilizado en los últimos años por limitaciones de infraestructura y transporte.

### Electricidad

Venezuela tiene aproximadamente 21 giga-vatios (GW) de capacidad instalada de generación eléctrica. Cuenta con la tasa de electrificación más alta de América Latina, por encima de 90%. El país produce alrededor de 87 mil millones de kWh al año,

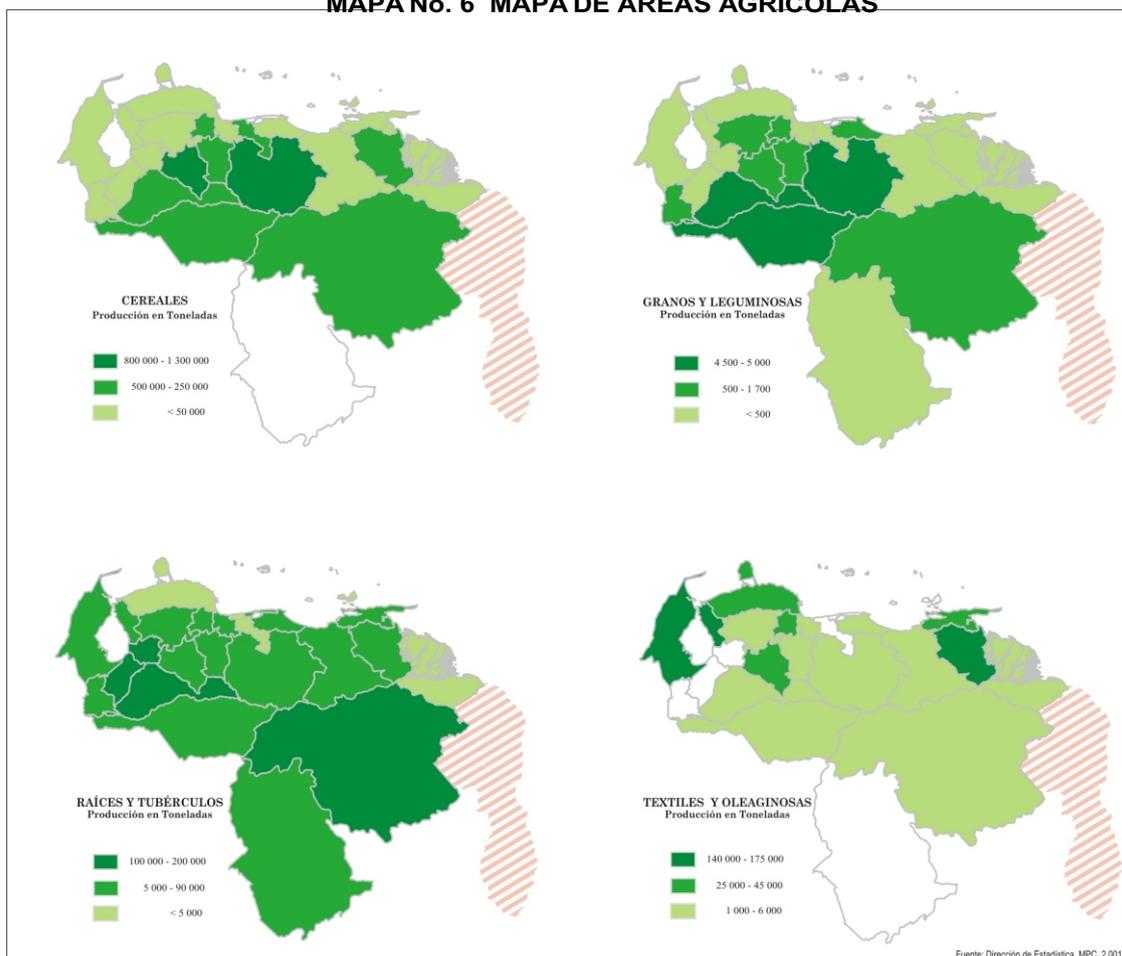
**MAPA No.5 MAPA DE SUELOS DE VENEZUELA**



**Cuadro No. 1.5**  
**Indicadores de producción agrícola en Venezuela para 1999**

Rubro	Producción (t)	Superficie (ha)	Rendimiento (kg/ha)
Arroz	669.970	149.480	4.482
Maíz	1.024.435	364.568	2.810
Sorgo	401.713	163.232	2.461
Caraota (Frijol Negro)	18.627	23.819	782
Frijol	14.178	19.940	711
Quinchoncho	1.952	3.479	561
Ajonjolí	28.372	48.252	588
Algodón	43.369	38.211	1.135
Coco	104.576	18.046	5.795
Girasol	5.928	6.240	950
Palma Aceitera	336.261	26.279	12.796
Papa	252.387	15.044	16.777
Yuca	448.432	42.397	10.577
Mango	130.180	8.650	15.050
Cambur (Banano)	1.000.394	51.609	19.384
Naranja	331.757	22.618	14.668
Plátano	550.906	64.744	8.509
Ajo	12.560	1.747	7.189
Cebolla	163.542	7.173	22.800
Pimentón	72.526	5.663	12.807
Tomate	187.861	9.147	20.538
Café	67.281	164.101	410
Cacao	18.865	65.053	290
Caña de Azúcar	7.988.580	125.567	63.620
Tabaco	11.288	6.934	1.628

**MAPA No. 6 MAPA DE ÁREAS AGRÍCOLAS**



en un parque eléctrico que consta de 120 unidades de generación de origen térmico (23 a vapor y 97 a gas) y 51 provenientes de fuentes hidráulicas, generando estas últimas más del 70% de la energía consumida en el país; su mayor potencial hidroeléctrico está ubicado al sur del río Orinoco, en los ríos Caroní y Caura, los cuales representan el 75% del potencial bruto total. La región de Los Andes aporta el 17% con los ríos Chama, Motatán y Uribante, y la zona de la Sierra de Perijá el 8%, aproximadamente. El parque turbo gas se encuentra disperso a lo largo del territorio nacional. Ver Cuadro N° 1.5. La producción eléctrica promedio generada por planta hidroeléctrica para el período 1997-2001 en Venezuela es de 59.44 TWh, ocupando Venezuela el segundo lugar después de Brasil entre los productores latinoamericanos.

### 1.12 Economía

La economía venezolana se sustenta principalmente en los ingresos del sector petrolero, el cual contribuye significativamente al PIB y, aunque ésta contribución

ha disminuido en las últimas dos décadas (de 50,7% en 1970 a 27,4% en 2000), siempre ha superado la participación de los otros sectores (Oficina Técnica Zuleta, 2004).

Mientras entre 1970 y 1997 el PIB experimentó un crecimiento medio de 2,3%, entre 1997 y 2000 se observó una variación de 2,9%. El crecimiento promedio observado en las últimas dos décadas no fue uniforme en el período, desde fines de los ochenta la economía venezolana comenzó a dar señales de encaminarse hacia una recesión.

En cuanto a las variables macroeconómicas, las consecuencias más visibles de la crisis de años recientes han sido: una devaluación acentuada del bolívar (aproximadamente 45% entre 1997 y 2000), el incremento de la deuda externa, que ascendió a 38.000 millones de US dólares en el año 2000, y el incremento del nivel de pobreza extrema, que alcanza a 1.300.000 hogares, como una consecuencia del aumento de la tasa de desempleo (14% en 2000) y la caída de los sueldos reales. El balance del año 2000, aunque muestra el freno del claro retroceso

**Cuadro No. 1.6**  
**Principales fuentes de generación hidráulica y térmica para el año 2001**

Nombre de la Planta	Tipo	Combustible usado	Capacidad (MW)	Ubicación
Guri	Hidráulica	-	8.875	Guri (Edo. Bolívar)
Macagua I	Hidráulica	-	360	Pto. Ordaz (Edo. Bolívar)
Macagua II	Hidráulica	-	2.400	Pto. Ordaz (Edo. Bolívar)
Macagua III	Hidráulica	-	170	Pto. Ordaz (Edo. Bolívar)
Caruachi	Hidráulica	-	173	Caruachi (Edo. Bolívar)
San Agatón	Hidráulica	-	300	Uribante Caparo (Edo. Táchira)
José A. Páez	Hidráulica	-	240	Santo Domingo (Edo. Mérida)
Planta Centro	Vapor	Gas/Fuel-oil	2.000	Morón (Edo. Carabobo)
Complejo Ricardo Zuloaga	Vapor	Gas/Fuel-oil	1.891	Tacoa y Arrecifes (Edo. Vargas)
Ramón Laguna	Vapor y Gas	Gas/Fuel-oil	684	Maracaibo (Edo. Zulia)
Oscar Augusto Machado	Gas	Gas/Gas-oil	450	Caracas (Distrito Federal)
Rafael Urdaneta	Gas	Gas/Gas-oil	395	Maracaibo (Edo. Zulia)
Planta Táchira	Gas	Gas/Gas-oil	258	La Fria (Edo. Táchira)
Alfredo Salazar	Gas	Gas	210	Anaco (Edo. Anzoátegui)
Luisa Cáceres	Gas	Gas-oil	250	Margarita (Edo. Nva. Esparta)
Punto Fijo	Gas	Gas/Gas-oil	199	Punto Fijo (Edo. Falcón)

Fuente: Oficina de Operación de Sistemas Interconectados (OPSIS)

económico derivado de los problemas de los años inmediatamente anteriores confrontados por el mercado petrolero, también refleja que las inversiones privadas siguen retrocediendo, a la vez que se incrementa el desempleo, la tasa de inflación sigue siendo elevada (12,5%) y el sector no-petrolero continúa deprimido.

Ante esta situación se aplican medidas de ajuste fiscal y promulgación de leyes (Ley Habilitante), que junto a las políticas de defensa del precio del petróleo, permiten lograr un crecimiento de la economía en los años 1999 y 2000. Este crecimiento se ve interrumpido a partir del 2001 por efecto de la convulsión política que produjo un gran impacto en la economía. En los años más recientes, el país retoma el crecimiento económico y el PIB se incrementa significativamente.

### 1.13 Industria

La producción de manufacturas está integrada por 8.400 establecimientos de la pequeña, mediana y gran industria, destacando dentro de esta última el acero, cemento, fertilizantes y ensamblaje de vehículos. Esta producción genera unos 400 mil empleos directos y una producción bruta de 28.306 millones de Bolívares (a razón de 605 Bs/US\$). Ver Cuadro N° 1.6 (Oficina Técnica Zuleta, 2004).

### 1.14 Transporte

En cuanto a la infraestructura vial la conectividad terrestre superior se extiende de este a oeste (en especial en la zona centro norte costera) y de sur a norte comunicando el interior del país con los principales puertos a través de los cuales se exporta la producción petrolera y minera, y se importan bienes y servicios. Las carreteras troncales, locales, ramales y sub-ramales comunican el centro norte occidente y el resto del territorio nacional. Las principales capitales cuentan con aeropuertos de primera línea, como el Simón Bolívar en Maiquetía, La Chinita en Maracaibo, Valencia, Barcelona, Puerto Ordaz y el Santiago Mariño en Margarita. Existe un sistema ferroviario incipiente que cubre la ruta entre Puerto Cabello-

Yaritagua-Barquisimeto-Acarigua (240 km) y se encuentran en construcción los tramos entre Caracas y los Valles del Tuy (41,4 km), Puerto Cabello-La Encrucijada (108 km). Cuenta además con dos vías fluviales de importancia como son el canal de navegación del Lago de Maracaibo y el del río Orinoco de unos 352 km de longitud.

### 1.15 Desechos

Entre las alternativas para disminuir el volumen total de desechos sólidos se destacan la recuperación, el reuso y el reciclaje de materiales desechables recolectados en centros especializados, existiendo para 1996 unos 286 centros de recuperación en todo el país.

En lo relativo a los rellenos sanitarios, para 1996 existían en Venezuela unos 93 vertederos de basura, 9 rellenos controlados y 40 botaderos. De la información existente sobre ellos, destaca el hecho que sólo un 22% de las áreas de disposición final poseen un control normal, mientras que en el 78% restante el mantenimiento es irregular o está ausente.

A pesar que existen proyectos para la construcción de tres rellenos de seguridad, al presente no se ha autorizado ninguno de ellos, lo que trae como consecuencia que cada empresa generadora de este tipo de desecho decida cómo almacenarlos dentro de sus instalaciones o proceda a exportarlos dependiendo del tipo de material. La situación actual en relación a la generación de desechos peligrosos ha sido estimada en unas 600.000 tm/año, de las cuales el 50% se genera en las industrias petroquímicas, petroleras y las industrias básicas del hierro y el aluminio. El 50% restante es generado por el resto del parque industrial, predominando la industria química. De este gran total, más del 10% lo constituyen aceites lubricantes, solventes, pinturas y resinas, los cuales se están recuperando y reciclando o están en proceso de serlo a corto plazo. Además, se efectúa recuperación y aprovechamiento de algunos residuos catódicos, catalizadores, baterías y otros materiales contabilizados en el total como chatarra, cauchos y plásticos, entre otros.

**Cuadro No. 1.7**  
**Principales indicadores de la industria manufacturera a nivel nacional según estrato de ocupación. Año 2000**

ESTRATOS DE OCUPACIÓN	Establecimientos (N°)	Personal ocupado (N°)	Sueldos y salarios (Bolívares)	Bruto de la producción (Bolívares)	Agregado (Bolívares)	Ventas (Bolívares)
<b>TOTAL</b>	<b>8.431</b>	<b>369.801</b>	<b>1.398.669.655</b>	<b>28.306.328.073</b>	<b>16.536.599.211</b>	<b>25.837.119.123</b>
Gran Industria	636	216.239	1.012.019.495	24.408.664.303	14.854.712.939	22.462.368.087
Mediana Ind. Superior	437	36.076	108.785.336	1.416.192.283	559.245.700	1.261.012.772
Mediana Ind. Inferior	1.385	50.208	130.024.497	1.291.902.261	550.099.500	1.140.609.111
Pequeña Industria	5.973	67.278	147.840.327	1.189.569.226	572.541.072	973.129.153

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas (INE). Anuario Estadístico de Venezuela 2002.

Se han realizado diversas acciones para mejorar la situación, tales como las autorizaciones para exportar bifenilos policlorados y materiales peligrosos recuperables, entre ellos flexicoque y catalizadores gastados; la revisión de las condiciones de peligrosidad de ciertos desechos como ripios, para facilitar su disposición si no contienen elementos tóxicos y existen varias empresas instaladas para la recuperación de solventes y aceites, lo cual tiende a mejorar la acumulación de desechos en muchas industrias (Aplicación Agenda 21, 1997).

### 1.16 Retos ambientales

Los retos ambientales más relevantes de Venezuela derivan de los problemas existentes de contaminación y deforestación. La contaminación proviene en buena medida de la producción y consumo de la energía, siendo la primera el sustento de la economía. En parte, esta contaminación se ve compensada por el hecho de que la mayor parte de la electricidad consumida en el país proviene de la generación hídrica. Las descargas de efluentes residuales domésticos no tratados o con escaso tratamiento es también un foco importante de contaminación. El uso ineficiente de los sistemas de producción agrícola y el uso poco controlado de insumos como fertilizantes y biocidas, son otras formas de contaminación presente. La deforestación, en especial de las zonas de laderas de la Cordillera Andina, Central y Oriental, provoca excesiva escorrentía e inundaciones aguas abajo.

### 1.17 Estructura de Gobierno

Democracia Representativa. El país ha sido gobernado bajo un régimen democrático durante los últimos 45 años de manera ininterrumpida, siendo una de las naciones con mayor experiencia democrática en América Latina.

De acuerdo con la Constitución Nacional del año 1999, el Gobierno venezolano está compuesto por cinco poderes independientes: el **Ejecutivo**, dirigido por el Presidente quien se apoya en el Vicepresidente y los distintos Ministerios; el **Legislativo**, conformado por la Asamblea Nacional y las Asambleas legislativas de los Estados; el **Judicial**, que preside el Tribunal Supremo de Justicia; el **Poder Ciudadano**, conformado por la Defensoría del Pueblo, el Ministerio Público (Fiscalía) y la Contraloría General de la Nación; el **Poder Electoral**, regido por el Consejo Nacional Electoral.

El Presidente de Venezuela es elegido cada seis años, con derecho a reelección, los miembros de la Asamblea Nacional cada cinco años y los Magistrados del Tribunal Supremo ocupan sus cargos por un período de doce años. El Presidente elige a los Ministros a cargo de las diferentes Jefaturas Ejecutivas del Gobierno. Finalmente, los Magistrados del Tribunal

Supremo de Justicia son elegidos por la Asamblea Nacional, previa recomendación del Comité de Postulaciones Judiciales.

### 1.18 El modelo venezolano

A partir de la promulgación de la Constitución Bolivariana de Venezuela en diciembre de 1999, se comienza a perfilar un nuevo modelo económico, social y político en el país. En lo económico se enfoca hacia una economía mixta en cuanto a la propiedad de los medios de producción en tres direcciones: la de interés estratégico nacional conserva la propiedad pública, una economía asociativa y una economía privada tradicional e internacional. El Estado mantiene su función rectora en la orientación de la economía, dirigida a disminuir progresivamente la dependencia del rentismo petrolero, estimulando la economía social.

El modelo socio-político de justicia social mediante un sistema de democracia participativa, protagónica y de corresponsabilidad que supone ampliar y profundizar la democracia social en todos los campos que le concierne como salud, educación, alimentación, recreación y seguridad principalmente. La justicia social, con énfasis en lo público, donde el interés colectivo y su acción política social se ponderan las decisiones claves para su propio desarrollo. Se enfatiza en la consecución de la organización de la sociedad, capaz de formular y participar en la ejecución y control de planes, políticas públicas y rendición de cuentas. Todo lo cual se sustenta en la conformación de un nuevo Estado y una nueva institucionalidad.

En lo territorial, el nuevo modelo persigue la descentralización desconcentrada, modificando el patrón de asentamiento tradicional estimulando la diversificación y consolidación de distintas actividades económicas en todo el territorio con vocación y potencialidades dinamizadoras de la zona.

### 1.19 Participación en organizaciones internacionales

Venezuela es miembro de las siguientes organizaciones internacionales de cooperación e integración:

- Agencia Internacional de Energía Atómica
- Alto Comisionado de Naciones Unidas Para los Refugiados
- Asociación de Integración Latinoamericana
- Banco Interamericano de Desarrollo
- Banco Mundial
- Comunidad Andina de Naciones
- Caricom (observador)
- Comisión Económica para América Latina Y el Caribe
- Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación

- Organización Internacional de Aviación Civil
- Cruz Roja Internacional
- Fondo Internacional para el Desarrollo Agrícola
- Organización Hidrográfica Internacional
- Organización Mundial del Trabajo
- Fondo Monetario Internacional
- Organización Marítima Internacional
- Interpol
- Comité Olímpico Internacional
- Organización Internacional para las Migraciones
- Organización Internacional de Normalización
- Unión Internacional de Telecomunicaciones
- Sistema Económico Latinoamericano
- Movimiento de los No Alineados
- Organización de Estados Americanos
- Organización de Países Exportadores de Petróleo
- Grupo de Río
- Naciones Unidas
- Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo
  - Organización de Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
  - Organización de Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial
  - Organización Mundial de la Salud
  - Organización Mundial de Propiedad Intelectual
  - Organización Meteorológica Mundial
  - Organización Mundial de Comercio

## 1.20 Acuerdos ambientales internacionales

Venezuela ha suscrito los siguientes acuerdos ambientales internacionales:

- Convenio sobre el Comercio Internacional De Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestre (CITES)
- Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar
- Convenio sobre la Conservación de las Especies Migratorias de Animales Silvestres
- Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono
- Convenio de Montreal sobre Sustancias que Disminuyen la Capa de Ozono
- Convenio de Basilea para el Control de los Movimientos Transfronterizos de Desechos Peligrosos y su Eliminación
- Convención sobre los Humedales de Importancia Internacional especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas (RAMSAR)
- Declaración de Río
- Agenda 21
- Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático
- Convenio sobre la Diversidad Biológica
- Acuerdo Internacional sobre Maderas Tropicales
- Convenio de Naciones Unidas para Luchar contra la Desertificación
- Declaración de Santa Cruz de la Sierra y Plan de Acción para el Desarrollo Sostenible de las Américas





## INVENTARIO GENERAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

El Efecto Invernadero es un fenómeno natural que se produce cuando la radiación de onda larga emitida por la superficie terrestre, es absorbida por los gases atmosféricos. Los gases que absorben parte de esta energía son denominados Gases de Efecto Invernadero (GEI), y son principalmente: vapor de agua, dióxido de carbono, metano, óxido nitroso y ozono. Los clorofluorocarbonos (CFC), hidrofluorocarbonos (HFC) y algunos gases tales como el monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y los compuestos orgánicos volátiles distintos al metano, contribuyen también al Efecto Invernadero.

Se piensa que el incremento de estos gases altera la distribución de energía de la atmósfera y, en consecuencia, tiene la potencialidad de afectar el clima, incidiendo sobre algunos fenómenos naturales, como la temperatura media global, la frecuencia y distribución de la precipitación, los patrones de clima, el ciclo hidrológico, entre otros. El resultado podría ser un aumento en la temperatura de 1,4 a 5,8 grados centígrados en los próximos 100 años y la consecuente afectación de los ecosistemas naturales, cultivos agrícolas y el incremento del nivel del mar.

No todos los gases tienen la misma incidencia sobre el Efecto Invernadero. Se han establecido efectos directos e indirectos para distinguir entre un Gas de Efecto Invernadero propiamente dicho, y un gas que origina o tiene influencia en la producción del primero de los mencionados, en la atmósfera. Para determinar

esto último, se calculó un índice que permite comparar sobre una misma base los efectos de estos gases mediante el Potencial de Calentamiento Global (GWP, por sus siglas en inglés), el cual mide la relación de la fuerza radiativa directa e indirecta de una unidad de Gas de Efecto Invernadero, y una unidad de CO<sub>2</sub>, como gas de referencia, en un período determinado, normalmente de 20 y 100 años.

El Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales, a través de su Dirección General de Cuencas Hidrográficas, completó el **Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero, Año 1999**, con la asistencia financiera del Fondo Ambiental Global (GEF) a través del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

Los datos requeridos por el inventario se recopilaron mediante una búsqueda de referencias bibliográficas, consultas a instituciones y empresas y entrevistas con expertos. En el caso de la industria petrolera, se contó con un inventario completado de manera voluntaria por Petróleos de Venezuela, S.A., empresa estatal, a través de su filial de investigación y desarrollo INTEVEP.

La información está organizada en cinco módulos, correspondientes a las distintas categorías de fuentes que generan emisiones de GEI. Estos son:

- Energía
- Procesos industriales
- Agricultura
- Cambio del uso de la tierra y silvicultura
- Desechos

Los cálculos de cada uno de los sectores se realizaron siguiendo la metodología sugerida por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambios Climáticos, en las "Directrices del IPCC para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero, versión revisada de 1996". Los gases incluidos en este inventario nacional fueron el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) y óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>).

Este inventario de emisiones, además de ofrecer una información cuantitativa acerca de los Gases de Efecto Invernadero que se emiten por las actividades humanas en Venezuela y de sus fuentes y sumideros, permitirá identificar aquellas categorías de fuentes que por su importancia, pueden ofrecer oportunidades para la eventual realización en el país de proyectos de reducción de emisiones con inversiones externas, que han de aportar beneficios ambientales y sociales, tales con la reducción de las formas de contaminación local y creación de riqueza y empleos.

### 2.1 Contribución de Venezuela a las Emisiones Globales del CO<sub>2</sub>

En el Cuadro 2.1 se muestra el inventario general de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero, GEI, expresadas en Gigagramos (Gg), para cada uno de los gases en las distintas categorías de fuentes, así como la absorción de dióxido de carbono por cada uno de los sumideros. Las emisiones totales de CO<sub>2</sub> en Venezuela, para 1999, alcanzan 114.147 Gg, a la vez que el sector cambio de uso de la tierra y silvicultura absorbe 14.360 Gg, lo cual significa que la emisión neta del país es 99.787 Gg de CO<sub>2</sub>. Así mismo, en 1999 se emitieron 2.950 Gg de CH<sub>4</sub>, 52 Gg de N<sub>2</sub>O y 396 Gg de NO<sub>x</sub>.

Las emisiones de CO<sub>2</sub> provienen en mayor proporción de la combustión de combustibles fósiles del sector energético, las cuales representan un 89,9% del total, mientras que las emisiones provenientes de procesos industriales alcanzan el 7,9% y las emisiones fugitivas el 2,2%.

Las emisiones de metano provienen en mayor proporción de fugas y venteos de gas natural que se producen en las actividades de extracción, almacenamiento y transporte de petróleo y gas natural de la industria nacional de hidrocarburos. Estas emisiones representan un 61,4% del total de emisiones de metano, mientras que las emisiones del sector agrícola totalizan 28,3% y la descomposición de desechos orgánicos aporta un 9,7%.

En cuanto a las emisiones de óxido nitroso, el 96,1% del total se producen por las actividades del sector agrícola, mientras que el 97,7% de las emisiones de óxidos de nitrógeno tienen su origen en la combustión de combustibles fósiles.

### 2.2 Emisiones totales de GEI en Venezuela

Las emisiones totales de CO<sub>2</sub> de Venezuela, estimadas en 31.131 Gg de C (114.147 Gg de CO<sub>2</sub>), representan el 0,48% de las emisiones globales del planeta, estimadas en 6.492.000 Gg de C por el Carbon Dioxide Analysis Center del Departamento de Energía de USA. Es por ello, que Venezuela se ubica entre los países con pocas emisiones.

En la región latinoamericana, Venezuela ocupa el cuarto lugar en emisiones de CO<sub>2</sub>, después de México, Brasil y Argentina (Figura 2.1).

En tal sentido, Venezuela, a pesar de ser uno de los principales países productores y exportadores de petróleo del mundo, genera relativamente pocas emisiones de CO<sub>2</sub>. En ello incide el significativo aprovechamiento que hace Venezuela de sus recursos hídricos como fuente de energía (cerca del 70% del total nacional) y la extensa utilización del gas natural, en lugar de fuel oil, tanto para la generación eléctrica como para uso doméstico e industrial.

En cuanto a la emisión de CO<sub>2</sub> per cápita, la cifra estimada para Venezuela es de 1,3 toneladas de carbón. Ello representa una cifra menor a la observada en países desarrollados, y similar a otros países en vías de desarrollo de Latinoamérica. La emisión per cápita de Venezuela coincide con el valor promedio mundial (Figura 2.2).

Haciendo uso del Potencial de Calentamiento Global PCG (GWP por sus siglas en inglés) de los gases considerados (Cuadro N° 2.2) se realizó la comparación de las emisiones de todos los sectores categorías de emisión de gases, expresadas éstas sobre la misma base de unidades equivalentes de CO<sub>2</sub> (Figura 2.3).

En total, en Venezuela se produjo una emisión neta de 177.836 Gg de CO<sub>2</sub> equivalente y la absorción de 14.297 Gg por el sector cambio de uso y silvicultura. Correspondió al sector energético la mayor proporción de las emisiones con un 74,8% del total, mientras que el sector agrícola contribuyó con el 17,2%.

### 2.3. El sector energético

#### 2.3.1. Características del sector

Los recursos energéticos que posee Venezuela son cuantiosos y diversificados: petróleo, gas, carbón, bitúmenes, hidroenergía y el potencial no explotado de fuentes alternas de energías renovables que incluyen las energías solar, eólica, biomasa y geotérmica. Según el balance energético del Ministerio de Energía y Minas las reservas petroleras totales ascienden a 221 mil millones de barriles. Las reservas probadas alcanzan a 77.000 millones de barriles para el año 2002. Las reservas de gas se estiman en 147 billones de pies cúbicos, de las cuales 91% se

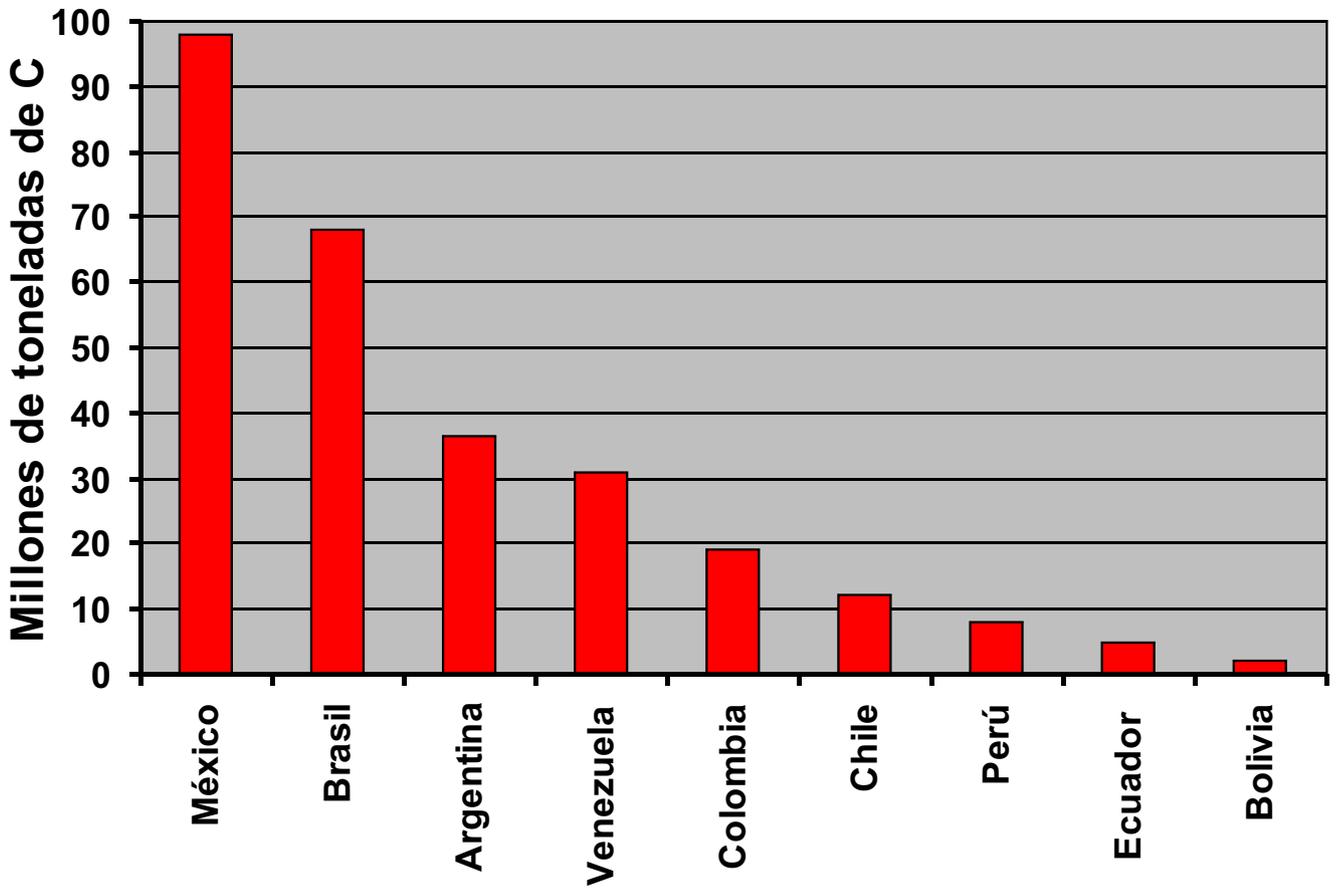


Fig. 2.1 Emisiones de CO<sub>2</sub> en Países Latinoamericanos

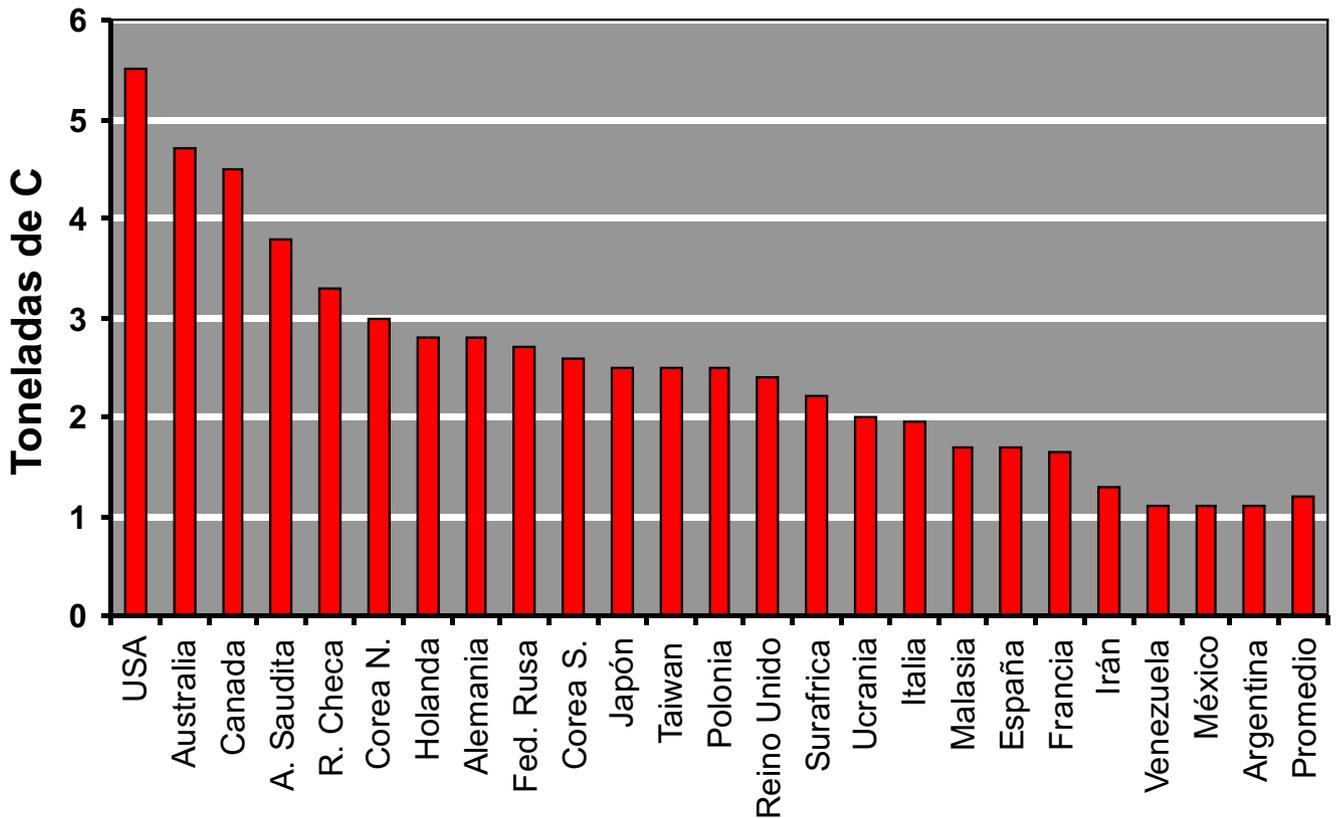


Figura 2.2. Emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita por países

Cuadro N° 2.1

## Resumen del Inventario de Emisión y Absorción de Gases de Efecto Invernadero de Venezuela para el año 1999

CATEGORÍAS DE FUENTES Y SUMIDEROS DE GEI	Emisiones en Gg (en miles de toneladas)				
	CO <sub>2</sub> Emisiones	CO <sub>2</sub> Absorción	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>
<b>Emisiones y absorción total de GEI</b>	<b>114.147</b>	<b>-14.360</b>	<b>2.950</b>	<b>52,00</b>	<b>360</b>
<b>1. Energía</b>	<b>105.117</b>	<b>0</b>	<b>1.821</b>	<b>0,72</b>	<b>388</b>
A. Quema de combustible (Enfoque Usos Finales)	102.564		11	0,66	387
1. Industrias generadoras de energía	46.908		1	0,31	91
2. Industrias manufactureras y de la construcción	14.856		1	0,04	13
3. Transporte	33.730		8	0,3	279
4. Otros sectores	7.070		1	0,01	3
B. Emisiones fugitivas	2.533	0	1.810	0,06	1
1. Combustibles sólidos	0		4	0	0
2. Petróleo y gas natural	2.533		1.806	0,06	1
<b>2. Procesos industriales</b>	<b>9.030</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>0,26</b>	<b>0</b>
A. Productos minerales	6.748		0	0	0
B. Industria química	1.143		5	0	0
C. Producción de metales	1.139		0	0	0
<b>3. Agricultura</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>835</b>	<b>49,73</b>	<b>7,79</b>
A. Fermentación entérica			757,2	0	0
B. Manejo de estiércol			33,2	1,52	0
C. Cultivo de arroz			29,3	0	0
D. Suelos agrícolas			0	47,99	6,47
E. Quema prescrita de sabanas			14,5	0,18	1,32
F. Quema en campo de residuos agrícolas			1,2	0,04	1,00
<b>4. Cambio de uso de la tierra y silvicultura</b>	<b>0</b>	<b>-14.360</b>	<b>3,0</b>	<b>0,02</b>	<b>1</b>
A. Cambios de biomasa a bosques y otros tipo de vegetación		-40.306			
B. Conversión de bosques a sabanas	10.107		3,0	0,02	1
C. Abandono de tierras cultivadas		-9.832			
D. Emisiones y absorción de CO <sub>2</sub> de los suelos	25.673	0			
<b>5. Desechos</b>			<b>285</b>	<b>1,0</b>	<b>0</b>
A. Desechos sólidos dispuestos en tierra			279	0	0
B. Tratamiento de aguas residuales			7	1,0	0
<b>Rubros informativos:</b>					
<b>Bunkers internacionales</b>	<b>4.542</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Aviación	418	0	0	0	0
Marina	4.124	0	0	0	0
<b>Emisiones de CO<sub>2</sub> de la biomasa</b>	<b>0</b>				

Cuadro N° 2.2

## Potencial de Calentamiento Global (PCG) de los GEI

Gas	Símbolo	PCG
Dióxido de carbono	CO <sub>2</sub>	1
Metano	CH <sub>4</sub>	21
Óxido nitroso	N <sub>2</sub> O	310

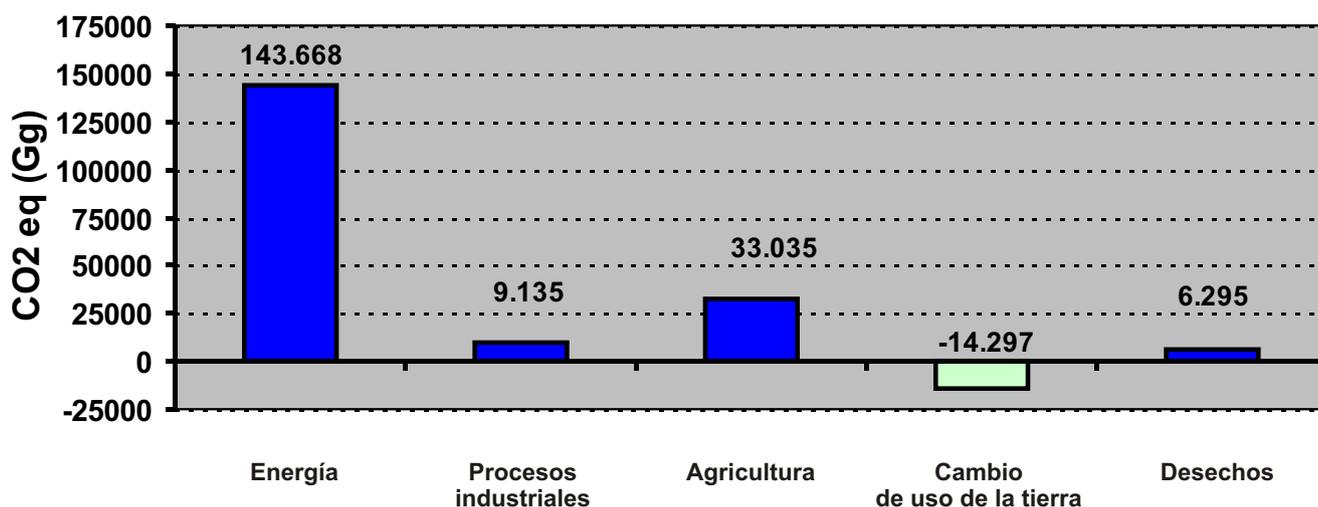


Figura 2.3 Balance de Emisiones y Absorción de GEI en Venezuela para el año 1999, expresadas como CO<sub>2</sub> equivalente

Cuadro N° 2.3  
Producción total de energía primaria en 1999

Recursos	Producción (10 <sup>6</sup> bep)	%
Petróleo	1.157,54	70,53
Gas natural	288,32	17,57
Carbón mineral	35,66	2,17
Hidroenergía	136,07	8,29
Leña	0,44	0,03
Orimulsión	23,21	1,41
Total:	1.641,24	100,00

Fuente: Ministerio de Energía y Minas, 2000. Balance Energético 1996-2000. Caracas

encuentra asociado a los yacimientos petroleros y 7% en yacimientos de gas libre. Las reservas de carbón mineral son 1.309 millones de toneladas y el potencial hidroeléctrico alcanza a 54.700 MW.

La producción de energía primaria en 1999 se situó en 1.641 millones de barriles equivalentes de petróleo (Cuadro N° 2.3); 70,53% correspondió al petróleo, 17,57% gas natural y 8,29% la hidroenergía.

En 1999, se exportaron 754,72 millones de bep, representando 64,55% de la producción petrolera total, mientras que 414,41 bep (barriles equivalentes de petróleo) (35,45%) fueron refinados, consumiéndose en el país 120,01 bep de productos refinados (ver Cuadro N° 2.4) y destinándose el resto a la exportación (Cuadro N° 2.5).

En cuanto al gas natural, el 34% del gas extraído se reinyectó a los yacimientos petroleros, para mantener

la presión de los mismos y por ello, la producción neta nacional de gas fue 288,32 millones de bep. El uso de gas se distribuyó de la manera siguiente:

- 44% consumido por el propio sector petrolero
- 32% destinado al consumo directo final
- 15% destinado a la generación eléctrica
- 9% como energía no aprovechada

El sistema de generación hidroeléctrica nacional cuenta con nueve plantas y un total de 51 unidades de generación, con una capacidad nominal de 13.224 MW. El total de generación hidroeléctrica en 1999 fue de 48,51 millones de bep, de los cuales 75,14% correspondió a hidroelectricidad y 24,86% a termoelectricidad.

La totalidad de la producción de Orimulsión y el 97,8% de la producción de carbón mineral se destinó a la exportación.

**Cuadro N° 2.4**  
**Consumo total de energía en 1999**

<b>Recursos</b>	<b>Consumo total de energía (bep)</b>	<b>%</b>
Gas natural	89,79	36,46
Electricidad	35,58	14,45
Carbón mineral	0,77	0,31
Leña	0,03	0,01
Carbón vegetal	0,06	0,02
GLP	15,83	6,43
Gasolina de motor	66,13	26,86
Gasolina de aviación	0,11	0,04
Kerosén	0,47	0,19
Turbo kerosén	1,92	0,78
Diesel oil	25,58	0,39
Fuel oil	2,85	1,16
No-energéticos	7,12	2,89
Total productos refinados	120,01	48,74
<b>Total:</b>	<b>246,24</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Ministerio de Energía y Minas, 2000. Balance Energético 1996-2000. Caracas

**Cuadro N° 2.5**  
**Exportaciones totales de energía en 1999**

<b>Recursos</b>	<b>Exportación (10<sup>6</sup> bep)</b>	<b>%</b>
Petróleo	754,72	68,67
Carbón mineral	34,89	3,17
Orimulsión	24,00	2,18
GLP	20,77	1,89
Gasolina de motor y naftas	81,00	7,37
Gasolina de aviación	0,08	0,01
Turbo kerosén	9,17	2,65
Diesel oil	79,01	7,19
Fuel oil	65,66	5,97
No-energéticos	9,81	0,89
<b>Total:</b>	<b>1.099,11</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Ministerio de Energía y Minas, 2000. Balance Energético 1996-2000. Caracas

En cuanto a la distribución sectorial del consumo de energía en Venezuela, predomina el consumo de sub-sector industrial, con casi el 50% del consumo total, mientras que el sub-sector transporte consume el 33%, el residencial 10% y el sector servicios 7%.

En el sector industrial se consumieron 123 millones de barriles equivalentes de petróleo en 1999. Las actividades que tuvieron la mayor participación en esta demanda fueron: la industria petroquímica con 33%, siderúrgica 19%, aluminio 9% y cemento 7%. El 32% restante se repartió entre numerosas otras industrias. La estructura del consumo estuvo conformada por un 63% de gas natural, 13% de electricidad, 9% diesel oil, 7% GLP, 5% de derivados no energéticos y 3% otros derivados de petróleo.

El consumo del sector transporte fue de 82 millones de bep, siendo los principales combustibles usados: las gasolinas de motor con 80% y el diesel con 16%.

El sector residencial consumió 25 millones de bep y su estructura por fuente energética quedó conformada con 37% de electricidad, 33% de gas natural, y 30% de GLP.

Finalmente, el sector servicios consumió 14 millones de bep, con una estructura de consumo constituida por 74% de electricidad, 24% de gas natural y 2% de diesel oil.

### 2.3.2 Emisiones de Gases de Efecto Invernadero

El sector energético representa la fuente emisora más importante de Gases de Efecto Invernadero en Venezuela. Las emisiones dentro de este sector se agrupan en aquellas que se generan por combustión de combustibles fósiles y las que ocurren por fugas o liberación de gases a la atmósfera. El inventario de emisiones por combustión incluye los sub-sectores: industria de la energía, industrias manufactureras y de la construcción, transporte y otros sub-sectores (comercial, residencial, agrícola).

El gas emitido en mayor cantidad en el año 1999, entre los distintos subsectores del sector energía fue el dióxido de carbono, según se puede apreciar en el Cuadro N° 2.6. Las emisiones más significativas provienen de las industrias energéticas, principalmente derivadas del consumo de gas natural por la industria petrolera y las plantas termoeléctricas. En segundo lugar están las emisiones derivadas del consumo de combustibles fósiles del sector transporte, y a éstas le siguen las emisiones por consumo de energía de la industria manufacturera y de la construcción. La industria petrolera es también una fuente importante de emisiones de metano, como resultado de la liberación o venteo de gas natural en los procesos de extracción, producción, transporte y

**Cuadro N° 2.6**  
**Emisiones de GEI del sector energía en 1999**

CATEGORÍAS DE FUENTES	Emisiones			
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>
<b>Emisiones totales. Método de Referencia</b>	<b>108.095</b>			
<b>Emisiones totales. Enfoque de Usos Finales</b>	<b>105.117</b>	<b>1.822</b>	<b>0,72</b>	<b>388</b>
A. Quema de combustibles (Enfoque Usos Finales)	102.564	11	0,66	387
1. Industrias de energía	46.908	1	0,31	91
2. Industrias manufactureras y de la construcción	14.856	1	0,04	13
3. Transporte	33.730	8	0,30	279
4. Otros sectores	7.070	1	0,01	3
B. Emisiones fugitivas	2.553	1.810	0,06	1
1. Combustibles sólidos		4		
2. Petróleo y gas natural	2.553	1.806	0,06	1

Fuentes:

Cálculos HIDROIMPACTO, C.A.

INTEVEP, S.A. (2000): Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en la Industria Petrolera, Los Teques.

Ministerio de Energía y Minas. Dirección de Planificación Energética (1999): Balance Energético de Venezuela.

Ministerio de Energía y Minas. Dirección de Planificación y Economía de Hidrocarburos (2001).

Petróleo y Otros Datos Estadísticos (PODE 2000)

Cámara Venezolana de la Industria Eléctrica CAVEINEL 2000: Estadísticas Consolidadas del Sector Energético.

almacenamiento de petróleo y gas.

Las emisiones totales de dióxido de carbono se calcularon mediante el uso de dos métodos: el primero, el llamado método de referencia, que parte de un balance total de combustibles primarios producidos en el país, más los importados, menos las exportaciones y las variaciones de las existencias, para obtener el consumo aparente de cada combustible.

A partir del consumo aparente se determinan las emisiones de CO<sub>2</sub> haciendo uso de factores de conversión y de emisión. El segundo método es el enfoque de Usos Finales de la energía, que requiere de los consumos de combustible de cada uno de los usos finales de los combustibles. Las emisiones de dióxido de carbono calculadas por el enfoque de usos finales arrojan un valor de 105.117 Gg de CO<sub>2</sub>, el cual es ligeramente inferior al valor obtenido por el método de referencia, que resultó ser 108.095 Gg. La diferencia de 2,75% pudiera ser atribuida a que el enfoque de Usos Finales no considera el consumo correspondiente a la energía no aprovechada de combustibles primarios.

La distribución de las emisiones de CO<sub>2</sub> entre los distintos sub-sectores se muestra en Cuadro N° 2.7. Se puede observar que los sub-sectores industria petrolera y transporte terrestre son los que generan mayores emisiones de dióxido de carbono, siguiendo en importancia la generación de electricidad en plantas termoeléctricas, las emisiones del hierro y del

acero, y el consumo residencial de combustibles fósiles. La participación del resto de los sub-sectores es minoritaria e inferior o igual al 2% del total de emisiones en cada caso.

Las emisiones de metano del sector energético totalizan 1.822 Gg. Estas son de dos tipos: emisiones por combustión incompleta y fugas y venteos de CH<sub>4</sub> y otros gases volátiles de los sistemas de extracción, producción, transporte y almacenamiento de combustibles. En el Cuadro N° 2.6 se puede observar que casi la totalidad de las emisiones de metano en Venezuela se generan en las instalaciones de petróleo y gas. Estas ascienden a 1.810 Gg de metano y se distribuyen de la siguiente manera:

- Venteos en separadores petróleo-gas, Tanques de almacenamiento y en sistemas neumáticos: 1.388,34 Gg
- Venteos en pozos: 385,64 Gg
- Quemadores (mechurrios) de gas: 25,28 Gg
- Fugas en tuberías de transporte: 6,83 Gg

Las emisiones de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) del sector energía totalizan 0,73 Gg. El Cuadro N° 2.8 presenta la distribución de estas emisiones por sub-sectores, donde se aprecia que los sub-sectores transporte vehicular e industria petrolera son los máximos emisores con 39% y 36% del total respectivamente.

Las emisiones de óxidos nitrosos (NO<sub>x</sub>) sumaron 388 Gg y de nuevo las fuentes emisoras más importantes fueron el sub-sector transporte por carretera, con una emisión de 279 Gg (72%) y la industria petrolera (21%).

**Cuadro N° 2.7**  
**Distribución de las emisiones de CO<sub>2</sub> del sector energía**

Producción y refinación de petróleo	32%
Transporte por carretera	32%
Generación de electricidad y calor	14%
Industrias del hierro y del acero	7%
Sector residencial	5%
Industrias de metales no ferrosos	1%
Industria química	2%
Industria de pulpa y papel	1%
Alimentos, bebidas y tabaco	2%
Aviación civil	1%
Sectores comercial e institucional	1%
Sectores agricultura/forestal/pesca	0%
Venteo y quema de hidrocarburos	2%

**Cuadro N° 2.8**  
**Distribución de las emisiones de N<sub>2</sub>O del sector energía**

Transporte por carretera	39%
Producción y refinación de petróleo	36%
Venteo y quema de hidrocarburos	8%
Generación de electricidad y calor	7%
Industria química	6%
Aviación civil	3%
Residencial	1%

## 2.4 Los procesos industriales

### 2.4.1 Características

Para este inventario nacional, las emisiones de Gases de Efecto Invernadero procedentes de los procesos de producción se agruparon en tres categorías:

Productos minerales	Cemento Cal Uso de piedra caliza y dolomita Producción y utilización de carbonato sódico
Industria química	Amoníaco Ácido nítrico Carburo de silíceo Otros productos químicos
Producción de metales	Hierro y acero Ferro-silíceo Aluminio

### 2.4.2 Producción de cemento

Para la estimación de las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de la producción de clinker y de cemento en Venezuela, se utilizaron factores de emisión expresados en toneladas de CO<sub>2</sub> liberado por tonelada de clinker o de cemento producido.

El cálculo se realizó de dos maneras: la primera fue en forma segregada, para las distintas plantas de cemento del país, a partir de los siguientes datos:

- Producción de clinker
- Fracción de cal en el clinker
- Producción de cemento
- Fracción de cal en el cemento
- Cantidades de piedra caliza y dolomita utilizadas en la producción de cemento

El segundo cálculo se hizo de manera consolidada, utilizando la producción nacional de cemento y un factor de emisión prorrateado.

Empresa	Planta	Producción de clinker (t)	Fracción de cal en clinker (f) (% de CaO)	Producción de cemento (t)	Fracción de cal en cemento (f) (% de CaO)	Cantidad de piedra caliza utilizada (t)	Cantidad de dolomita utilizada
CEMEX	Pertigalete	3.118.740	65,77	2.523.056	64,13	2.227.973	ND
	Mara	648.870	67,00	628.727	64,53	ND	No se usa
	Lara	521.520	66,84	499.153	65,45	850.000	No se usa
LAFARGE	Ocumare	644.102	66,55	756.149	64,45	809.395	No se usa
	Táchira	103.943	67,55	119.809	65,66	155.313	No se usa
HOLCIM	S.Sebastián	972.288	ND	ND	ND	1.213.000	No se usa
	Cumarebo	988.752	ND	ND	ND	1.315.149	No se usa
Cementos Catatumbo		ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cemento Andino		389.268	66,5	310.239	65,17	679.182	No se usa
<b>Total</b>		<b>7.387.483</b>	<b>Varía por empresa</b>	<b>4.837.133</b>	<b>Varía por empresa</b>	<b>7.250.012</b>	<b>No se usa</b>

ND: Información no disponible

Fuente: Información suministrada por CEMEX Venezuela, LAFARGE Venezuela, HOLCIM de Venezuela y CEMENTO ANDINO (reportada a la Dirección Estatal Ambiental Trujillo MARN)

### 2.4.3 Producción de cal

La producción de cal involucra una serie de pasos: la extracción, trituración y clasificación volumétrica de la materia prima; la calcinación de la materia prima para producir la cal, la hidratación de la cal en hidróxido de calcio, seguida de varias operaciones de transferencia, almacenamiento y manipulación.

Para estimar las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de la producción de cal, se utilizó un factor de emisión en función de la producción anual de cal viva, cuando el

horno es alimentado con calcita, o un factor de emisión en función de la producción anual de cal dolomítica, si el horno de cal es alimentado con dolomita.

Es de hacer notar, que para el cálculo de las emisiones los factores de emisión están basados en la cal pura, pero la pureza de la cal utilizada no siempre es 100% (suele variar entre 85% y 95%), por lo que se hizo necesario hacer el ajuste correspondiente, tomando en cuenta la pureza de la cal.

Empresa	Supracal	Calidrat	Maprinca	Maxical	Promiven	Productora Venezolana de Cal	Planta de Cal de SIDOR	Total
Producción cal viva	15.769 t	8.390 t	ND	4.331 m <sup>3</sup> (11.347,22 t)	7.241 t	838, 57 t	139.810 t	183.395,8 t
Producción cal dolomítica	No se produce	No se produce	No se produce	No se produce	No se produce	No se produce	103.468 t	103.468 t
% pureza cal viva	96,8% 98,8% (97,8%)	90%	ND	95,39% CaO aprovechable	96,5% CaCO <sub>3</sub>	No se dispone de este dato	92,51% CaO	Varía por empresa
% pureza cal dolomítica	No se produce	No se produce	No se produce	No se produce	No se produce	No se produce	52,3% CaO y 40,89% MgO	Varía por empresa
Cantidad piedra caliza utilizada	1.316 t	11.075 t	ND	32.490 m <sup>3</sup> (95.195,70 t)	12.980 t	3.935 m <sup>3</sup> (11.529,55 t)	268.899,4 t	401.090,3 t
Cantidad dolomita utilizada	20.760 t	No se utiliza	No se utiliza	No se utiliza	No se utiliza	No se utiliza	228.004 t	248.764 t

ND: Información no disponible

Fuente: Información suministrada por SUPRACAL, C.A. (reportada a la Dirección Estatal Ambiental Yaracuy MARN); CALIDRAT, Materias Primas Industriales C.A.; MAXICAL, C.A., Productos Minerales Venezolanos "El Empedrado" C.A. (PROMIVEN C.A.); Productora Venezolana de Cal (actualmente Productora Cal Charallave C.A.); Planta de Cal de la Empresa Siderúrgica del Orinoco (SIDOR).

### 2.4.4 Uso de piedra caliza y dolomita

El consumo de piedra caliza y de dolomita se calculó a partir de los datos de producción, importación y exportación.

De este consumo total se excluyeron las cantidades

de piedra caliza y de dolomita en la producción de cemento y cal, obteniéndose así un valor de consumo el cual fue identificado como consumo real de piedra caliza y de dolomita.

De esta forma se obtuvo lo siguiente:

Material	Producción (t)	Importación (t)	Exportación (t)	Consumo total (t)	Cantidad utilizada en producción de cemento (t)	Cantidad utilizada en producción de cal (t)	Consumo real (t)
Piedra caliza	13.791.308	140,3	0,80	13.791.447,5	7.250.012	401.090,3	6.140.345,2
Dolomita	0	142.190	403,9	141.786,1	No se utiliza	248.764 t	-106.977,9

#### 2.4.5 Producción y utilización de carbonato sódico

Como en Venezuela no se produce carbonato de sodio, se asumió que la cantidad consumida en 1999 es igual a las importaciones realizadas ese año, publicada en el Anuario de Comercio Exterior de Venezuela 1999, por la Oficina Central de Estadísticas e Informática OCEI (ahora INE). Se verificó también que en 1999, Venezuela no exportó carbonato de sodio.

Cantidad importada de carbonato de sodio: 162.295,8 t

#### 2.4.6 Producción de amoníaco

Durante la fabricación de amoníaco se genera emisiones de CO<sub>2</sub>, las cuales se pueden estimar por dos métodos: (a) Estimación según el consumo de gas natural como materia prima (CH<sub>4</sub>); (b) Estimación basada en la producción de amoníaco.

Se seleccionó el método (b) en virtud de la disponibilidad de la información sobre producción. Se utilizó un factor de emisión de 1,5 toneladas de CO<sub>2</sub> por tonelada de amoníaco producido.

Producción de amoníaco:	
Complejo Zulia:	433.000 toneladas
Complejo Morón:	204.000 toneladas
Producción total:	637.000 toneladas

Fuente: Ministerio de Energía y Minas. Dirección de Planificación y Economía de Hidrocarburos (2001). Petróleo y otros datos estadísticos (PODE 2000). Cuadragésima tercera edición, Cuadro N° 57. Instituto Nacional de Estadísticas INE. Producción consolidada de la Industria Petroquímica según productos y por complejo, 1996 2000.

#### 2.4.7 Producción de ácido nítrico

En la producción de ácido nítrico se genera óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) como subproducto de la oxidación catalítica del amoníaco a elevadas temperaturas.

Las emisiones de N<sub>2</sub>O se calcularon a partir de los datos de producción de ácido nítrico en el país. El factor de emisión utilizado fue 6 kg de N<sub>2</sub>O por tonelada de ácido nítrico producido, debido a que la planta productora opera a una presión de 8 kg/cm<sup>2</sup>.

Producción de ácido nítrico:	
Diluido al 57%:	75 t/día
Concentrado 98%:	36 t/día

La producción se considera la suma de ambos valores, a saber:  
75 t/día + 36 t/día = 111 t/día x 365 días/año = 40.515 t/año

Fuente: Información suministrada por CAVIM, C.A. Venezolana de Industrias Militares a la Dirección Estatal Ambiental Carabobo del MARN

#### 2.4.8 Producción de carburo de silicio

En la producción de carburo de silicio se genera CO<sub>2</sub> como producto de la reacción entre el cuarzo y el carbono. Como fuente de carbono se utiliza coque de petróleo. Las emisiones de CO<sub>2</sub> se calcularon utilizando un factor de emisión basado en la cantidad de coque empleado. También se consideró en el cálculo el contenido de carbono en el coque y el aporte de carbono secuestrado en el producto.

Por otra parte, el coque de petróleo utilizado en la producción de carburo de silicio puede contener compuestos orgánicos que forman CH<sub>4</sub>, el cual puede ser emitido a la atmósfera y su cálculo se puede realizar mediante dos métodos:

- (a) Estimación basada en el consumo de coque de petróleo;
- (b) Estimación basada en los datos de producción de carburo de silicio.

En este inventario se hicieron los cálculos mediante la aplicación de ambas metodologías y se tomó como resultado el valor más elevado.

Empresa	Cantidad de coque de petróleo utilizada como materia prima (t)	Contenido de carbono en el coque (%)	Aporte de carbono secuestrado en el producto (%)	Producción de carburo de silicio (t)
Saint Gobain Materiales Cerámicos de Venezuela	24.000	85 – 86	0,5% máximo %C (98% SIC)	18.500
Carburo de Silicio de Venezuela (Actualmente Carburo del Caroní)	36.000	85 – 86	0,5% máximo %C (98% SIC)	27.500
<b>Total</b>	<b>60.000</b>	<b>85 – 86</b>	<b>0,5% máximo %C (98% SIC)</b>	<b>46.000</b>

Fuente: Información suministrada por Saint Gobain Materiales Cerámicos de Venezuela y Carburo del Caroní a la Dirección Estatal Ambiental Bolívar del Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales.

#### 2.4.9 Otros productos químicos

La producción de otros productos químicos (negro humo, etileno, dicloroetileno, metanol y coque) pueden dar origen a emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O.

En cuanto a la estimación de las emisiones de N<sub>2</sub>O, tal como lo establecen las Directrices del IPCC, son necesarios estudios adicionales para determinar si representan fuentes significativas, por lo que no se realizó el cálculo de estas emisiones:

Producción de negro de humo:	59.000 toneladas
Producción de etileno (bruta):	479.000 toneladas
Producción de dicloroetileno (bruta):	93.000 toneladas
Producción de metanol: Metor:	844.000 toneladas
Supermetanol:	568.000 toneladas
Producción total de metanol:	1.412.000 toneladas
Producción de coque:	7.860 barriles/día

Fuente: Información suministrada por la Empresa NEGROVEN S.A. a la Dirección Estatal Ambiental Carabobo del Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARN).

Ministerio de Energía y Minas. Dirección de Planificación y Economía de Hidrocarburos (2001). Petróleo y Otros Datos Estadísticos (PODE 2000), Cuadragésima Tercera Edición N° 57.

#### 2.4.10 Producción de hierro y acero

Venezuela produce 3,26 millones de toneladas de acero a partir de hierro de reducción directa (HRD), el cual se fabrica utilizando 21.563 toneladas de coque como agente reductor; el consumo de este coque genera las emisiones de dióxido de carbono.

Fuente: Ministerio de Energía y Minas, Anuario Estadístico Minero Año 2000. Septiembre 2001. Capítulo 2, Pág. 2 y 3.

#### 2.4.11 Producción de ferro-silicio

Producción nacional de ferrosilicio 75%: 55.505 toneladas

Fuente: Ferroatlántica de Venezuela S.A. (FERROVEN) Informe Anual 2000.

#### 2.4.12 Producción de aluminio

Producción nacional de aluminio: 570.321 toneladas

Fuente: Ministerio de Energía y Minas, Anuario Estadístico Minero Año 2000. Septiembre 2001. Capítulo 5, Pág. 25.

Instituto Nacional de Estadística INE. Anuario Estadístico de Venezuela 2000. Cuadro 314-01.

#### 2.4.13 Emisiones de Gases de Efecto Invernadero

El gas emitido en mayor cantidad en el año 1999, como producto de los procesos industriales, fue el dióxido de carbono, totalizando 9.030 Gg, seguido del metano con 4,6 Gg y el óxido nitroso con 0,26 Gg, según se puede observar en el Cuadro N° 2.9. Las emisiones más significativas de dióxido de carbono corresponden a los procesos de manufactura de productos minerales, mientras que las emisiones de metano y óxido nitroso provienen de los procesos de la industria química.

El proceso de fabricación de cemento es que el genera mayores emisiones de dióxido de carbono, representando 43% del total, seguido por el uso de piedra caliza y dolomita, con un 29%. La producción de amoníaco y aluminio de contribuye con 11% y 9%, respectivamente, según se lista a continuación:

Producción de cemento	43%
Uso de piedra caliza y dolomita	29%
Producción de amoníaco	11%
Producción de aluminio	9%
Producción de cal	2%
Producción de carburo de silicio	2%
Producción de ferro-silicio	2%
Producción y uso de carbonato de sodio	1%
Producción de hierro y acero	1%

En cuanto a las emisiones de metano y óxido nitroso provenientes de los procesos industriales, éstas arrojaron valores pequeños y poco significativos con respecto al inventario global de emisiones.

**Cuadro N° 2.9**  
**Emisiones de GEI provenientes de los procesos industriales en 1999 (Gg)**

CATEGORÍAS DE FUENTES	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
<b>Emisiones totales de los procesos industriales (Gg)</b>	<b>9.030</b>	<b>4,6</b>	<b>0,26</b>
<b>A. Productos minerales</b>	<b>6.748</b>	<b>0,0</b>	<b>0,00</b>
1. Producción de cemento	3.814	0,0	0,00
2. Producción de cal	216	0,0	0,00
3. Uso de piedra caliza y de dolomita	2.651	0,0	0,00
4. Producción y uso de carbonato de sodio	67	0,0	0,00
<b>B. Industria química</b>	<b>1.143</b>	<b>4,6</b>	<b>0,26</b>
1. Producción de amoníaco	956	0,0	0,00
2. Producción de ácido nítrico			0,24
3. Producción de carburo de silicio	187	0,6	0,00
4. Otros (negro de humo, etileno, dicloroetileno, metanol y coque)	0,00	4,0	0,02
<b>C. Producción de metales</b>	<b>1.139</b>	<b>0,0</b>	<b>0,00</b>
1. Producción de hierro y acero	67	0,0	0,00
2. Producción de ferro-silicio	216	0,0	0,00
3. Producción de aluminio	855	0,0	0,00

Fuente: Cálculos HIDROIMPACTO, C.A.

## 2.5 El sector agrícola

### 2.5.1 Descripción del sector

En este sector se consideraron las emisiones de metano, óxido nitroso, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno provenientes de cinco (5) fuentes:

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

La información utilizada para realizar los cálculos de las emisiones se obtuvo de estadísticas nacionales de la producción agrícola animal y vegetal, estudios e investigaciones específicas, datos e informaciones suministradas por especialistas e investigadores en diferentes disciplinas y pertenecientes a distintas instituciones públicas y privadas, además de la generada a través del análisis de imágenes de satélites, del procesamiento de la información básica recabada, y de la comprobación de las cifras obtenidas a través de entrevistas y consultas a expertos.

### 2.5.2 El ganado doméstico

El rebaño nacional corresponde a un mosaico bovino, producto de un proceso empírico de mestización de diversas razas, principalmente: Criollo, Brahman, Nellore, Indu-Brasil, Santa Gertrudis, Jersey, Gyr, Charolais, Holstein y Pardo Suizo con tendencia en los últimos años a la cebuización. La alimentación del rebaño está sustentada principalmente en el pastoreo de pastos naturales y algunos cultivados, con muy bajos niveles de utilización de alimentos balanceados y significativas deficiencias en los controles sanitarios, en el manejo de pastizal y el rebaño, que dan lugar a una baja eficiencia reproductiva y productiva. Los procesos administrativos son deficientes, hay un bajo uso de recursos tecnológicos y alta utilización de mano de obra.

Para el año 1999, el rebaño nacional bovino estaba conformado por unas 13.773.376 cabezas, y se puede dividir en dos grandes grupos: uno de ganadería de leche o rebaño de ordeño, que representa el 33,8% del total y está constituido en un 90% por un rebaño de doble propósito y apenas un 10% con animales puros o mestizos de alta participación de razas lecheras; el comportamiento productivo de este rebaño presenta

**Cuadro N° 2.10. Cifras de población animal para 1999 (N° de cabezas)**

ESPECIE	VI CENSO AGRO PECUARIO 1997/98	CIFRAS DE LA DIRECCIÓN DE ESTADÍSTICAS (MAT)			
		1998	1999	2000	PROMEDIO TRIENAL
Total bovino	13.056.023	13.458.668	13.777.935	14.083.526	13.773.376
Ganado de leche <sup>1</sup>		4.495.995	4.602.650	4.858.816	4.652.487
Ganado de carne		8.962.673	9.175.285	9.224.710	9.120.889
Búfalos	58.783 <sup>5</sup>				58.783 <sup>5</sup>
Ovinos	766.554	695.606	705.461	814.612	738.560
Caprinos	1.129.933	2.744.164	3.391.625	4.015.167	3.383.652
Mulas y asnos				579.321 <sup>2</sup>	
Equinos				560.086 <sup>3</sup>	
Cerdos	1.702.922	5.055.876	5.355.422	5.654.968	5.355.422
Aves de corral <sup>4</sup>	95.129.143				
Producción anual de leche (l)		1.440.230.423	1.311.204.936	1.372.071.000	1.374.502.119
Prod.de leche vaca/año (l)		892	794	787	823

(1) El 33,4% del rebaño nacional está orientado a la producción de leche (90% con animales de doble propósito y 10% especializado lechero)

(2) Cifra obtenida aplicando a la población de asnos reportadas en el informe MARN 1996, la tasa de crecimiento que experimentaron los equinos entre 1996 y 2000.

(3) Cifra del Servicio Autónomo de Sanidad Agropecuaria (SASA).

(4) La producción mensual de pollo es de 28,5 millones de unidades. Multiplicador para determinar existencia = 3, es decir, pollos beneficiados / mes x 3 = existencia de pollos. Gallinas en producción x 1,5 = gallinas totales

(5) Se tomó la cifra del VI Censo Agropecuario.

una eficiencia reproductiva del 73% (500 días de intervalo entre partos, mortalidad del 25% del nacimiento, a servicio o a sacrificio), una tasa de reemplazo de vacas del 14%, un promedio de lactancia de 284 días y una tasa de extracción de animales a sacrificio en el orden de 12,4%.

En el Cuadro N° 2.10 se presenta la población animal para las distintas especies de la ganadería nacional para el año 1999, con base en cifras publicadas por la Dirección de Estadísticas Agropecuarias del Ministerio de Agricultura y Tierras (MAT); se tomó un promedio de tres años (1998-2000) en aquellos casos donde las cifras estuvieron disponibles, de manera de tener un promedio centrado en 1999.

En el Cuadro N° 2.11 se presenta la distribución por entidad federal del rebaño nacional bovino. La principal región ganadera es la de los Llanos, donde se concentra el 60% del rebaño nacional bovino en las sabanas de los estados Apure, Barinas, Guárico, Anzoátegui, Monagas, Portuguesa y Cojedes.

La depresión del Lago de Maracaibo es la más importante individualmente, porque en ella se encuentra el 17,2% del rebaño nacional; en la región andina se ubica el 8% (estados Táchira, Mérida y Trujillo); en los valles y serranías de Lara, Falcón y Yaracuy se encuentra el 7,3%, y, al sur del Orinoco, en el estado Bolívar, se ubica el 4,1% del rebaño bovino.

Puesto que el consumo diario de alimentos y su tipo (% de fibra) son los factores más importantes en la emisión de metano, se buscó la información disponible de mediciones directas de las emisiones de metano procedentes de la fermentación ruminal y entérica que se hayan realizado en el país en las diferentes especies, pero no se identificaron investigaciones en este campo de trabajo.

Se identificaron algunos trabajos y ensayos realizados por diferentes instituciones universitarias y de investigación sobre composición, digestibilidad de los alimentos y determinaciones energéticas de la ingesta de alimentos, ganancia de peso y otros parámetros de interés para la determinación de los factores de emisión de gases. Sin embargo, poco uso se pudo hacer de los resultados, ya que no han sido sistematizados para este propósito. Dadas las grandes deficiencias en la información estadística sobre la composición del rebaño nacional y la falta de discriminación entre ganadería de leche y de carne, así como la falta de información confiable en cuanto a las raciones alimenticias, superficie de los diferentes tipos de pastos utilizados y grado de digestibilidad de los pastos en las diferentes zonas, entre otros parámetros, no se pudieron establecer factores de emisión nacionales sobre la base de la información experimental.

**Cuadro N° 2.11**  
**Distribución porcentual de las existencias de bovinos según entidad federal 1999**

<b>Entidad Federal</b>	<b>%</b>
Zulia	17,20
Apure	15,20
Barinas	14,80
Guárico	11,70
Anzoátegui	5,70
Falcón	4,70
Monagas	4,30
Bolívar	4,24
Portuguesa	4,18
Cojedes	4,10
Táchira	3,90
Mérida	2,25
Trujillo	1,90
Yaracuy	1,70
Otros	4,13
<b>Venezuela</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Ministerio de Agricultura y Tierras. Dirección de Estadísticas Agropecuarias  
Cálculos CTI 3007

De lo anterior se deriva que existen grandes vacíos de información que impiden hacer cálculos de factores nacionales sobre las emisiones de metano y óxido nitroso por las diferentes especies animales. Ello determina la conveniencia de impulsar investigaciones sobre estos aspectos para disponer de la suficiente información específica para el caso de Venezuela; por este motivo, para efectuar los cálculos se hizo uso de los factores por defecto suministrados por el Grupo Intergubernamental de Expertos en Cambio Climático.

En cuanto al estiércol no se dispone de información cuantitativa específica de su producción, ni sobre las prácticas de su manejo en los sistemas de producción de las diferentes especies de animales; tampoco sobre su composición, por lo cual, para realizar las estimaciones de Gases de Efecto Invernadero procedentes de esta fuente, se utilizaron los factores por defecto aportados por la metodología del IPCC. A la vez, se identifica la necesidad de hacer investigaciones sobre los desechos y los sistemas utilizados para la disposición de los excrementos de las distintas especies animales, como en su composición, de manera de poder hacer estimaciones con valores confiables de las condiciones nacionales de la producción de estiércol y su manejo.

Cabe destacar, que para utilizar los valores por defecto de los factores de emisión para el manejo de estiércol en el caso de Venezuela, se consideró que el 75% del rebaño vacuno se encuentra en zonas cuya temperatura promedio anual es superior a 25 °C y clasificada como zona cálida, y que el 25% de este rebaño está en zonas templadas, es decir, aquellas donde la temperatura media anual es inferior a 24 °C. En el caso de ovinos, mulas y asnos y porcinos un 95% se encuentra en zonas cálidas; las aves en un 90%, mientras que los búfalos, caballos y caprinos están en su totalidad en zonas cálidas.

### 2.5.3 Los cultivos de arroz

La superficie cosechada anualmente, según cifras de la Dirección de Estadísticas Agropecuarias del Ministerio de Agricultura y Tierras (MAT), está en el orden de las 146.350 ha para el trienio 1998 a 2000 con una producción anual promedio de 699.380 t, es decir, un rendimiento de 4.779 kg/ha, oscilando entre los 3.500 y 6.500 kg/ha para los diferentes tipos de productores.

En el país no se han efectuado mediciones relativas a las emisiones de metano de los arrozales anegados. Normalmente se utilizan factores de emisión reportados por el IRRI en la estación de Los Baños en Filipinas y recientemente estudios realizados en Brasil; por lo tanto, para el cálculo de los aportes de metano provenientes de la superficie nacional de arroz, se hará uso del factor por defecto suministrado por la metodología del IPCC.

En el Cuadro N° 2.12 se presenta la superficie cosechada y la producción de los cultivos de interés para el inventario de Gases de Efecto Invernadero, entre ellos el arroz.

### 2.5.4 La quema prescrita de sabanas

Más del 20% del territorio nacional está cubierto por formaciones vegetales de Sabanas, es decir, tipos de vegetación abierta donde el estrato herbáceo está dominado por gramíneas. La mayor parte de las sabanas ocupan suelos fuertemente lixiviados, no inundables, ricos en concreciones de hierro o suelos arenosos muy pobres en nutrientes; el estrato herbáceo varía ampliamente en altura (desde 10 cm a 2 m). En la zona sur de los estados Barinas, Portuguesa, Guárico y Apure, así como en las colinas premontanas del Escudo de Guayana y en la penillanura del río Casiquiare en el alto Orinoco se encuentran grandes áreas de sabanas inundables que constituyen el 30,5% de la superficie bajo sabanas.

**Cuadro N° 2.12**  
**Superficie cosechada y producción de cultivos de interés para el cálculo del Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero**

CULTIVO	Superficie cosechada (ha)				Producción (toneladas)			
	AÑO				AÑO			
	1998	1999	2000	Promedio	1998	1999	2000	Promedio
Arroz	151.875	148.971	138.202	146.349	701.168	720.193	676.775	699.379
Caña de Azúcar	130.848	127.183	128.605	128.879	8.111.023	8.501.109	8.831.523	8.481.218
Leguminosas								
- Soya	2.020	1.893	1.691	1.868	5.680	5.207	4.495	5.127
- Caraota	22.545	17.083	17.218	18.949	17.454	13.891	14.758	15.368
- Arveja	54	55	25	45	54	56	32	47
- Frijol	18.964	17.905	13.965	16.945	13.687	13.338	10.663	12.563
- Quinchoncho	2.319	2.359	2.494	2.391	2.405	1.939	1.990	2.111

Fuente: Ministerio de Agricultura y Tierras. Dirección de Estadísticas Agropecuarias y Cálculos CTI 3007

Las sabanas están sujetas a un clima fuertemente bi-estacional, con una marcada alternancia entre una severa estación de sequía de 4 a 6 meses de duración, y una época de lluvias que en las zonas bajas ocasiona inundaciones tanto por excesos de agua en el suelo, como por el desborde de los ríos.

Entremezcladas en el estrato herbáceo se encuentran frecuentemente varias especies leñosas arbustivas o arbóreas bajas, principalmente de las familias Dilleniaceae tales como el Chaparro (*Curatella americana*), Malvaceae y Leguminosae. También pueden encontrarse islas boscosas (matas) de diferente tamaño con una flora similar a la de los bosques secos. La parte leñosa puede estar representada por palmas, tales como la Palma Llanera (*Copernicia tectorum*) o Palma Moriche (*Mauritia flexuosa*).

De acuerdo con la forma y densidad del estrato leñoso en la sabana, se pueden distinguir entre una sabana arbustiva con chaparros, arbolada con matas, arbolada con palmas o simplemente, sabana abierta por ausencia de elementos leñosos.

Si bien el régimen hídrico en el suelo es uno de los

factores ecológicos importantes en estos ecosistemas, el otro es el fuego, que naturalmente o provocado como una práctica cultural, afecta anualmente parte importante de estas formaciones vegetales.

Cierto tipo de sabanas presentan una capacidad de recuperación vigorosa después de sufrir los impactos causados por la quema. Por otra parte, en la actualidad ocurre un proceso progresivo de eliminación física de sabanas para dar lugar a potreros o áreas cultivables.

El Cuadro N° 2.13 presenta las categorías de sabanas por sub-región y la superficie ocupada.

Para determinar la superficie de sabana que se quema anualmente, se realizó una revisión visual de 39 imágenes Landsat 7 TM+ tomadas sobre el territorio nacional en varios meses de un mismo año o para diferentes años, durante el período 1999 a 2003. Se contó con un mínimo de una vista y un máximo de cuatro para las imágenes que corresponden a zonas del país que tienen áreas importantes de sabana. Sobre la base del examen visual de esta información se determinó la proporción de sabana quemada en cada imagen.

**Cuadro N° 2.13**  
**Superficie de sabanas por sub-región en Venezuela (hectáreas)**

Sub-región	Abierta no inundable	Arbolada con matas	Con Chaparro	Abierta inundable	Con Palmas	Total	(%)
Llanos	2.686.401	3.903.654	0	4.899.525	86.410	11.575.990	62,77
Sistemas de colinas Lara-Falcón	0	0	0	0	0	0	0,00
Cordillera de Los Andes	0	0	0	0	0	0	0,00
Cordillera de la Costa Central	0	408.259	0	0	0	408.259	2,21
Planicie deltaica y cenagosa costera	0	779.275	0	0	220.000	999.275	5,42
Colinas piemontanas Escudo de Guayana	129.860	85.243	3.094.667	171.332	0	3.481.102	18,87
Plenillanura Casiquiare Alto Orinoco	0	95.706	0	466.023	0	561.729	3,05
Macizo Guayanés	864.252	58.410	0	87.848	406.385	1.416.895	7,68
<b>Total (ha)</b>	<b>3.680.513</b>	<b>5.330.547</b>	<b>3.094.667</b>	<b>5.624.728</b>	<b>712.795</b>	<b>18.443.250</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Instituto Geográfico Venezolano Simón Bolívar. IGVS. Mapa de vegetación (Hüber y Alarcón, 1988).  
Resultados preliminares de la digitalización y estimaciones de CTI 3007.

La evaluación visual permitió identificar que en algunos de los sectores de sabanas del país, la proporción quemada puede ser igual al 40% de la superficie de la sabana presente en ese sector; así mismo, se observó que algunos sectores no se queman. El resultado final es que, en promedio, el 16,3% del territorio nacional ocupado por sabanas se quema anualmente, lo que representa una superficie de 3.015.456 hectáreas.

La mayoría de los investigadores utiliza una clasificación de sabanas en tres grandes categorías: sabanas cubiertas de paja saeta (*Trachypogon*), sabanas de banco, bajío y estero, y sabanas de *Paspalum fasciculatum* o, sabanas bien drenadas, sabanas mal drenadas y sabanas de inundación.

Las sabanas de *Trachypogon* (conocida como paja saeta o paja peluda), es característica de suelos pobres bien drenados como los que se presentan en los llanos orientales, a menudo asociadas con chaparro (*Curatella americana*), y en el sur de Apure.

Las sabanas de banco, bajío y estero tienen una mayor diversidad de especies, las cuales varían según la posición geomorfológica, las características de los suelos y la duración de las inundaciones asociadas a ésta. Se encuentran en estas sabanas especies de los géneros *Panicum*, *Mesoselum*, *Paspalum*, *Leersia* e *Hymenachne*. Son características del Alto Apure y los estados Cojedes, Portuguesa y Barinas.

Las sabanas de *Paspalum fasciculatum* se presentan en los llanos bajos, en los cuales la inundación es de mayor duración y tiene como origen tanto la lluvia como el desborde de los ríos. Corresponden al bajo Apure, el sur de los estados Barinas, Cojedes y Portuguesa, las vegas y el delta del río Orinoco. La

especie predominante es la chigüirera (*Paspalum fasciculatum*) y en ellos el estrato arbóreo es menos frecuente o inexistente.

Con base en el mapa de vegetación del 1988, se aproximó la superficie de cada uno de estos tipos de sabana, cuyos resultados son:

Sabanas de <i>Trachypogon</i> :	7.434.991 ha
Sabanas de banco, bajío y estero:	5.831.201 ha
Sabanas de <i>Paspalum</i> :	5.177.058 ha
Total:	18.443.250 ha

Estos tipos de sabana tienen diferentes rendimientos anuales de biomasa; sobre la base de la revisión de literatura y consultas con expertos, se establecieron los siguientes rangos en materia seca (MS):

Sabanas de *Trachypogon*:  
3 a 8 t MS/ha/año. Promedio = 4,64

Sabanas de banco, bajío y estero:  
5 a 12 t MS/ha/año. Promedio = 7,25

Sabanas de *Paspalum*:  
8 a 14 t MS/ha/año. Promedio = 9,61

Se estimó que para el momento de la quema las superficies afectadas por este fenómeno tendrían una biomasa equivalente al 40% del rendimiento anual.

Los resultados para cada una de las categorías de sabanas se presentan en el Cuadro N° 2.14, incluyendo la superficie anual quemada, su porcentaje, los valores de biomasa presente al momento de ocurrir las quemadas y la cuantificación de la biomasa quemada.

Cabe destacar que cuando se menciona biomasa quemada, se refiere a la biomasa presente en las áreas en el momento en que suceden las quemadas.

**Cuadro N° 2.14**  
**Estimación de la superficie y biomasa quemadas según tipo de sabana. Año 1999**

CONCEPTO	TOTAL	SABANAS		
		TRACHYPOGON	BANCO-BAJÍO-ESTERO	PASPALUM
Superficie (ha)	18.443.250,10	7.434.990,40	5.831.201,20	5.177.058,50
Proporción área quemada (%)	16,35	10,73	23,80	16,03
Área quemada (ha)	3.015.456,11	797.627,11	1.387.731,38	830.097,62
Rango tMS/ha (total anual)		3 a 8	5 a 12	8 a 14
tMS/ha (producción promedio anual)	6,86	4,64	7,25	9,61
tMS/ha (al momento de la quema)	2,78	1,84	2,66	3,87
Biomasa total anual (t)	126.528.275,63	34.492.238,40	42.304.687,98	49.731.349,25
Biomasa al momento de la quema (t)	50.611.310,25	13.796.895,36	16.921.875,19	19.892.539,70
Biomasa quemada (t)	8.369.038,44	1.469.453,46	3.691.049,94	3.208.535,05

Fuente: Estimaciones CTI 3007

### 2.5.5 La quema en el campo de residuos agrícolas

En años pasados la quema de desperdicios agrícolas era una recomendación fitosanitaria, a fin de evitar la propagación de inóculos, plagas y enfermedades, pero con el desarrollo de agroquímicos desecantes, herbicidas y la aplicación de los mismos por parte de los agricultores, esta práctica ya no se utiliza.

La caña de azúcar es el único cultivo que es sometido a la quema, la cual es realizada antes de la cosecha, para eliminar las hojas y malezas a fin de hacerla más eficiente y segura, puesto que permite, a la vez, combatir las serpientes que viven entre el cultivo y eliminar las hojas para evitar daños al personal que realiza la cosecha.

Para realizar las estimaciones de Gases de Efecto Invernadero provenientes de la quema precosecha de los cultivos de caña de azúcar es necesario conocer la producción de caña de azúcar que es llevada a los centrales azucareros, la composición de la planta y los factores de emisión correspondientes.

Las cifras sobre superficie cosechada y producción de caña de azúcar para los años 1998 a 2000 se tomaron de los anuarios estadísticos elaborados por la Dirección de Estadísticas Agropecuarias del Ministerio de Agricultura y Tierras, de manera de determinar el promedio trienal como cifra representativa del año 1999.

De acuerdo a consultas con personal técnico de los centrales azucareros, ingenieros agrónomos asesores de Asociaciones de Cultivadores de Caña de Azúcar y revisión bibliográfica, se determinó que los residuos quemados en el campo constituyen una biomasa adicional a la producción de caña que es llevada a los centrales, equivalente a un 20% y conformada por hojas secas e inflorescencia presentes y 55% de hojas verdes.

Puesto que para 1999 el rendimiento promedio anual fue de 65,8 t/ha, el 20% adicional representa 13,16 toneladas que se producen por hectárea, de los cuales, 11,75 t/ha se queman durante el proceso de aplicación de esta práctica antes de la cosecha. La biomasa que se quema está compuesta por 10,1 t/ha de hojas e inflorescencia secas más 1,65 t/ha provenientes del 55% de las hojas verdes, las cuales en promedio pesan 3 t/ha, es decir, que de los residuos producidos por hectárea de cultivo en el campo se quema un 89,3%.

El contenido de materia seca de los residuos quemados está en el orden del 30%, según información suministrada por los especialistas en el cultivo. No se identificaron investigaciones en el país sobre determinación de las emisiones de gases durante la quema de caña de azúcar antes de la cosecha; por tanto, no se dispone de información nacional de los factores de emisión, por ello se utilizaron los valores por defecto suministrados por el IPCC.

### 2.5.6 Los suelos agrícolas

Para calcular las emisiones de  $N_2O$  procedentes de los sistemas agrícolas, incluidas las emisiones directas de  $N_2O$  de los suelos agrícolas y de los suelos dedicados a la producción animal y las emisiones indirectas de  $N_2O$  procedentes del nitrógeno utilizado en la agricultura, se precedió a recabar la siguiente información:

A) Total de fertilizantes sintéticos utilizados en el país. A partir de cifras del Ministerio de Energía y Minas se pudo conocer las ventas de los principales productos utilizados en el país como fertilizantes inorgánicos durante el período 1998 a 2000, de manera de determinar el promedio trienal, centrado en 1999.

B) Población animal. De la información recabada sobre ganadería se tomaron las cifras de la población animal para las diferentes especies explotadas en el país, a los efectos de conocer la producción de estiércol y calcular el nitrógeno procedente del estiércol.

C) Cultivos de leguminosas de grano y soya producida en el país. En el Cuadro N° 2.12 se incluyó la superficie cosechada y producción de estos cultivos durante el período 1998 a 2000, según cifras del Ministerio de Agricultura y Tierras, de manera de calcular el promedio trienal como representativo del año 1999.

D) Producción seca de otros cultivos del país. Se tomaron las cifras sobre superficie cosechada y producción correspondientes a los años 1998 al 2000, para aquellos cultivos cuyos residuos se incorporan al suelo, de manera de conocer el aporte de nitrógeno procedente de los residuos de las cosechas. En tal sentido, en el Cuadro N° 2.15 se presenta la estimación de la materia seca contenida por la producción que se comercializa de los cultivos cuyos residuos se incorporan al suelo.

### 2.5.7 Emisiones de Gases de Efecto Invernadero

La principal fuente de emisión de metano en el sector agrícola la constituye el ganado doméstico, a través de la fermentación entérica en los herbívoros y la descomposición del estiércol en condiciones anaerobias, lo cual aportó el 94,6% del total de sector. Le siguen en orden de importancia el cultivo de arroz (3,5%), la quema de sabanas (1,7%) y la quema en el campo de residuos agrícolas (0,1%), respectivamente. Las dos fuentes responsables de las emisiones de monóxido de carbono en la agricultura, la constituyen la quema de sabanas que aporta el 93,7% del total y la quema de residuos agrícolas en el campo, representada por la quema precosecha del cultivo de caña de azúcar que aporta el 6,3% restante, para un total de 405,6 Gg de monóxido de carbono emitido por el sector agrícola.

En cuanto el óxido nitroso, cuatro (4) fuentes son las responsables de los 46 Gg que de este gas se generan en la agricultura; ellas son: los suelos agrícolas, donde se genera el 96,5% de estas emisiones a través de

**Cuadro N° 2.15**  
**Estimación de la producción de materia seca de cultivos no fijadores de nitrógeno**  
**considerados en la producción de residuos agrícolas**

CULTIVO	PRODUCCIÓN 1999 (t)	CONTENIDO DE MATERIA SECA (%)	PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA kgMS/año
Arroz	699.379	88	615.453.520
Maíz	1.274.041	88	1.121.156.080
Ajonjolí	30.391	88	26.744.080
Algodón	32.478	85	27.606.300
Papa	365.675	40	146.270.000
Yuca	561.201	35	196.420.350
Pimentón	5.867	7	410.690
Plátano y cambur	1.477.596	50	738.798.000
Tomate	35.967	6	2.158.020
<b>TOTAL</b>			<b>2.901.761.120</b>

Fuente: MAT. Dirección de Estadísticas Agropecuarias, Cálculos CTI 3007.

emanaciones directas de los campos agrícolas por los aportes de nitrógeno que hacen los fertilizantes sintéticos, el estiércol aplicado, los cultivos fijadores del nitrógeno (leguminosas) y la descomposición de residuos agrícolas, además del procedente del pastoreo de animales, la lixiviación y las emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O procedente de la deposición atmosférica de NH<sub>3</sub> y NO<sub>x</sub>. Las otras fuentes son el ganado doméstico (3,1%), quema de sabanas (0,36%) y quema de residuos agrícolas (0,08%), respectivamente. El Cuadro N° 2.16 presenta un resumen del inventario de emisiones de Gases de Efecto Invernadero procedentes de las actividades agrícolas en 1999 (Gg).

#### **2.5.8 Emisiones del ganado doméstico**

En este sub-sector se consideran las emisiones de metano y óxido nitroso procedentes de la fermentación entérica en los herbívoros y del manejo del estiércol en las unidades de producción.

En el Cuadro N° 2.17 se presentan los resultados de las emisiones calculadas. La fermentación entérica aporta 757 Gg de metano, es decir, 95,8% del metano emitido por el ganado doméstico, mientras que el resto procede del manejo del estiércol. La principal fuente de producción de metano en las actividades agrícolas la representa la producción bovina (carne y leche), la cual aportó el 92,3% del total emitido en

1999. Las emisiones de óxido nitroso son producidas totalmente por el manejo del estiércol y totalizan 1,5 Gg.

#### **2.5.9 Emisiones de las plantaciones de arroz**

El cultivo de arroz tiene un bajo nivel de emisión de metano, no obstante, constituyó para el año 1999 la segunda fuente en importancia en el aporte de metano a la atmósfera con 29,3 Gg. En el Cuadro 2.18 se resume el inventario de emisiones de gas metano proveniente de arrozales anegados.

#### **2.5.10 Emisiones por la quema prescrita de sabanas**

En el Cuadro N° 2.19 se presentan las estimaciones de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero procedentes de la quema de sabanas.

#### **2.5.11 Emisiones por la quema en el campo de residuos agrícolas**

En el Cuadro N° 2.20 se presenta las emisiones de Gases de Efecto Invernadero procedentes de la quema de residuos agrícolas en el campo.

#### **2.5.12 Emisiones de los suelos agrícolas**

La actividad realizada en los suelos agrícolas del país durante 1999, generó emisiones de 48 Gg de óxido nitroso. La distribución de estas emisiones entre las fuentes se presenta en el Cuadro N° 2.21.

**Cuadro N° 2.16**  
**Emissiones de Gases de Efecto Invernadero procedentes de las actividades agrícolas en 1999 (Gg)**

<b>CATEGORÍAS DE FUENTES</b>	<b>CH<sub>4</sub></b> (Gg)	<b>N<sub>2</sub>O</b> (Gg)	<b>NO<sub>x</sub></b> (Gg)	<b>CO</b> (Gg)
<b>Agricultura</b>	<b>835,4</b>	<b>49,73</b>	<b>7,79</b>	<b>406</b>
a. Fermentación entérica	757,2			
b. Manejo de estiércol	33,2	1,52		
c. Cultivo de arroz	29,3			
d. Suelos Agrícolas		47,99		
e. Quema prescrita de sabanas	14,5	0,18	6,47	380
f. Quema en campo de residuos agrícolas	1,2	0,04	1,32	26

Fuente: CTI 3007, C.A. cálculos propios, a partir de la aplicación de la metodología del IPCC y haciendo uso de la información disponible sobre el sector agrícola venezolano.

**Cuadro N° 2.17**  
**Emissiones del ganado doméstico (Gg)**

<b>GASES DE EFECTO INVERNADERO</b>	<b>CH<sub>4</sub></b>	<b>N<sub>2</sub>O</b>
<b>Emisiones totales del ganado</b>	<b>790</b>	<b>1,5</b>
<b>A. Fermentación entérica</b>	<b>757</b>	
1. Ganado vacuno	712	
2. Búfalos	3	
3. Ovejas	4	
4. Cabras	17	
5. Camellos y llamas	0	
6. Caballos	10	
7. Mulas y asnos	6	
8. Cerdos	5	
9. Aves del corral	0	
<b>B. Manejo de estiércol</b>	<b>33</b>	<b>1,5</b>
1. Ganado vacuno	18	
2. Búfalos	0	
3. Ovejas	0	
4. Cabras	1	
5. Caballos	1	
6. Mulas y asnos	1	
7. Cerdos	10	
8. Aves del corral	2	
9. Lagunas anaerobias		0,1
10. Sistemas líquidos		0,0
11. Almacenamiento sólido y parcelas secas		1,2
12. Otro		0,3

**Cuadro N° 2.18**  
**Emisiones de metano procedentes de arrozales anegados (Gg). Año 1999**

RÉGIMEN DE GESTIÓN DE AGUA	Superficie cultivada (m <sup>2</sup> x 10 <sup>-9</sup> )	Factor de escala para emisiones de CH <sub>4</sub>	Factor de emisión integrado para tomar en cuenta las variables estacionales para el arroz anegado continuamente sin fertilizantes orgánicos (g/m <sup>2</sup> )	Emisiones de metano (CH <sub>4</sub> )
Campos de regadío anegados continuamente	1,463	1,0	20	29,26

Fuente: MAT. Dirección de Estadísticas Agropecuarias.  
 IPCC. Grupos de Expertos, Factores de emisión.  
 Cálculos CTI. 3007.

**Cuadro N° 2.19**  
**Emisiones de Gases de Efecto Invernadero procedentes de la quema prescrita de sabanas. Año 1999**

FUENTE	EMISIONES PROCEDENTES DE LA QUEMA DE SABANAS (Gg)			
	CH <sub>4</sub>	CO	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>
Quema de sabanas	14,5	379,8	0,18	6,5

Fuente: CTI 3007. Cálculos aplicando metodología IPCC.

**Cuadro N° 2.20**  
**Emisiones de Gases de Efecto Invernadero procedentes de la quema de residuos agrícolas en el campo. Año 1999**

FUENTE	EMISIONES PROCEDENTES DE LA QUEMA RESIDUOS AGRÍCOLAS EN EL CAMPO (Gg)			
	CH <sub>4</sub>	CO	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>
Quema de residuos agrícolas	1,2	25,8	0,04	1,3

Fuente: CTI 3007

**Cuadro N° 2.21**  
**Emisiones de óxido nitroso procedente de los suelos agrícolas**

COMPONENTES	Gg
Emisiones directas de los campos agrícolas (Uso de fertilizante sintético, estiércol como fertilizante, producción de cultivos fijadores de nitrógeno y residuos de cosecha)	15,26
Emisiones directas del cultivo de Histosoles	0,00
Emisiones de los suelos procedentes del pastoreo animal	18,84
Emisiones indirectas de la disposición atmosférica de NH <sub>3</sub> y NO <sub>x</sub>	1,86
Emisiones Indirectas procedentes de lixiviación y escurrentía	12,04
<b>Total emisiones de N<sub>2</sub>O de suelos agrícolas</b>	<b>48,00</b>

Fuente: CTI 3007

## 2.6 Cambio de usos de la tierra y silvicultura

Los bosques, las sabanas y los suelos juegan un importante rol en el ciclo del carbono, tanto como fuente emisora como de sumidero de CO<sub>2</sub>. En este inventario se calcula la emisión o la absorción de CO<sub>2</sub> en los siguientes cambios de uso de la tierra:

- Cambios de biomasa en bosques y otros tipos de vegetación leñosa
- Conversión de bosques
- Emisiones o absorción de CO<sub>2</sub> en los suelos debido al manejo y cambio de uso de la tierra
- Absorción de carbono por tierras abandonadas.

El sector cambio de uso de la tierra y silvicultura es particularmente relevante para Venezuela, por ser un país que cuenta con una superficie boscosa de aproximadamente 49 millones de hectáreas, que representan cerca del 54% del territorio nacional. Casi el 70% de las tierras forestales se localizan al sur del río Orinoco, en la Amazonía venezolana. Los bosques de esta región no han cambiado significativamente

cuando se les compara a los ubicados al norte del río Orinoco, donde se concentra la población del país. La alta densidad de población de la parte norte hace que sea allí donde se practican los cambios de uso de la tierra.

### 2.6.1 Cambios de biomasa en bosques y otro tipo de vegetación leñosa

La superficie de bosques plantados, bosques naturales y vegetación arbustiva en el país, a 1999, conforme a los estimados del Instituto Forestal Latinoamericano (IFLA) totaliza 57.662.515 hectáreas, cifra muy cercana al valor estimado del MARN en el año 2002, de 57.139.508 hectáreas. El Cuadro N° 2.22 presenta el área boscosa y tasa de crecimiento de plantaciones y bosques de Venezuela. Las estimaciones de biomasa cosechada utilizadas corresponden a las estadísticas de producción nacional de madera establecidas por el MARN (2002) para el año 1999, las cuales se presentan en el Cuadro N° 2.23.

**Cuadro N° 2.22**  
**Área boscosa y tasa de crecimiento de plantaciones y bosques de Venezuela**

		Superficie de Bosques/Biomasa (kha)	Tasa anual de Crecimiento (t ms/ha)
Plantaciones	<i>Cedrela odorata</i>	9,26	4,33
	<i>Cordia alliodora</i>	0,41	5,89
	<i>Swietenia macrophylla</i>	0,42	2,26
	<i>Tabebuia rosea</i>	0,06	6,16
	<i>Cupressus Lusitanica</i>	0,01	10,62
	<i>Eucalptos Grandis</i>	8,06	8,32
	<i>Gmelina arborea</i>	0,16	15,39
	<i>Pinus caribaea</i>	25,23	5,6
	<i>Pinus oocarpa</i>	0,07	4,45
	<i>Pinus patula</i>	11,20	12,92
	<i>Tectona grandis</i>	1,89	13,92
	<i>E. urograndis (híbrido)</i>	3,25	30,98
	<i>E. pellita Morada nova</i>	0,01	14,6
<i>E. urophylla Anhembi</i>	1,26	13,57	
<i>Hymenaea courbaril</i>	0,62	0,72	
Bosque Espinoso		20,41	0,18
Bosque Muy Seco		177,55	0,71
Bosque Seco		508,16	1,41
Bosque Húmedo		6.534,69	2,83
Bosque Húmedo Premontano		677,55	2,47
Bosque Húmedo Montano Bajo		12,24	1,41

Fuentes: Estimados IFLA, 2000

Veillon, J.P. 1985. El crecimiento de algunos bosques naturales de Venezuela en relación con los parámetros del medio ambiente. En Revista Forestal Venezolana, año 19, N° 29. Mérida. Venezuela.

La relación de conversión / expansión de la biomasa utilizada fue la sugerida en las directrices del IPCC para bosques explotados.

En cuanto a los estimados de consumo de leña, se utilizaron las cifras establecidas por Encinas y Pacheco (2001), tanto para las reservas forestales de Ticoporo, Caparo y otras reservas, que totalizan 84.187 toneladas/año, como para el consumo rural y urbano que alcanzan 328.500 y 13.000 toneladas/año, respectivamente. La demanda de leña de la industria forestal, industria siderúrgica y de los restaurantes, también es significativa, considerándose las cifras siguientes establecidas por el MARN (2001):

Industria forestal:	800 m <sup>3</sup> /año
Industria siderúrgica:	180.000 m <sup>3</sup> /año
Restaurantes:	12.000 m <sup>3</sup> /año

### 2.6.2 Conversión de bosques

El Cuadro N° 2.24 muestra la superficie boscosa talada y convertida anualmente en Venezuela a tierras de cultivo o pastos, estimadas por el IFLA. En el mismo cuadro se presenta la cantidad de biomasa presente en estas áreas después de conversión establecida por el IFLA (2000), mientras que para el contenido de biomasa antes de la conversión, se utilizaron los valores sugeridos en las Directrices del IPCC.

La fracción de biomasa quemada in-situ, estimada por el IFLA para los bosques venezolanos fue la siguiente:

Bosques húmedos:	0,09
Bosques húmedos con estación seca corta:	0,05
Bosques húmedos con estación seca larga:	0,14
Bosques secos:	0,02
Bosques húmedos montanos:	0,06
Bosques secos montanos:	0,07

**Cuadro N° 2.23**  
Producción nacional de madera y relación de conversión-expansión de la biomasa. Año 1999

Categorías de cosechas	Cosecha comercial (1000 m <sup>3</sup> madera rolliza)	Relación conversión/expansión de la biomasa (t ms/m <sup>3</sup> )
Permiso anual	286,33	0,95
Manejo forestal	274,90	0,95
Plantaciones de pino caribe	904,77	0,95

**Cuadro N° 2.24**

Área boscosa convertida anualmente y biomasa presente antes y después de la conversión de bosques en Venezuela

Tipo de suelos		Área Boscosa Convertida Anual (kha)	Biomasa antes de la Conversión (t ms/ha)	Biomasa después de la Conversión (t ms/ha)
Tropical	Muy húmedos	2,09	295,00	1,55
	Húmedos, estación seca corta	4,00	156,75	1,28
	Húmedos, estación seca larga	32,14	90,00	29,24
	Secos	7,79	105,00	3,95
	Húmedos Montanos	7,10	150,00	4,43
	Secos Montanos	3,21	50,00	1,54

### 2.6.3 Absorción de carbono por tierras abandonadas en proceso de regeneración en los últimos 20 años

Para la absorción de carbono en las tierras abandonadas y en proceso de regeneración en los últimos 20 años, se utilizaron las cifras que se indican en el Cuadro N° 2.25, por tipo de suelo, y la tasa anual de crecimiento de la biomasa aérea en estas tierras, establecidas ambas por el IFLA.

Así mismo, para la absorción de carbono en las tierras abandonadas y en proceso de regeneración por más de 20 años, se utilizaron las cifras que se indican en el Cuadro N° 2.26 por tipo de vegetación, y la tasa anual de crecimiento de la biomasa aérea en estas tierras, establecidas ambas por el IFLA.

### 2.6.4 Emisiones o absorción de CO<sub>2</sub> en los suelos debido al manejo y cambio de uso de la tierra

Para el cálculo de las emisiones o absorción de CO<sub>2</sub> de los suelos minerales, se contabilizan los cambios en las existencias de carbono en los suelos (y en la cubierta muerta) como función de los cambios de uso de la

tierra y las prácticas agrícolas.

El cálculo requiere de una estimación de la distribución de los sistemas de uso de la tierra por tipo de suelo, en el año del inventario y para veinte años atrás. Estas estimaciones fueron hechas por el IFLA y se presentan en el Cuadro N° 2.27.

Para el cálculo de las emisiones de CO<sub>2</sub> procedente de los suelos orgánicos, se tomaron en cuenta los Cultivos de altura, y Pastizales y Bosques como usos de la tierra. Las superficies ocupadas por tales usos se muestran en el Cuadro N° 2.28. La tasa de pérdida anual de carbono utilizada para estos suelos es la sugerida por las Directrices del IPCC.

### 2.6.5 Abonado con cal en tierras dedicadas a la agricultura

El Cuadro N° 2.29 presenta las superficies de tierras agrícolas abonadas con cal, por tipo de cultivo, la cantidad de cal utilizada por hectárea en cada caso, y la masa total de cal empleada. En la práctica, en Venezuela no se utiliza dolomita sino carbonato de calcio.

**Cuadro N° 2.25**

**Superficie de tierras abandonadas en los últimos 20 años y tasa de crecimiento de la biomasa aérea en Venezuela**

Tipos de tierras		Superficie total abandonada y en etapa de regeneración en los últimos 20 años (kha)	Tasa anual de crecimiento de la biomasa aérea (t ms/ha)
Tropical	Muy húmedo	520,29	5,0
	Húmedo, estación seca corta	70,85	3,5
	Húmedo, estación seca larga	40,80	2,0
	Seco		
	Húmedo Montano	40,06	2,5
	Seco Montano	2,91	0,9

**Cuadro N° 2.26**

**Superficie de tierras abandonadas por más de 20 años y tasa de crecimiento de la biomasa aérea en Venezuela**

Tipos de tierras		Superficie total abandonada por más de 20 años (kha)	Tasa anual de crecimiento de la biomasa aérea (t ms/ha)
Tropical	Muy húmedo	393,93	5,0
	Húmedo, estación seca corta	31,67	3,5
	Húmedo, estación seca larga	70,43	2,0
	Seco		
	Húmedo Montano	33,44	2,5
	Seco Montano	27,02	0,9

**Cuadro N° 2.27**  
**Superficie y contenido de carbón de suelos minerales en Venezuela para distintos sistemas agrícolas**

Sistemas	Tipo de suelo	(t) (Mg C/ha)	(t-20) (Mha)	(t) (Mha)
Cultivos asociados	Suelos muy activos	140,00	0,84787	0,782
Cultivos anuales mecanizados	Suelos muy activos	60,00	0,10403	0,021
Plantaciones piso alto	Suelos poco activos	40,00	0,00010	0,024
Plantaciones (tropicales)	Arenosos	4,00	0,21331	0,320
Horticultura (piso alto)	Suelos muy activos	60,00	0,05140	0,019
Fruticultura y Horticultura (piso alto)	Suelos poco activos	40,00	0,17971	0,211

**Cuadro N° 2.28.**  
**Superficie destinada al uso agrícola de suelos orgánicos y Tasa de Pérdida Anual de Carbono**

Uso de suelos orgánicos en la agricultura	Superficie de las tierras (ha)	Tasa anual de pérdida (Mg C/ha/año) (por defecto)
<b>Tropical</b>		
Cultivos de altura	120.112,00	20
Pastizales/bosques	740.000,00	5

**Cuadro N° 2.29**  
**Uso agrícola de cal**

	Superficie cultivada (ha)	Cal empleada (kg/ha)	Total kg
Cereales, granos, textiles y oleaginosas	991.787	780	773.593.860
Frutas	211.301	260	54.938.260
Raíces, tubérculos, hortalizas, café, cacao	115.593	3.000	346.779.000
Tabaco, Caña de azúcar	354.246	2.000	708.492.000
Total			1.883.803.120

Fuente: Rojas, I.L. 1983. Requerimientos de cal en suelos de Venezuela. Agronomía Tropical. Vol. 33 (1-3): pp. 83-102. Maracay. Venezuela.

### 2.6.6 Emisiones de Gases de Efecto Invernadero

El Cuadro N° 2.30 resume la emisión de CO<sub>2</sub> y otros Gases de Efecto Invernadero, así como la absorción de CO<sub>2</sub> correspondiente al sector cambio de uso de la tierra y silvicultura en Venezuela, para el año 1999. Conforme a este Cuadro, el sector es un sumidero de CO<sub>2</sub>, por cuanto el balance indica que la absorción es mayor que la emisión, resultando en una remoción

neta de 14.360 Gg de CO<sub>2</sub>.

Este resultado obedece a la capacidad de absorción derivada de los cambios de biomasa en bosques y otros tipos de vegetación leñosa, que alcanza a 40.308 Gg de CO<sub>2</sub>.

La quema in-situ de biomasa en bosques ocasiona emisiones de 3 Gg de metano, 0,02 Gg de óxido nitroso y 1 Gg de óxidos de nitrógeno.

Cuadro N° 2.30

**Emisiones y absorción de Gases de Efecto Invernadero del sector cambio de uso de la tierra y silvicultura (Gg)**

CATEGORÍAS DE FUENTES Y SUMIDEROS	CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>
	Emisiones	Absorción			
Cambios de biomasa en bosques y otros tipos de vegetación		-40.308			
Conversión de bosques	10.107		3	0,02	1
Abandono de tierras cultivadas		-9.832			
Emisiones y absorción de CO <sub>2</sub> de los suelos	25.673	0			
<b>Emisiones totales por cambio de uso de la tierra y silvicultura</b>		<b>-14.360</b>	<b>3</b>	<b>0,02</b>	<b>1</b>

Fuente: Cálculos Instituto Forestal Latinoamericano IFLA

**2.7. El manejo de desechos****2.7.1 La Disposición de los residuos sólidos en Venezuela**

Según nuestra Carta Magna y la Ley Orgánica de Régimen Municipal, son competencia de los municipios las actividades vinculadas a los residuos sólidos, protección del ambiente y la cooperación con el saneamiento ambiental, el aseo urbano domiciliario, comprendidos los servicios de limpieza, de recogida y tratamiento de residuos.

Es por ello, que se analizó e interpretó la información disponible sobre generación, recolección, composición y disposición de residuos sólidos a nivel municipal, de manera de estimar promedios nacionales para efectuar los cálculos exigidos por el inventario nacional de emisiones de Gases de Efecto Invernadero.

Puesto que en las zonas rurales del país no está organizada la disposición de los desperdicios, para realizar la estimación, sólo se consideró la población urbana del total estimado por la Oficina Central de Estadística e Informática (hoy Instituto Nacional de Estadísticas) para Venezuela en el año 1999, que fue de 23.712.078 habitantes. Debido a que para ese año no se discriminó la población entre urbana y rural por entidad federal, se tomó como referencia la del año 2000, para estimar la correspondiente a 1999.

En cuanto a la generación de desperdicios en el país, se hizo uso de las tasas de generación contenidas en los estudios: "Análisis Sectorial de Residuos Sólidos en Venezuela 2000" y el Ensayo Teórico Práctico de Generación de Residuos Sólidos y Urbanismo realizado por ICA-OCEI con base en la encuesta nacional sobre recolección de los desechos sólidos practicada por la OCEI a nivel municipal, entre septiembre 1999 y enero 2000.

Se calcularon las tasas de generación promedio para cada grupo de municipios según tamaño poblacional, de manera de calcular la generación de

residuos urbanos. En el Cuadro N° 2.31 se presenta la generación de residuos sólidos urbanos para los diferentes tipos de municipios según el tamaño poblacional y el promedio nacional.

Igualmente, mediante el análisis de los resultados de la Encuesta Nacional sobre Recolección de los Desechos Sólidos, y los estudios "Diagnóstico Preliminar sobre la Situación Actual de los Residuos Sólidos en Venezuela", realizado por CIPES-FUNDACOMÚN en 1999 y el Análisis Sectorial de Residuos Sólidos de Venezuela, realizado por el CIPES/OPS/OMS en junio 2000, se estimaron los residuos sólidos urbanos eliminados en vertederos, con base en las tasas de recolección calculadas para cada tipo de municipio.

En el Cuadro N° 2.32 se presenta la estimación de la disposición final de residuos sólidos por tipo de vertedero. Como se puede observar el 64% de la cantidad recolectada se dispone en vertederos controlados; a ello contribuye que en este tipo de vertederos se dispone una alta proporción de los residuos procedentes de los municipios con mayor número de habitantes; el 21% de la disposición final de los residuos se hace en los llamados botaderos, es decir, vertederos no controlados poco profundos a donde va la mayor proporción de los residuos procedentes de los municipios con menor tamaño poblacional, mientras que debido al mejoramiento de ampliación realizada por algunos municipios de mediano a mayor tamaño poblacional, se estimó que en 1999 se dispuso el 15% del total de los residuos sólidos en vertederos no controlados profundos.

Mediante un análisis de la composición porcentual en peso de los residuos sólidos recolectados en los municipios, clasificados según el tamaño poblacional, se estimaron valores promedio de los componentes orgánicos en el total de residuos sólidos urbanos para cada uno de los grupos de municipios, según tamaño poblacional. En el Cuadro N° 2.33, se presenta la participación porcentual (en peso) de los componentes orgánicos en el total de residuos sólidos

**Cuadro N° 2.31.**  
**Generación de residuos sólidos urbanos en función del tamaño de la población municipal**

RANGO DE POBLACIÓN MUNICIPAL (hab)	POBLACIÓN URBANA (hab)	TASAS DE GENERACIÓN (kg/hab/día)	RSU (kg/día)	GENERACIÓN DE RSU (Gg/año)
2.501 a 25.000	2.031.230	0,55	1.117.177	408
25.001 a 50.000	2.644.236	0,59	1.560.099	569
50.001 a 100.00	2.932.410	0,73	2.140.659	781
100.001 a 500.000	7.831.557	0,74	5.795.352	1.115
> 500.000	5.213.787	1,1	5.735.166	2.093
<b>VENEZUELA</b>	<b>20.653.220</b>	<b>0,79</b>	<b>16.348.453</b>	<b>5.967</b>

**Cuadro N° 2.32**  
**Estimación de la disposición final de residuos sólidos urbanos por tipo de vertedero. Año 1999**

Rango poblacional municipal (hab)	Población urbana (hab)	RSU (kg/día)	Tasa de recolección (%)	RSU eliminados en vertederos (kg/día)	Disposición final (kg/día)		
					VC *	* VNC Profundo	* VNC poco profundo
2.501 a 25.000	2.031.230	1.117.177	45	502.730			502.730
25.001-50.000	2.644.236	1.560.099	55	858.054		171.611	686.444
50.001-100.000	2.932.410	2.140.659	68	1.455.648	218.347	509.477	727.824
100.001-500.000	7.831.557	5.795.352	73	4.230.607	2.961.425	634.591	634.591
> 500.000	5.213.787	5.735.166	87	4.989.594	4.490.635	498.959	
	<b>20.653.220</b>	<b>16.348.453</b>	<b>73,6</b>	<b>12.036.634</b>	<b>7.670.407</b>	<b>1.814.638</b>	<b>2.551.588</b>
			<b>Proporción</b>		<b>0,64</b>	<b>0,15</b>	<b>0,21</b>

\* VC: Vertedero controlado

\* VNC Prof: Vertedero no controlado profundo (> 5 m)

\* VNC Poco Prof.: Vertedero no controlado poco profundo (< 5 m)

Fuente: CTI 3007

**Cuadro N° 2.33**  
**Participación porcentual de los componentes orgánicos en el total de residuos sólidos urbanos recolectados, según tamaño de la población municipal. 1999**

Rangos de población municipal (hab)	RSU recolectados (kg/día)	Papel y cartón (%)	Textiles (%)	Desechos de jardines y parques (%)	Restos de alimentos (%)	Desechos de madera y paja (%)	Total orgánicos
>2.501 a 50.000	1.360.784	14,67	3,74	16,24	15,32	0,20	50,17
50.001 a 100.000	1.455.648	18,95	4,03	13,75	17,15	0,26	54,14
100.001 a 500.000	4.230.607	22,27	3,97	13,25	20,13	0,33	59,95
> 500.000	4.989.594	25,20	2,50	8,52	25,40	0,50	62,12
<b>VENEZUELA</b>	<b>12.036.633</b>	<b>20,27</b>	<b>3,56</b>	<b>12,94</b>	<b>19,50</b>	<b>0,32</b>	<b>56,59</b>

COD (%): 14,75%

Fuente: CTI 3007

urbanos recolectados por tipo de municipio y promedio nacional.

Aplicando la ecuación definida por el IPCC, se determinó el porcentaje de carbono orgánico degradable, el cual para el promedio nacional se calculó en 14,75%.

### 2.7.2 El tratamiento de las aguas residuales en Venezuela

La cobertura del servicio de agua potable y cloacas en las áreas urbanas a nivel nacional es del 87% para acueductos y 74% para cloacas; se estima que entre 70 y 75% del agua potable suministrada retorna como aguas residuales.

En Venezuela la mayor parte de las aguas residuales, tanto domésticas como comerciales, se descargan en cuerpos de agua sin ningún tratamiento previo. Para 1999, apenas se procesaron 6.860 l/s de los efluentes domésticos e industriales, cantidad equivalente al 9% del total de aguas servidas nacionales (76 m<sup>3</sup>/s), lo cual beneficiaba a una población de 3.623.992 habitantes, es decir, el 17% de la población urbana del país, para ese año.

Los valores de DBO<sub>5</sub> por persona por día en las zonas urbanas varían entre 42 y 60 gramos; en función de ese rango se estimó un valor promedio de DBO<sub>5</sub> de 18.500 kg/1.000 habitantes/año. No hay información disponible sobre el componente orgánico degradable que es retirado como lodos en las plantas o en las lagunas anaerobias utilizadas para el tratamiento de las aguas residuales, pero en todo caso, es una cifra próxima a cero.

Se estima que del total de aguas residuales tratadas, un 73% utiliza procedimientos anaerobios y el 27% restante métodos aerobios, pero éstos no operan eficientemente.

En cuanto a las emisiones de Gases de Efecto Invernadero de los efluentes y lodos industriales, se procedió a recabar información sobre la producción industrial de las diferentes ramas industriales que

operan en el país, tanto en departamentos estadísticos oficiales (casos del procesamiento del hierro, acero, minerales no ferrosos, petróleo y productos petroquímicos), como en cámaras industriales de las especialidades, hojas de balance de alimentos e informantes calificados en las ramas industriales requeridas.

Así mismo, personal encargado de los procesos industriales y del control de la calidad de agua de las industrias suministraron información sobre el contenido de DQO en las aguas residuales industriales y la cantidad promedio de efluente producido por tonelada de producto para algunas ramas industriales. Igualmente se utilizó información disponible en Internet, y en caso de no haber información disponible, se utilizaron los valores por defecto suministrados por el Grupo de Expertos del IPCC.

### 2.7.3 Emisiones de Gases de Efecto Invernadero

Los Gases de Efecto Invernadero emitidos en los sistemas de manejo de desechos sólidos y efluentes son el metano y el óxido nitroso. El metano es el emitido en mayor proporción, tal como lo muestra el Cuadro N° 2.34. El 97% del metano emitido proviene de la disposición de residuos sólidos.

El óxido nitroso es generado por los excrementos humanos. La emisión de este gas se determinó a partir del consumo per cápita de proteína de la población de Venezuela para el año 1999, el cual alcanzó la cifra de 63,1 g/habitante/día para un total de 23,06 kg/habitante/año, conforme con las Hojas de Balance de Alimentos elaborada como resultado del Convenio entre la Universidad de Los Andes y el Instituto Nacional de Nutrición. Tomando como población total de Venezuela 23.712.078 habitantes (OCEI) para el año 1999, y haciendo uso de los valores del contenido de nitrógeno por kilogramo de proteína y el factor de emisión de nitrógeno en el excremento producido, suministrado por IPCC, se determinó que se generó 1,37 Gg de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O).

**Cuadro N° 2.34**  
**Emisiones de Gases de Efecto Invernadero procedentes del manejo de desechos durante 1999 (Gg)**

FUENTE	CH <sub>4</sub>		N <sub>2</sub> O	
	Cantidad	%	Cantidad	%
Disposición de residuos sólidos	278,78	96,9	-	
Tratamiento de aguas residuales	6,59	2,3	-	
Tratamiento de efluentes industriales	2,27	1,1	-	
Excremento humano	-	-	1,37	100
<b>TOTAL</b>	<b>287,64</b>	<b>100</b>	<b>1,37</b>	<b>100</b>

Fuente: CTI 3007



## PLANTEAMIENTO ESTRATÉGICO GENERAL. PROGRAMAS, POLÍTICAS Y MEDIDAS SECTORIALES PARA EL CAMBIO CLIMÁTICO

En este capítulo se describen los grandes lineamientos políticos y organizativos del país, así como su relación con las principales estrategias internacionales (Agenda 21, Metas del Milenio), las cuales forman parte de los planes operativos del Gobierno Nacional, y sobre cuya base deberán desarrollarse las iniciativas nacionales para afrontar la problemática derivada del cambio climático, y en correspondencia con los intereses del país.

### 3.1 Introducción

La estrategia para enfrentar el Cambio Climático se incluye en el marco de políticas previstas para lograr el desarrollo sostenible del país, de modo que las políticas, programas y medidas sectoriales se enmarcan en los grandes programas nacionales, enfocados al cumplimiento del mandato constitucional de la República Bolivariana de Venezuela, el cual está sustentado en los principios de lucha contra la pobreza y observancia de los derechos ambientales.

La nueva Constitución de la República, aprobada en diciembre 1999, plantea que el Desarrollo Sustentable es el enfoque que el país adoptará en sus planes de desarrollo, dando así cumplimiento a lo acordado en la Declaración de Río de Janeiro (Cumbre de la Tierra, 1992). La dimensión ambiental es parte integral de su texto, así en su Capítulo IX, que versa sobre los Derechos Ambientales, se declara en el Artículo 127 que: "Es una obligación fundamental del Estado, con

la activa participación de la sociedad, garantizar que la población se desenvuelva en un ambiente libre de contaminación, en donde el aire, el agua, los suelos, las costas, el *clima*, la capa de ozono, las especies vivas, sean especialmente protegidos, de conformidad con la ley." Explícitamente, la Constitución promulga así la obligación del Estado de garantizar un ambiente libre de contaminación y de proteger especialmente al clima. Se entiende que el derecho humano a un ambiente sano sólo puede lograrse mediante la protección del ambiente y ello, entre otros aspectos, implica el control de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero.

La estrategia general de desarrollo del país se plasma en el **Plan de Desarrollo Económico y Social de la Nación**, a partir de cinco ejes de desarrollo y equilibrio:

- Político, conformado por la Constitución y las leyes de la República.
- Social, cuyo objetivo es honrar la deuda social, especialmente con los más pobres.
- Económico, de naturaleza humanística y autogestionaria, tiende a promover el desarrollo endógeno y comunitario.
- Territorial, enfocado hacia la descentralización y desconcentración, a fin de contribuir al desarrollo a los niveles regional y local.
- Internacional, cuyo objetivo es contribuir con la solidaridad y la búsqueda de la paz mundial.

Dentro de la estrategia general para lograr el desarrollo sostenible y la erradicación de la pobreza, se considera que la **participación ciudadana** es el lineamiento de acción más importante que se está implementando como vía para lograr el cumplimiento efectivo de todas las políticas, programas y medidas sectoriales, el cual es transversal a los cinco ejes de desarrollo. Un caso de especial relevancia lo constituye el reconocimiento en la Constitución de los derechos de los pueblos indígenas, y los esfuerzos gubernamentales para reforzar las fórmulas de organización social de los mismos y el status legal de sus tierras ancestrales. Con estas vías de acción se contribuye además a cumplir lo acordado en la Agenda 21 en dos aspectos cruciales: el derecho a la información y participación en la toma de decisiones de los grupos principales, y el reconocimiento de los derechos de los pueblos indígenas en los beneficios resultantes del aprovechamiento de los recursos naturales en hábitats indígenas.

Para enfrentar la problemática derivada del Cambio Climático se requiere una profunda compenetración de la sociedad con el problema, por lo que los esfuerzos del Gobierno Nacional para crear, mantener y reforzar diferentes modalidades de participación ciudadana, especialmente al nivel local, constituyen una actividad altamente sinérgica, que redundará muy provechosamente en las actividades de adaptación/mitigación al Cambio Climático que deban desarrollarse a futuro.

La estrategia general del país también contempla su adecuación para cumplir con los grandes lineamientos internacionales, especialmente la Agenda 21 y los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), como principales plataformas de acción hacia el logro del desarrollo sostenible, así como el resto de los tratados y convenciones internacionales a los cuales está suscrita Venezuela, detallados en el capítulo sobre Circunstancias Nacionales. En tal sentido, el Gobierno Nacional considera que un punto importante en la estrategia ambiental de Venezuela es lograr una sinergia entre las Convenciones de las Naciones Unidas sobre Desertificación, Biodiversidad, Ramsar, Capa de Ozono, Cambio Climático y su Protocolo de Kyoto, de modo que se optimice el uso de los recursos, tanto tecnológicos como humanos y financieros, y que las actividades que se implementen en cualquiera de ellas refuerzen el cumplimiento de los objetivos de las demás.

En este sentido, además de reportar a las Naciones Unidas sobre el grado de avance en el cumplimiento de los ODM, el Gobierno Nacional ha decidido incluir dentro de sus planes y proyectos generales, algunos planes y políticas especiales que contribuyan a acelerar el cumplimiento de los ODM. Especial mención merece la Meta 7 (Asegurar la Sostenibilidad

Ambiental), cuyo eje de acceso al agua potable ya fue cubierto, y lo referido a las acciones para revertir la pérdida de recursos naturales se adelanta a través, entre otras, de medidas de conservación de la diversidad biológica y creación de Áreas Bajo Régimen Especial (ABRAE), lo cual incide directamente en la conservación y aumento de la superficie con cubierta vegetal, lo que a su vez aumenta la capacidad del país de absorción de Gases de Efecto Invernadero.

Es un hecho que las tendencias tecnológicas actuales, independientemente del problema del cambio climático, se orientan a un uso cada vez mayor de energías y tecnologías limpias, como acción de respuesta a los severos problemas ambientales generados durante el siglo XX: degradación de la capa de ozono, lluvias ácidas, graves niveles de contaminación del aire y el agua, entre otros. Esta situación implica, a largo plazo, que los países productores de petróleo deberán diversificar su economía para ser menos vulnerables ante el cambio tecnológico. Ha sido una política de Estado en Venezuela desde los años 60 lograr la diversificación energética del país, tanto a través de la hidroelectricidad como del uso del gas natural. El Cambio Climático acelera e incrementa el estrés económico sobre estos países, por lo que ya el Gobierno de Venezuela está considerando alternativas estratégicas para enfrentar esta situación. Adicionalmente, el cumplimiento de los compromisos en materia de Cambio Climático a mediano y largo plazo supone grandes retos para Venezuela, en particular para las industrias petrolera, petroquímica, siderúrgica y minera, tales como: eficiencia y ahorro energético, desarrollo de fuentes alternas de energía, reuso y reciclaje de desechos y adopción y desarrollo de tecnologías limpias. La estrategia nacional incluye dos líneas de acción:

- Disminuir la dependencia del petróleo como principal fuente de ingresos del país, lo que adicionalmente minimizaría los efectos de contracción de la economía (spill over) causados por las menores ventas en el futuro, para lo cual, apoyándose en los cinco ejes de equilibrio, y en el seno de éstos en los programas de desarrollo endógeno, reforzará especialmente al sector agrícola, a fin de aumentar el nivel de seguridad alimentaria.
- Desarrollar la industria del gas natural, tanto para consumo interno como para exportación. Las políticas, programas y medidas sectoriales que integran la estrategia general para enfrentar al Cambio Climático deberán considerar las limitaciones que, como todos los países en vías de desarrollo, tiene Venezuela, fundamentalmente en tres aspectos:
  - Escasez de recurso humano especializado.
  - Debilidad de las relaciones interinstitucionales

para enfrentar problemas que requieran soluciones multifactoriales.

- Limitada capacidad de desarrollo tecnológico.

Por último, pero no menos importante, debe considerarse lo que quizá es el aspecto más crítico del problema en la actualidad: el escaso conocimiento sobre el tema del cambio climático; aunque prácticamente todos los ciudadanos han escuchado el término, muy pocos tienen una imagen clara de sus consecuencias sobre la vida diaria y sobre el país como un todo, lo que implica una gran debilidad a la hora de organizar e implementar acciones de respuesta al problema. El superar estas debilidades constituye uno de los primeros pasos de la estrategia general en cambio climático.

### 3.2 Líneas estratégicas

Es un hecho reconocido por las comunidades científica y política que la pobreza es el mayor de los problemas socioambientales, y el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático ha dejado claramente establecido que son los países más pobres y las comunidades más pobres en todos los países, los más vulnerables a los efectos del cambio climático, dada su mínima capacidad para la implantación de políticas de adaptación. Bajo esta óptica, todas las acciones tendientes a reforzar la capacidad de respuesta de estas comunidades (mejorando su nivel educativo, sus condiciones sanitarias, su capacidad de autogestión, entre otras) son un requisito indispensable para que el país pueda enfrentar adecuadamente los retos que impondrá el cambio climático.

Las políticas, programas y medidas sectoriales para enfrentar los efectos del cambio climático, especialmente las referentes a la planificación e implementación de las medidas de adaptación, deben cumplir dos condiciones básicas:

a) Se apoyarán en la infraestructura organizacional pública, de los grupos principales y de las comunidades que el Gobierno Nacional está desarrollando a través de los Programas Sociales.

b) Estarán integradas en el conjunto de planes nacionales para dar cumplimiento a los Objetivos de Desarrollo del Milenio, dado "el interés demostrado por las autoridades en constituir los Objetivos del Milenio en guías para la evaluación de las políticas públicas y complementarlos con metas e indicadores más adecuados a los problemas predominantes en el país".<sup>1</sup>

Además de los Ministerios encargados de apoyar los diferentes aspectos del desarrollo sostenible, el Gobierno Nacional ha implementado una modalidad adicional para la gestión de los Programas Sociales, la

de "Misiones", cuyos resultados serán altamente sinérgicos, puesto que funcionan como un sistema, en el que los "productos de salida" de una Misión son los "productos de entrada" de otra. Asimismo, las transformaciones personales, comunitarias y organizacionales que se derivan de la participación en las Misiones, son un resultado adicional de enorme valor agregado, puesto que incrementan el nivel de conciencia de la población con relación al país como un todo. Las Misiones atienden a las siguientes áreas socioeconómicas:

a) Salud Humana: atendida por la Misión *Barrio Adentro*, su objetivo consiste en dar asistencia primaria en salud a los sectores más pobres de la población.

b) Pueblos indígenas: atendidos por la Misión *Guaicaipuro*, sus objetivos son establecer los derechos de las comunidades indígenas y promover un nivel de vida digno en el marco de sus especificidades socioculturales.

c) Educación: atendida por tres Misiones, con el objetivo de ampliar el acceso a la educación formal. Ellas son las Misiones *Robinson I y II* (alfabetización y complemento de la educación primaria), *Ribas* (completar la educación secundaria) y *Sucre* (potenciar la sinergia institucional y la participación comunitaria para ampliar el acceso a la educación superior).

d) Seguridad Alimentaria y Disponibilidad de Alimentos para los más pobres: involucra a varias Misiones, que cubren diferentes aspectos. La Misión *Zamora* tiene por objetivo la entrega de tierras, semillas y maquinarias para la producción agrícola. La Misión *Mercal* pretende reducir los costos finales de los alimentos a través de una venta directa de los pequeños productores a los centros de venta que se construyen en las localidades más pobres. La Misión *Guaicaipuro* contempla este aspecto en las comunidades indígenas.

e) Derecho al trabajo para los más pobres: también involucra a varias Misiones, incluidas *Guaicaipuro* y *Zamora*. La Misión *Piar* tiene como objetivo el desarrollo sustentable de las comunidades mineras. La Misión *Vuelvan Caras* tiene como objetivo incorporar a los ciudadanos a la tarea del Desarrollo Endógeno y sustentable, mediante la formación y el trabajo cooperativo, construyendo el eslabón entre los conocimientos técnicocientífico y tradicional y su aplicación práctica (desarrollo turístico, industrias, agroindustria), a través de un plan de empleo y apoyo financiero para la creación de cooperativas y pequeñas y medianas industrias.

En el Cuadro N° 3.1 se resumen las Metas del Milenio más directamente vinculadas con la vulnerabilidad al cambio climático, y los Programas Sociales

<sup>1</sup> República Bolivariana de Venezuela/Gabinete Social Naciones Unidas/Venezuela. (2004). *Cumpliendo las Metas del Milenio*. Caracas. 119 páginas.

Cuadro N° 3.1

## Metas del Milenio propuestas por Venezuela y su relación con los principales Programas Sociales

METAS GENERALES	METAS ESPECÍFICAS	PROGRAMAS SOCIALES ASOCIADOS
<b>Erradicación de la extrema pobreza y el hambre</b>	Meta 1 : Disminuir a la mitad, entre el año 1990 y 2015, la proporción de personas en pobreza extrema cuyo ingreso sea menor de un dólar (US \$) por día.	Misiones : Piar, Vuelvan Caras, Zamora, Guaicaipuro
	Meta 2 : Disminuir a la mitad el número de personas que padecen hambre.	Misiones : Zamora, Mercal, Guaicaipuro. Programa Especial de Seguridad Alimentaria.
<b>Universalidad de la Educación Básica</b>	Meta 3 : Asegurar que para el año 2015 todos los niños y niñas habrán completado el ciclo de Educación Básica.	Misiones : Robinson, Ribas.
<b>Promoción de la equidad de género y autonomía de la mujer</b>	Meta 4 : Eliminar las disparidades de género en la educación primaria y secundaria preferiblemente para el año 2005 y para todos los niveles de educación para el año 2015.	Misiones : Robinson, Ribas, Sucre.
<b>Reducción de la mortalidad infantil</b>	Meta 5 : Reducir en dos tercios la tasa de mortalidad de los niños menores de 5 años entre 1990 y el año 2015.	Misiones : Barrio Adentro, Guaicaipuro.
<b>Reducción de la mortalidad materna</b>	Meta 6 : Reducir en tres cuartos la tasa de mortalidad materna entre 1990 y 2015.	Misiones : Barrio Adentro, Guaicaipuro.
<b>Combate del VIH/sida, malaria y otras enfermedades endémicas</b>	Meta 8 : Haber detenido y empezado a revertir la incidencia de la malaria, la tuberculosis y el dengue en el año 2015.	Misiones : Barrio Adentro, Guaicaipuro.
<b>Asegurar la sostenibilidad ambiental</b>	Meta 9 : Integrar principios de desarrollo sustentable en políticas y programas del país para revertir la pérdida de recursos naturales.	Proyectos Infraestructura Social Conservacionista. En el área educativa, Misiones : Robinson, Ribas, Sucre.
	Meta 10 : Reducir a la mitad la porción de la población sin acceso a agua potable y saneamiento.	Mesas Técnicas de Agua.
<b>Promoción de la asociación global para el desarrollo</b>	Meta 18 : Facilitar la disponibilidad de los beneficios de las nuevas tecnologías, especialmente las de información y de comunicación.	Infocentros

relacionados con su cumplimiento.

Como parte del proceso de elaboración de esta Primera Comunicación Nacional se realizaron una serie de talleres y consultas a diferentes actores de la vida nacional, y como resultado se establecieron las siguientes líneas estratégicas para afrontar al problema del Cambio Climático :

1) **Concienciación a todos los niveles.** Es necesario lograr un amplio conocimiento del Cambio Climático como fenómeno que nos afecta a todos y en todos los niveles. Las comunidades deben estar informadas para sensibilizarlas sobre los cambios que están ocurriendo o pueden ocurrir en un futuro próximo, y

disminuir las vulnerabilidades de territorios y comunidades.

2) **Fomento de la investigación destinada a orientar la toma de decisiones.** Se requiere estimular la investigación orientada a darle soporte a la toma de decisiones para adaptación y mitigación en los diversos sectores (agrícolas, recursos hídricos, energía, etc.) se necesitará inversión en tecnología para enfrentar las medidas de adaptación.

3) **Potenciación de la capacidad del país para percibir y responder a los efectos del Cambio Climático.** Es necesario impulsar el desarrollo de todos los sistemas que actúan como sensores para dar información sobre

aspectos climáticos y evaluación de recursos costeros, calidad de agua, entre otros.

4) **Desarrollo de la participación, la gestión y la protección ambiental.** Se requiere de un gran esfuerzo que debe incluir la participación de instituciones y comunidades, con una organización que la favorezca, dentro del marco institucional de seguridad de la Nación, que incluye el aspecto de protección ambiental.

5) **Ampliar y fortalecer el saneamiento y control de ríos y cuencas.** Los planes tradicionales de conservación de cuencas deberán ajustarse a los cambios en el funcionamiento hídrico, o ejercer medidas que puedan significar mantener un patrón de sistema hídrico similar, como trasvases, o aprovechamiento optimizado del recurso agua ajustado a las condiciones de los cambios climáticos.

6) **Garantizar el desarrollo de la seguridad alimentaria.** Este lineamiento está orientado a tomar medidas de adaptación/mitigación que tiendan a elevar el nivel de seguridad alimentaria bajo patrones culturales y ambientales propios, dado el carácter estratégico que éste representa para el Estado y la sociedad. Una de las primeras actividades a realizar es la definición del Plan de Acción Nacional para el Cambio Climático. Actualmente se está desarrollando un programa de difusión de información sobre el cambio climático, atendiendo a las recomendaciones del Plan de Trabajo Nueva Delhi para la implementación del Art. 6 de la CMNUCC.

### 3.3 Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC), Protocolo de Kyoto y Mecanismo de Desarrollo Limpio

Venezuela, integrante del Grupo No-Anexo I, tiene como compromisos ante la CMNUCC los siguientes:

- *Informar* a la Convención sobre su inventario de emisiones antropógenas de Gases de Efecto Invernadero y la absorción por sumideros;
- *Formular* planes y programas nacionales sobre adaptación/mitigación del cambio climático, e *implementar* aquellos referidos a la adaptación, considerando a los de mitigación como no obligatorios, reservándose el Estado venezolano la decisión de ejecutar medidas de mitigación cuando lo considere conveniente y necesario en el contexto general de los equilibrios social, económico y ecológico;
- *Promover y apoyar la investigación científica y tecnológica* en materia de Cambio Climático (Art. 4):
- *Mantener y reforzar* las observaciones sistemáticas sobre el sistema climático (Art. 5);

- *Formular e implementar* planes y programas nacionales para la educación, entrenamiento, concienciación y participación pública, y el acceso público a la información en el tema del Cambio Climático (Art. 6);

- *Crear* capacidades nacionales en los diferentes aspectos del cambio climático.

Con relación al Protocolo de Kyoto y, más específicamente al Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), la posición que Venezuela ha sustentado hace énfasis en los siguientes aspectos, que coinciden con los Acuerdos de Marrakech:

- Los países son soberanos de decidir si un proyecto contribuye o no a su desarrollo sostenible. Los proyectos de MDL deben contribuir, en primera instancia, al desarrollo sostenible de los países receptores y no deben significar meramente una reducción de emisiones.
- Los Proyectos bajo este Mecanismo no deben significar una carga adicional al desarrollo, ni una deuda ecológica a largo plazo para los Países Receptores.
- Todo estudio de pre-factibilidad de un proyecto bajo el MDL debe incluir una estimación de sus impactos económicos y sociales a largo plazo.
- Los fondos disponibles para financiar proyectos bajo el MDL, deben ser nuevos y adicionales.
- El diseño y ejecución de los Proyectos bajo el MDL debe contar con una participación sustantiva de empresas del país receptor.
- Estos proyectos no deben encarecer el costo de reducción de emisiones a largo plazo en estos países. Con relación a los compromisos voluntarios, Venezuela como país integrante del Grupo de las Partes No-Anexo I, mantiene su posición de no asumir este tipo de compromisos hasta tanto se concreten los avances en el cumplimiento de los compromisos de los países desarrollados, en dos puntos clave: que se materialicen los aportes de recursos financieros a los países en desarrollo, y la implementación del Mecanismo de Transferencia de Tecnología, así como hasta que no sean evaluados los resultados Post-Kyoto.

### 3.4. Marco Legal

La base legal para el tema del Cambio Climático en Venezuela proviene de la adhesión del país a la CMNUCC y a su Protocolo de Kyoto. La primera fue firmada en 1992 y ratificada en 1994, y la segunda en 2004.

Venezuela cuenta con una amplia gama de leyes ambientales, las cuales sustentan y regulan las relaciones entre las diferentes actividades socioeconómicas y los efectos sobre el ambiente;

entre ellas se encuentran, entre las principales, la Ley Penal del Ambiente, la Ley de Agua, la Ley Disposición de Desechos Sólidos, la Ley sobre Disposición de Desechos Tóxicos, la Ley de Biodiversidad, la Ley de Suelos.

Existe otro conjunto de marcos legales que regulan diversos aspectos que se verán afectados por el cambio climático, entre ellos: Pesca y Acuicultura; Tierras y Desarrollo Agrario; Zonas Costeras; Zonas Especiales de Desarrollo Sustentable; Espacios Acuáticos e Insulares.

Desde el punto de vista de las posibles medidas de adaptación a futuro, otros dos instrumentos jurídicos serán de gran importancia, a saber, la Estrategia de Descentralización y Desconcentración (Zonas Especiales de Desarrollo Sustentable), y la Demarcación de Hábitats y Tierras de Pueblos Indígenas (Ley de Demarcación, Misión Guaicaipuro). La estrategia nacional para el Cambio Climático habrá de contemplar la actualización de este conjunto de Leyes y Reglamentos del acervo jurídico del país para incluir explícitamente el tema de cambio climático, lo que permitirá contar con el basamento legal necesario para:

- Respalda la operativización de programas, políticas y acciones requeridas en los aspectos de adaptación y mitigación;
- Uniformizar los instrumentos jurídicos del país con los instrumentos jurídicos regionales (andinos, amazónicos, caribeños y panamericanos) y mundiales;
- Establecer las penalizaciones necesarias;
- Implantar proyectos MDL.

Desde el punto de vista de las posibles medidas de mitigación en el sector no energético, existe una normativa legal muy clara para el establecimiento de plantaciones forestales como son: Decreto 2026 del 02/04/88 (Normas sobre Plantaciones Forestales), Decreto 1257, donde se consideran los Estudios de Impacto Ambiental regulando las actividades susceptibles de degradar el ambiente, y la Ley de Tierras y Desarrollo Rural, junto con su Reglamento, que establece en cuáles tipos de suelos pueden ubicarse las plantaciones forestales.

### 3.5 Marco Institucional

El 7 de diciembre 2004, apareció en Gaceta Oficial la Ley Aprobatoria del Protocolo de Kyoto, en la cual también se nombra al Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARN) como organismo encargado del manejo del tema del cambio climático; dentro del MARN, hay varias instancias directamente relacionadas con el tema, entre ellas:

- La Dirección General de Cuencas Hidrográficas (DGCH), que mantiene la mayor red

climática, hidrométrica e hidrogeológica del país a través de la Dirección de Hidrología, Meteorología y Oceanología, es también el Punto Focal Técnico del país ante el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático, ante la CMNUCC y ante la Convención Marco de las Naciones Unidas para la lucha contra la Desertificación y la Sequía.

- La Oficina Sectorial de Gestión y Cooperación Internacional (OSGCI) lleva los aspectos relacionados con la posición del país en cuestiones ambientales ante los diferentes organismos internacionales, y es el lazo directo con las oficinas ambientales de otros Ministerios, fundamentalmente los de Energía y Petróleo, y el de Relaciones Exteriores.

- La Dirección General de Planificación y Ordenamiento Ambiental (DGPOA), a través de la actualización de los Planes de Ordenamiento Territorial existentes a diferentes niveles (Nacional, Estadales, de la Región Costera), juega un papel determinante en la definición de medidas de adaptación sectorizadas espacialmente, así como en la implementación de medidas de mitigación por incremento de superficie boscosa a través de la creación de Áreas Bajo Régimen de Administración Especial (ABRAE's).

- La Dirección General de Bosques (DGB), cuya experticia técnica será de gran utilidad para los proyectos de Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) en el área forestal.

- La Dirección General de Educación Ambiental (DGEA), con apoyo de la cual se desarrollan campañas de información y divulgación sobre diversos tópicos ambientales, incluyendo campañas de participación ciudadana en actividades conservacionistas.

Por otra parte, el MARN cuenta con Direcciones Regionales en todos los estados del país, con lo que se garantiza el tratamiento regionalizado del tema del cambio climático, en todos los aspectos, ya que todas las Direcciones Generales están representadas en las regiones.

El tema de Cambio Climático es también competencia del Ministerio de Energía y Petróleo (MEP), dada la condición de país petrolero de Venezuela; este ministerio coordina las relaciones con la OPEP, y su experticia técnica será de gran utilidad para los proyectos MDL de eficiencia energética.

Por su parte, el Ministerio de Relaciones Exteriores, es la voz autorizada de la Nación con relación a la posición política del país en cuestiones internacionales.

Con relación a esta Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático de Venezuela, la Oficina Sectorial de Gestión y Cooperación Internacional realizó todos los trámites ante la CMNUCC, GEF y PNUD para organizar el proyecto, y por su parte la Dirección General de Cuencas Hidrográficas coordinó y participó técnicamente en la elaboración del mismo.

### 3.6 Programas y Proyectos actualmente en marcha directamente aprovechables para la Estrategia General para el Cambio Climático

En Venezuela existen una serie de programas y proyectos en diferentes ámbitos, que por su características son ideales para comenzar a implementar algunas acciones de la Estrategia General para el cambio climático, especialmente en lo relativo a concienciación de la población, desarrollo de la participación, la gestión y la protección ambiental, ampliación y fortalecimiento del saneamiento y control de ríos y cuencas y, la potenciación de la capacidad del país para percibir y responder a los efectos del cambio climático. De hecho, algunos de dichos programas ya se utilizan para cubrir objetivos de las Convenciones de Desertificación, Biodiversidad y Ramsar. Entre ellos se encuentran:

*Programa de Conservación de Suelos y Aguas*  
*Proyectos de Infraestructura Social Conservacionista:* facilita la participación y la educación ambiental de las comunidades rurales del país. A través de estos proyectos se busca que las comunidades organizadas asentadas en la parte media y alta de las cuencas hidrográficas con alto grado de pobreza puedan implementar un conjunto de prácticas mecánicas y culturales que propicien la conservación y a su vez logren mejorar sus condiciones de vida e impulsen el desarrollo endógeno. Como beneficio adicional a los trabajos desarrollados por estos proyectos, los grupos o comunidades reciben un incentivo del 16% del costo total del proyecto ejecutado, recursos que pueden ser utilizados para mejorar los servicios comunitarios, tales como escuelas, ambulatorios, vialidad, acueductos. El proceso educativo incluye el uso y manejo adecuado de agroquímicos, que contribuye a desarrollar una agricultura orgánica, lo cual minimiza los costos de

producción y los niveles de contaminación en animales y humanos, identificados en algunos municipios.

*Mesas Técnicas de Agua:* apoyadas en la Ley Orgánica para la Prestación de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento, son en esencia la comunidad organizada encargándose de planificar y vigilar el funcionamiento de sus redes de agua potable y servidas, es decir, la comunidad funciona como contraloría social. Funcionan con tres pasos: en primer lugar la comunidad, con apoyo de los técnicos del Estado, realiza el croquis (esquema de las redes) para comprender el problema; luego se levanta el "Censo del Agua", con toda la información sociodemográfica necesaria para enfrentar el problema, y finalmente la comunidad con el apoyo técnico realiza los Recorridos/Inspecciones, para verificar directamente los ciclos de abastecimiento en el sector y las condiciones de las redes, chequear la distribución por cada vivienda, y el mantenimiento de los tanques que distribuyen en cada sector. La agrupación de las diversas Mesas Técnicas de Agua que se hayan organizada en una zona de la ciudad por la misma red y ciclo de suministro constituye el Consejo Comunitario, instancia que permite la comunicación pública y periódica entre las comunidades y el Estado, siendo una instancia de primera importancia para la planificación a nivel municipal.

*Programa de Acción Nacional de la Convención para la lucha contra la Desertificación y mitigación de la Sequía y Plan de Acción Nacional de la Convención de Biodiversidad:* Estos Programas definen una serie de Objetivos específicos, acciones, subacciones, indicadores y proyectos particulares, en muchos de los cuales la inclusión del componente Cambio Climático sería muy fácil y poco costoso, contribuyendo a la sinergia de las Convenciones Ambientales.





# 4

## VARIABILIDAD CLIMÁTICA NATURAL Y VULNERABILIDAD

### 4.1 Introducción

En el presente capítulo se evalúa la variabilidad climática natural y la vulnerabilidad de los sistemas naturales y sociales venezolanos ante dicha variabilidad. El Cambio Climático incrementa la variabilidad natural, y en consecuencia, la vulnerabilidad. Se define vulnerabilidad al grado en que un sistema natural o social podría resultar afectado por el cambio climático. La vulnerabilidad es función de la sensibilidad de un sistema a los cambios del clima (el grado en que un sistema responderá a determinado cambio del clima, incluidos los efectos beneficiosos y perjudiciales), y de su capacidad para adaptarse a dichos cambios. En este contexto, un sistema muy vulnerable sería aquel que fuera muy sensible a pequeños cambios del clima, incluyéndose en el concepto de sensibilidad la posibilidad de sufrir efectos muy perjudiciales, o aquél cuya capacidad de adaptación se encuentre seriamente limitada (PNUMA-UNEP, 1997).

Para conocer el grado de vulnerabilidad de es necesario conocer la variabilidad climática que afecta a Venezuela y factores que la influyen.

### 4.2 Factores que influyen la variabilidad climática natural en Venezuela

Por ser Venezuela un país situado en la zona intertropical, se caracteriza por presentar valores de temperatura con una muy pequeña variación estacional; la diferencia entre el mes más fresco y el

más caliente del año raramente supera los 3° C; el nivel de variabilidad interanual, medido por el coeficiente de variación ( $CV = \text{desviación estándar}/\text{media}$ ) es generalmente menor al 5%. La lluvia en Venezuela presenta una gran variabilidad espacial que, de acuerdo a la disponibilidad actual de series, permite dividir al país en 13 regiones de regímenes diferentes de precipitación. En estas regiones el comienzo y la duración de los períodos seco y lluvioso del año cambia de forma notable así como los totales en esos períodos.

El elemento de variabilidad climática natural que mayores anomalías induce en la lluvia y las temperaturas a escala global es el ENOS, que presenta dos tipos de eventos: de calentamiento conocidos como El Niño, y de enfriamiento conocidos como La Niña.

Para evaluar la influencia del ENOS en la variabilidad climática del país, se realizó el estudio "Impacto de los eventos El Niño Oscilación del Sur (ENOS) sobre la lluvia y la temperatura en Venezuela" (Rangel y Perdomo, 2003, Cárdenas, Gily García, 2002).

La temperatura aumenta durante los eventos Niño hasta en 2 °C, como se observó durante el evento 1997/98 en todo el país (Urbina, 1998), y disminuye en condiciones de Niña, con cambios máximos en los meses del invierno del Hemisferio Norte.

El efecto sobre la precipitación es diferenciado en el tiempo y el espacio; en general El Niño tiende a producir épocas secas más secas que lo normal (la

época seca en Venezuela ocurre *grosso modo* de diciembre a marzo), en las fachadas occidental, oriental y sur del país, mientras que hacia los Llanos y la Cordillera de la Costa su efecto es más complejo y difícil de detectar. La Niña tiende a aumentar la precipitación, especialmente al sur del país, pero retrasa la entrada de la época lluviosa en los llanos centrales.

La influencia del evento El Niño está modulada por otras variables, especialmente la Oscilación QuasiBianual (QBO); se ha determinado que, dependiendo de las condiciones de la QBO, el evento El Niño puede incluso invertir su efecto en la zona sur del país, produciendo lluvias fuertes de noviembre a marzo.

Asimismo se ha determinado que en parte de la zona norte y central del país, la precipitación está influida por la temperatura del Atlántico Tropical Norte; en general, un Atlántico frío tiende a producir una entrada tardía de la época lluviosa en los llanos centrales, mientras que un Atlántico caliente puede producir precipitaciones mayores que lo normal entre junio y agosto.

El Panel Intergubernamental para el Cambio Climático considera "Muy Probable" que en el futuro aumente el número, duración e intensidad de eventos El Niño; por otra parte, el contenido calórico de los océanos está aumentando, y los océanos, debido a su inercia, controlan los ciclos centenarios y milenarios del sistema climático, por lo que podría especularse que el régimen de precipitación en Venezuela sufrirá cambios tanto en la cantidad como en la distribución de la lluvia a lo largo del año, que no se estabilizarán en una nueva situación de equilibrio sino dentro de varios siglos.

#### **4.3 Variabilidad climática observada en Venezuela en el siglo XX**

A lo largo del siglo XX la variabilidad climática natural en el país ha cambiado; se ha determinado que han ocurrido cambios en los valores promedio (existencia de tendencias) así como en la dispersión de las series (cambios en las varianzas), tanto para la temperatura como para la precipitación.

##### **4.3.1 Tasas de cambio de las temperaturas media y extremas**

El régimen térmico resulta un factor determinante en muchos aspectos de la vida. Uno de ellos, el que influye más directamente en ésta, es el confort térmico, que varía de un grupo humano a otro debido a la adaptación a las condiciones locales del clima. También resulta determinante en la productividad animal y para la concentración de azúcares, es decir, la calidad de rubros tan importantes como frutales y caña de azúcar. Además, la presencia y aparición de plagas y enfermedades está relacionada

fuertemente con las características del régimen térmico.

En cuanto a las variaciones del régimen térmico, es necesario distinguir entre dos aspectos: las variaciones en valor provocadas por la existencia de tendencias significativas en las series de temperaturas, y las variaciones en la variabilidad temporal.

Los cambios en valores son realmente importantes, aunque los ecosistemas pueden modificarse internamente, en busca de la adaptación a nuevas condiciones que se van gestando lentamente, para llegar a nuevas condiciones de equilibrio. Sin embargo, los cambios en la variabilidad temporal provocan también cambios notables en las probabilidades de ocurrencia de eventos extremos. En el caso del régimen térmico, las probabilidades de ocurrencia de períodos muy cálidos o muy fríos cambian, y en tales casos, los ecosistemas tienen poca, o ninguna protección natural.

Los estudios sobre cambios en las temperaturas máximas ( $T_x$ ) y mínimas diarias ( $T_n$ ), brindan información adicional de gran importancia, dado que la diferencia entre estos valores, denominada oscilación térmica diaria, es determinante tanto para el confort humano como para la calidad de la producción agrícola.

Para determinar la existencia de tendencias estadísticamente significativas y sus signos para las series de temperatura máxima ( $T_x$ ), temperatura mínima ( $T_n$ ), y de oscilación térmica (OT), se realizó el estudio sobre las "Variaciones de la Temperatura del aire en Venezuela (Cárdenas y Alonso, 2003), en el cual se estimaron los cambios en las tendencias para los tres elementos, se estimaron las fechas de corte (años), para los cuales se producen los mayores contrastes entre períodos consecutivos dentro del período total, y se verificaron los efectos que los cambios en valores y variabilidad producen en los períodos de retorno de los valores de los tres elementos bajo estudio.

Se utilizaron 20 estaciones meteorológicas con un período común 1958 al 2002 de una longitud de 45 años, y se tomó, para algunos aspectos, un subconjunto de 9 estaciones en el período de 1940 al 2002, con una longitud de 63 años. La parte Sur del país no cuenta con estaciones de series lo suficientemente largas como para ser utilizadas en este tipo de estudio. Por tal motivo, los análisis no serán válidos para la parte selvática que cubre mayoritariamente esta región.

Como conclusiones del estudio se estableció que, a lo largo del siglo XX, han ocurrido los siguientes cambios en el régimen térmico del país:

- Las temperaturas máximas presentan tendencias a la disminución de sus valores con un valor promedio para Venezuela cercano a  $1.1\text{ }^\circ\text{C}$  para el período total, con una tasa de  $0.18\text{ }^\circ\text{C}/10$  años. Muchas de las tendencias no son significativas.

- Las temperaturas mínimas medias presentan en

general una tendencia significativa al crecimiento con un valor promedio para Venezuela cercano a 3.2 °C, para el período total, con una tasa de +0.37 °C/10 años, aumento muy notable si se tiene en cuenta que esto ocurre en algo más de 60 años.

- Las tendencias a la disminución de la Oscilación Térmica están cercanas a los 3.5 °C para el período total. Este hecho constituye un elemento muy desfavorable para el confort humano y las producciones animal y vegetal; es además un elemento favorable para la aparición y propagación de plagas y enfermedades en muchos cultivos.

- El régimen térmico en Venezuela se vio afectado por cambios significativos a partir de que el calentamiento global se hizo más notorio en la década de los 70; los análisis realizados para series largas y cortas por separado indican que las fechas de cambio ocurren de forma mayoritaria en la década de los 70. Al dividir la serie de 1940 al 2002 en dos series consecutivas, una hasta mediados de los 70 y otra desde ahí al 2002, se observaron cambios notables en los valores de Tx, Tn y OT correspondientes a diferentes períodos de retorno.

- Los cambios en los períodos de retorno de la temperatura máxima entre los dos períodos consecutivos obedecen principalmente a cambios en la variabilidad, mientras que los correspondientes a temperatura mínima y oscilación térmica obedecen a cambios tanto en la variabilidad como en la tendencia.

- Los cambios que parecen ser más desfavorables para el confort humano y la producción agropecuaria ocurren en la oscilación térmica y están relacionados a una disminución notable en este elemento, provocada fundamentalmente por el aumento de la temperatura mínima.

#### 4.3.2 Tasa de cambio de la precipitación

El elemento del clima que tiene una mayor incidencia en la vida del hombre es, sin duda, la precipitación. Dada su importancia, la existencia de tendencias a largo plazo determinará muchos elementos de la vida de la población, ya que, producto de estas tendencias, aparecen cambios tanto en los totales de lluvia como en su distribución en el año.

Evaluar la existencia de tendencia y cambios en los totales de lluvia resulta difícil por muchas causas. En primer lugar la precipitación es el elemento climático de mayor variabilidad espacio temporal, y requiere por esta razón alta densidad de estaciones (buena cobertura espacial) y series largas. Otro motivo de dificultad está en que existe un conjunto de condiciones locales que pueden, por su fortaleza, sobreponerse a los cambios inducidos por condiciones del clima a gran escala. Las soluciones para estas dos dificultades pueden ser, en primer lugar, el escoger para los estudios el mayor número de

series de lluvia con longitud suficiente y en segundo lugar, suavizar las condiciones locales haciendo promedios espaciales de estas series.

Venezuela cuenta con pocas estaciones de series largas, y los promedios espaciales más elaborados y eficientes sean realizados para cuadrículas de 5x5 grados. Una dificultad adicional está en la variedad de condiciones climáticas dentro del país, en el que se presentan paisajes o condiciones muy contrastantes. Además, en la génesis de la lluvia en Venezuela intervienen fenómenos meteorológicos de ambos hemisferios que difieren por regiones y de una estación del año a otra.

Para evaluar los cambios ocurridos en los totales de lluvia para Venezuela en el Siglo XX, se realizó el estudio "Tendencia a largo plazo en la Precipitación para Venezuela" (Cárdenas y De Grazy, 2003), en el cual, a partir de dos soluciones diferentes, utilización de series individuales de lluvia y las promediadas en cuadrículas (grillas) que incluyen a Venezuela, se determinaron los cambios en el comportamiento de la precipitación a lo largo del siglo XX en el país.

Para realizar el estudio se escogieron 94 estaciones en el período de 49 años de 1950 a 1998. Para los análisis se utilizaron los valores mensuales, y adicionalmente se calcularon los totales anuales y de dos períodos del año: un semestre de noviembre a abril y otro de mayo a octubre, denominados períodos poco lluvioso y lluvioso del año, respectivamente; se toman así debido a que en la mayoría de las regiones del país se cumple que éstos presentan génesis diferentes de lluvia y totales bien diferenciados.

Los resultados del estudio indican que, a lo largo del siglo XX la precipitación del país se comportó como sigue:

- Del total de 94 estaciones, sólo en 28 de ellas aparecen tendencias significativas en las series de totales mensuales. De éstas, 26 estaciones presentan tendencias al decrecimiento de los totales; El 67,4% del total de estaciones, con tendencias significativas o no, presenta tendencias al decrecimiento de los totales en las series de totales mensuales.

- Los incrementos en los totales mensuales de lluvia son del -27,1 y 31,0% para las tendencias negativas y positivas (esta última sólo en dos estaciones).

- Las estaciones con tendencia significativa negativas en sus series mensuales tienen el año promedio de cambio de la tendencia en 1976 y 1975 por las pruebas de Mann Kendal y Alessanderson, respectivamente. Las que presentan tendencias positivas tienen un año de cambio promedio en 1988 por ambas pruebas.

- El 79% de las series anuales y del período seco presentan disminución de los totales de lluvia, mientras que para el período lluvioso del año, el 65% de las estaciones presenta disminución. Así, para el período 1950 a 1998, la mayoría de las estaciones presenta tendencias a la disminución.

- Del total de 94 series disponibles de cada tipo, 29 (31%) son significativas en las anuales, 20 (el 21%) son significativas en el período lluvioso y 35 (el 37%) son significativas en el período seco del año. Dentro de las series con tendencias significativas, para los períodos anual, lluvioso y seco, los porcentajes de series con tendencia al decrecimiento son 90, 75 y 97%, respectivamente.

- En los 49 años del período 1950 a 1998, los totales para períodos anual, lluvioso y seco, en las estaciones con tendencias significativas, han decrecido en más del 30% para los tres períodos.

- Al comparar los resultados de tendencias significativas con series de totales mensuales con las correspondientes a los períodos anual, lluvioso y seco, se tiene que muchas más series tienen tendencias significativas cuando se tratan los totales por períodos, en lugar de las series de totales mensuales. Una causa probable de esto está en la existencia de tendencias de diferente signo entre los períodos seco y lluvioso del año, que tienen a compensar los movimientos de estos dos grupos de meses.

- Para las series anuales y por períodos seco y lluvioso correspondientes a regiones del país se tiene que para la región Oriental, ninguna serie presenta significación. Las series anuales y del período lluvioso son significativas para las regiones central y occidental; mientras que para el período seco, sólo la zona Norte Occidental presenta tendencia significativa.

- El análisis de los incrementos por regiones y períodos muestra una situación desfavorable para todas las regiones, ya que, aunque existen períodos lluvioso y seco con incrementos opuestos en signo, esta redistribución dentro del año de los totales no se puede considerar favorable para muchas ramas de la producción.

- Si se analiza el comportamiento para las zonas Occidental, Central y Oriental, puede verse que los decrementos en totales anuales y de los períodos lluviosos van en aumento de Oriente a Occidente; mientras que para el período seco el comportamiento es inverso. Esto es, de Oriente a Occidente desaparece el déficit, llegando en la región Occidental a existir incrementos en ese período del año.

#### **4.3.3 Cambios en la ocurrencia de lluvias extremas**

Con relación a los elementos climáticos, el análisis de eventos extremos es de vital importancia para el diseño de obras civiles y para la cuantificación de riesgos de desastres (inundaciones, deslaves, coladas de barro, olas de calor, entre otros). La posibilidad de que el Cambio Climático se manifieste en modificaciones de la distribución de frecuencia de los eventos extremos de lluvia es una de las

consecuencias más preocupantes de este problema.

A nivel mundial se está discutiendo la necesidad de nuevos tipos de análisis estadísticos para determinar si efectivamente puede detectarse un cambio en la distribución de frecuencias de valores extremos como efecto del cambio climático, pero también como una necesidad para mejorar los sistemas de pronósticos y alertas tempranas de desastres naturales.

Para detectar cambios en el comportamiento de los valores extremos de precipitación diaria a lo largo del Siglo XX en Venezuela, se utilizó la Distribución Generalizada de Pareto (Lisboa y Martelo, 2003) en un grupo de 17 estaciones con más de 30 años de período de registro. Se analizaron los valores diarios máximos de la serie total, y los de dos bimestres, enero-febrero, representativo de la época seca, y julio-agosto, representativo de la época lluviosa; basados en los análisis previos (Cárdenas y De Grazy, 2003), se dividieron las tres series de valores extremos en dos partes, Antes y Después de 1975.

Los resultados del estudio sobre comportamiento de los valores diarios de precipitación extrema durante el siglo XX no son estadísticamente representativos, pero sin embargo, más de la mitad de las estaciones analizadas muestran en todos los períodos de retorno disminuciones de los valores extremos en la época seca (lo cual es coherente con el efecto Niño), y aumentos de los valores extremos durante la temporada lluviosa (Lisboa y Martelo, 2003). Como resultado del análisis se concluyó lo siguiente:

Los máximos de las series seca y lluviosa son distintos a los máximos de la serie total (todo el año), ya que al restringir la serie de datos se obvian muchas observaciones, las cuales pueden ser eventos extremos que ocurrieron en otros meses.

Del análisis comparativo entre el comportamiento los valores extremos para el registro completo y los dos bimestres se obtuvieron una serie de características de alcance regional, entre ellas las siguientes:

en la zona llanera es muy marcada la diferencia entre los valores extremos de las series seca y lluviosa;

en las zonas con estacionalidad poco marcada, sea por totales de lluvia muy altos o muy bajos, los valores extremos de las series seca y lluviosa tienden a ser más parecidos entre sí;

En la mayoría de las regiones del país los valores extremos más altos se encuentran bien en la serie total, bien en la serie lluviosa, con la excepción de las estaciones de montaña cercanas a la costa, donde se encuentran en la serie seca, especialmente para los períodos de retorno elevados.

El análisis de los valores extremos asociados a los períodos de retorno para los sub-períodos Antes y Después 1975, muestra que el 76% del total de casos analizados tuvo un comportamiento coherente para todos los períodos de retorno, de un aumento (a veces muy ligero) de los valores extremos en el subperíodo

Después 1975, lo que parece indicar que efectivamente se ha producido un cambio en el comportamiento de los valores extremos, que podría generalizarse como que en más de la mitad de las estaciones analizadas en el sub-período más reciente (después 1975) han disminuido los valores extremos en la época seca y aumentado los extremos en época lluviosa.

#### 4.4 Conocimiento sobre Paleoclimatología de Venezuela

Para entender los cambios ambientales del futuro, e incluso los del presente, se requiere tener una perspectiva de los cambios ocurridos en el pasado. Nuestro ambiente actual es una condición transitoria, que ha resultado de un espectro de factores, tanto naturales como antropogénicos, que han estado interactuando en el tiempo y en el espacio (Bradley y Eddy, 1990).

En el caso de Venezuela se han hecho reconstrucciones paleoclimáticas y paleoecológicas analizando la composición geoquímica y el polen de sedimentos lacustres, haciendo análisis micropaleontológicos y mineralógicos de núcleos sedimentarios e investigando evidencias paleopedológicas y paleomorfológicas. Los sectores más estudiados corresponden a los Andes, el Lago de Valencia, sectores en los Llanos, Guayana y áreas marinas. En lo relativo a datación, los métodos más comúnmente aplicados han sido el estratigráfico (ordenamiento de secuencias o depósitos sedimentarios aislados), el estudio de desarrollo de suelos, el análisis radiocarbónico y la termoluminiscencia (Schubert y Vivas, 1993).

Se ha establecido que durante las fases glaciales del Cuaternario, la temperatura de la zona ecuatorial descendió entre 6 a 7 °C (con respecto a los valores actuales), por lo que la precipitación, probablemente, fue menor en tierras bajas, lo que generó un desplazamiento de la vegetación tanto latitudinal como altitudinal. Estos cambios fueron acompañados por un descenso del nivel del mar, que produjo cambios hidrológicos así como alteraciones en las franjas costeras.

El Cuaternario, cuya duración está estimada en 2,3 millones de años, se divide en dos períodos: el Pleistoceno y el Holoceno o Reciente. El avance máximo de la glaciación Würm o Wisconsin, que culminó aproximadamente 18.000 años A.P. (antes del presente) es llamado el Último Máximo Glacial (UMG).

Durante dicho avance glacial se produjo un mayor volumen y extensión de los glaciales continentales, un descenso en el nivel del mar acompañado de una disminución de la superficie oceánica, un aumento del albedo y un descenso de la temperatura de la superficie del mar. La temperatura media global era

entre 3 y 6 °C inferior a los niveles actuales, y el nivel del mar estuvo, por lo menos a 85 m por debajo del nivel actual, y grandes casquetes de hielo de más de 3000 m de espesor cubrían el Ártico y el Antártico (Chorley *et al.*, 1984).

En Venezuela, las tierras altas como la Cordillera de los Andes y la Sierra de Perijá, cuyas altitudes sobrepasan los 3.000 m, sufrieron las glaciaciones del Pleistoceno y el UMG. En la Cordillera de Mérida, la masa de hielo que cubría las partes más altas de la cordillera alcanzó una superficie de 600 km<sup>2</sup>, y el límite de las nieves perpetuas se ubicaba hacia los 3.500 m de altitud. Las tierras bajas de las regiones tropicales también fueron afectadas por cambios climáticos paralelos a los ocurridos en las regiones montañosas.

Del Escudo Guayanés, que cubre una extensa región al sureste de Venezuela y se extiende hacia Guyana, la Guayana francesa, Surinam y Brasil, existen referencias que señalan que durante la ocurrencia de las fases áridas del Pleistoceno, los relictos de bosques húmedos fueron refugio biológico. Estudios geomorfológicos han demostrado la existencia de patrones anómalos de drenajes y la presencia de terrazas y rápidos en los ríos de la región, que podría interpretarse como evidencia de un clima más seco durante el Pleistoceno Tardío - Holoceno Temprano (Tricart, 1985; Schubert, 1985).

Los estudios del Lago de Valencia, ubicado a 427 msnm al norte del país en una fosa tectónica de la Cordillera de la Costa proveen evidencias de los cambios paleo-ambientales ocurridos en esa región (Salgado-Laboriau, 1980; Lewis y Weibezahn, 1981; Bradbury *et al.*, 1981).

Hacia el año 13.000 AP, la región del Lago de Valencia presentaba un clima más seco que el actual y según Salgado-Laboriau (1980) el lago no existía como tal, hasta el 11.500 AP. Luego sucede una serie de cambios de nivel del lago y de su salinidad, que estuvieron asociados a variaciones climáticas.

Particularmente, entre los años 8.300 - 5.200 AP, según varios autores citados por Yuretich (1991), el clima fue árido y la región estuvo cubierta por vegetación de sabana y bosque seco xerofítico.

En los últimos 2.000 años el lago fue evolucionando hacia su situación presente, para cubrir en la actualidad una superficie de 300 km<sup>2</sup>. Esta información concuerda con otros estudios geomorfológicos de la zona (Schubert, 1988).

Schubert (1988) y otros autores coinciden en sugerir, que para el norte de Suramérica, se podrían diferenciar las siguientes regiones climáticas, para el período del Último Máximo Glacial:

- Llanos de Venezuela y Colombia, caracterizados por estar afectados por una severa aridez. Tentativamente, se podría estimar que la precipitación estuvo, por lo menos, en un 30 a 40% por debajo de los valores actuales.

- Cuenca del Lago de Maracaibo, Golfo de Venezuela, norte de Falcón, y las islas de Aruba, Curazao y Bonaire, con clima más húmedo.

- Para el resto del territorio hay evidencia de aridez local, pero debido a las limitaciones de datos paleoclimáticos, no es posible extrapolar. Schubert (1988) sugiere que, tal vez, toda esa región estuvo caracterizada por un clima tropical de sabana (del tipo Aw transición hacia el BS, según la clasificación de Köepen), con una marcada estación seca, de hasta siete meses.

- Para las regiones de montaña, se estima que los pisos térmicos experimentaron excesos altitudinales, como producto de gradientes alto-térmicos más pronunciados que el actual. A su vez los pisos ecológicos fueron desplazados altitudinalmente.

Con respecto al Holoceno o Reciente, período que comienza con el fin de la última edad glacial (12.000 a 10.000 AP), no se cuenta con un registro paleoclimático detallado.

Luego del retroceso de los glaciales, el clima sufrió un enfriamiento abrupto, que duró aproximadamente 200 años, y afectó el paisaje y la vegetación.

En los Llanos, posiblemente durante el Holoceno, ocurrieron importantes cambios en la precipitación, tanto en la cantidad anual como en la variación estacional, que afectaron la proporción de sabana abierta con respecto a la sabana arbolada. Un período de sabana abierta, más seco que las condiciones actuales, se presentó entre 6.000 a 5.000 AP hasta 3.800 AP (Van der Hammen, 1974).

En general, los registros paleoclimáticos de que se dispone en Venezuela han permitido hacer algunas especulaciones acerca del Cuaternario Tardío y parte del Holoceno, pero no son suficientes para elaborar un cuadro completo de la evolución paleoclimática de nuestro país. Se requiere, según Rull (1998), la realización de nuevos proyectos de investigación, con énfasis en el muestreo y análisis de alta resolución, así como una moderna calibración analógica de los "proxies". Sin embargo, no se dispone de centros y laboratorios dedicados a este tipo de investigación, por lo que la cooperación internacional es indispensable.

#### **4.5 Vulnerabilidad y capacidad actual de adaptación a la variabilidad climática**

Venezuela es un país muy vulnerable ante la variabilidad climática natural, debido a un conjunto de factores, entre ellos:

- Cerca del 60% de la población vive al norte del país en el arco montañoso andinocostero, donde el promedio de precipitación anual es del orden de los 1.100 mm, y amplias zonas presentan climas semiáridos y subhúmedos secos, lo cual implica que varios de los principales embalses para

abastecimiento humano están situados en áreas críticas desde el punto de vista climático, y son por lo tanto sumamente vulnerables a pequeños cambios de lluvia.

- El sistema de producción agrícola es fundamentalmente de secano, por lo que ligeras variaciones en la distribución intraestacional de la lluvia tienen gran impacto tanto en la oportunidad de realizar labores (preparar tierras, sembrar, cosechar), como en el desarrollo de los cultivos. Por otra parte, dadas las altas temperaturas típicas de la zona intertropical, incluso ligeras olas de calor tienen fuertes impactos negativos en la producción animal (carne y huevos), siendo comunes altas mortalidades en las explotaciones avícolas.

- La intensidad de la precipitación tiene efectos graves en las zonas montañosas densamente pobladas, donde todos los años ocurren deslaves, derrumbes y deslizamientos que afectan vidas y bienes; el caso más extremo ocurrió en el estado Vargas en diciembre 1999. La mayoría de la gente más pobre es la que vive en construcciones muy frágiles, siendo por tanto la más vulnerable a este tipo de situaciones.

Los efectos de los eventos El Niño incrementan la vulnerabilidad de diferentes sistemas productivos en el país, como sigue (Cárdenas, Gil y Colón, 1999; Cárdenas, Martelo, García y Gil, 2002):

- En las regiones climáticas Andes y Quíbor donde se concentra la producción de Hortalizas, rubro muy sensible a los excesos de agua, es probable que el incremento de precipitación causado por los eventos Niña impacten más fuertemente que los déficit causados por eventos Niño. Asimismo, el exceso de lluvia en zonas montañosas incrementa la pérdida de tierras por erosión.

- En la región donde se concentra la producción cerealícola, el impacto tanto de Niñas como de Niños puede ser muy negativo, pero por causas distintas: el exceso de agua inducido por las Niñas contribuye a reforzar un problema estructural de manejo de tierras en los llanos occidentales, a saber, la cosecha realizada sobre suelos muy húmedos, que está creando un problema de degradación de tierras extremadamente grave. Por su parte, el déficit inducido por el Niño en Julio, mes crítico en el que se produce la floración, puede ocasionar reducciones de rendimiento desastrosas.

- En las regiones climáticas Costa Occidental y Llanos Oeste de Bolívar, que concentran la mayoría del rebaño vacuno nacional, el aumento de la temperatura asociado a los eventos Niño tiene un

impacto negativo, ya que incrementa el estrés térmico en los animales. Asimismo, en la región Cordillera de la Costa, que concentra a casi todo el rebaño porcino del país y más de la mitad de las aves y huevos, el efecto del Niño puede ser desastroso, ya que tanto los cerdos como las aves son extremadamente sensibles a olas de calor.

- Para cultivos como los plátanos y la palma africana, que requieren gran cantidad de agua, es posible que el incremento de precipitación asociado a eventos Niña tenga efectos positivos. Esto no sería aplicable a la caña de azúcar, que también usa mucha agua, pero siendo un cultivo heliófilo, necesita al mismo tiempo alta insolación; la mayor nubosidad que puede suponerse asociada a los eventos Niña podría disminuir significativamente la concentración de azúcar, aunque la producción de tallos fuera mayor.

- Las mayores densidades de población y por ende de la demanda de agua para consumo y para otros usos está precisamente en las regiones más vulnerables a los eventos El Niño y La Niña, lo que hace al país muy vulnerable a éstos.

- Es destacable además que el impacto de los eventos El Niño en particular en la cuenca del CaroníParagua, donde se genera cerca del 70% de la energía eléctrica del país, así como en otras regiones actualmente utilizadas para estos fines o de uso potencial, podría ser un problema de escala nacional. La capacidad actual del país para enfrentar a la variabilidad climática natural no es muy alta; entre otros factores, existen debilidades en las áreas de medición sistemática de los elementos climáticos, escasez de personal especializado en el área de aplicaciones prácticas de la información climática y una débil integración interinstitucional para la organización de las actividades productivas en función de aprovechar al máximo las potencialidades del clima y reducir los riesgos asociados a éste. De no modificarse esta situación, el nivel de vulnerabilidad del país ante el Cambio Climático será extremadamente alto.

El Tercer Informe de Evaluación (TIE) del PICC (Panel Intergubernamental de Cambios Climáticos) establece en su Reporte de Síntesis (PICC, 2001) que *"la adaptación ya no es una opción sino una necesidad dado que el cambio del clima y los impactos relacionados con este cambio ya están sucediendo. La adaptación preventiva y reactiva, que variará según el lugar y el sector, puede ayudar a reducir los impactos adversos del cambio climático, mejorar los efectos beneficiosos, y producir muchos efectos secundarios inmediatos, pero no ha de evitar todos los daños"* (Pregunta 9 del Reporte de Síntesis).

En general, estudios realizados a nivel mundial en el

área de desarrollo sostenible han llegado a la conclusión recogida por el TIE, que la capacidad de adaptación es mucho menor entre los países pobres, y en los sectores más pobres de la población en cualquier país del mundo.

Un aspecto muy importante a considerar cuando se piensa en actividades y/o políticas de adaptación al Cambio Climático es que, en muchos casos, se trata de las mismas que deberían adoptarse para optimizar la realización de las actividades socioeconómicas en función de la variabilidad climática natural, ya que, simplificando al extremo, el Cambio Climático es en esencia un incremento en esta variabilidad.

Por ejemplo, usar la información climática para planificar las épocas de siembra más seguras en una región, es una actividad que en los países desarrollados realizan tanto los productores como los sectores financieros (Bancos Crediticios, Compañías Aseguradoras) como parte de sus análisis básicos para apoyo en la toma de decisiones estratégicas. Así pues, con este conocimiento previo, reorganizar los calendarios de labores según el Cambio Climático no implica mayormente un gasto "extra" desde el punto de vista operativo.

En otros casos, por el contrario, las medidas y políticas de adaptación si implican una enorme inversión de dinero y tiempo.

Siguiendo los ejemplos del área agrícola, una posible política es el desarrollo de nuevas variedades resistentes al calor y a la sequía, lo que implica proyectos de investigación en laboratorio y campo durante varios años.

Las incertidumbres más importantes para lograr un conjunto coherente de políticas y medidas de adaptación al cambio climático, y que se integren con las políticas más generales de desarrollo sostenible en el país, se encuentran en los siguientes aspectos:

- La gruesa escala de los Modelos de Circulación General de la Atmósfera (MCGA), que no permiten una evaluación precisa de los impactos y las vulnerabilidades locales; actualmente hay una fuerte corriente para el desarrollo de los denominados "Modelos Regionales", que toman las condiciones de borde generadas por los MCGA, y tienen una resolución espacial del orden de 50 km de lado y cubren un área del globo típicamente de 5000 km x 5000 km. Aún así, es importante señalar que la extensión de una región está limitada por la capacidad de computación y por la accesibilidad a la información climática regional, por lo que los modelos regionales en la práctica estarían limitados como máximo al tamaño del país o al consenso de varios países vecinos.

- El desconocimiento de los posibles efectos secundarios, no sólo de las medidas y/o políticas de

adaptación *per se*, sino también de la aceptabilidad por parte de la población y de su velocidad de aplicación.

- Conocimiento insuficiente de los costos y beneficios de las medidas a aplicar.

Asimismo, es importante señalar que las medidas de adaptación pueden (y deberían) ser tomadas a todos los niveles: local, regional y nacional, tanto por los

entes públicos como por las organizaciones privadas y los ciudadanos en general.

Desde este punto de vista, una condición básica para el éxito de cualquier medida que se implemente, es un profundo esfuerzo de información para, y educación de, los distintos actores sociales, ya que en esencia se requiere a nivel mundial un profundo cambio en los patrones de uso de los recursos naturales, así como en los patrones de consumo de bienes y servicios.



# 5

## IMPACTOS AMBIENTALES Y SOCIOECONÓMICOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO. POSIBLES MEDIDAS DE ADAPTACIÓN

### 5.1 Introducción

Bajo este capítulo se analizan algunas de las implicaciones ambientales más generales que se derivan del cambio de los patrones espacio-temporales de la precipitación y la temperatura, lo que repercute en aspectos tales como el tipo climático de grandes áreas del país, la disponibilidad climática de agua y el confort humano y animal. A su vez los cambios en estos aspectos tienen consecuencias importantes sobre la capacidad productiva vegetal y animal, la problemática de uso de agua y manejo de embalses, y la generación de energía.

Es importante señalar que no hay realmente forma de predecir cómo será el clima futuro, ya que aún no es completo el conocimiento del Sistema Climático, por lo que manejar el concepto de incertidumbre es importante. Se sabe que el efecto antrópico se añade a todas las interacciones naturales, pero aún si fuera posible simular perfectamente la parte física del Sistema Climático (poco probable en el corto plazo), quedarían por resolver otros dos tipos de incertidumbres : una de carácter socioeconómico, relativa a cuánto más Gases de Efecto Invernadero (GEI) habría en la atmósfera, ya que eso depende exclusivamente de factores como las tasas de crecimiento demográfico y económico, el crecimiento en el uso y tipo de energía, los avances tecnológicos en materia energética, las políticas mundiales sobre la emisión de Gases de Efecto

Invernadero, entre otros; el segundo tipo de incertidumbre es el relativo a la sensibilidad climática. Dada esta circunstancia, la estrategia para analizar el clima futuro y su impacto en los ecosistemas y las actividades humanas, es el desarrollo de Escenarios. Éstos no son predicciones ni pronósticos, sino "una descripción plausible, coherente e internamente consistente de un posible estado futuro del mundo" (IPCC, 2001). Deben ser entendidos como ejemplos de lo que pudiera pasar bajo premisas particulares. Los Escenarios Climáticos se basan en Escenarios de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero, que a su vez se basan en Escenarios Socioeconómicos.

### 5.2 Escenarios y Modelos utilizados en la Primera Comunicación Nacional

Para el desarrollo de los Escenarios en la Primera Comunicación Nacional se usó prioritariamente el escenario de emisión de Gases de Efecto Invernadero SRES-A2 (IPCC, 2001c) para los Escenarios Climáticos "Intermedio" y "Pesimista"; este escenario describe un mundo muy heterogéneo, la tasa de crecimiento demográfico es siempre creciente durante todo el siglo XXI, el desarrollo económico está orientado regionalmente (poca globalización) y tanto el crecimiento económico per cápita como el cambio tecnológico son muy lentos y fragmentados. También se usó como punto de comparación el escenario de emisión de Gases de Efecto Invernadero SRES-B1 para el Escenario Climático "Optimista". El SRES-B1 describe

un mundo más convergente (más globalizado): la población alcanza un máximo a mitad del siglo XXI y luego desciende, hay un rápido cambio en las estructuras hacia una economía de servicios e información, y se introducen tecnologías limpias y recurso-eficientes; el énfasis está en soluciones globales para la sostenibilidad económica, social y ambiental, incluyendo una mayor equidad. Todos los escenarios SRES asumen que no se tomarán medidas para controlar la emisión de gases, es decir, diseñan un mundo futuro donde no se implementa la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático ni su Protocolo de Kyoto (IPCC, 2001c).

Los escenarios climáticos se definen como combinaciones de los escenarios de emisión de Gases de Efecto Invernadero y los niveles de sensibilidad climática. Para simular los elementos de precipitación y temperatura en el futuro, que son modificados por los cambios en el Sistema Climático inducidos por el calentamiento debido a la mayor cantidad de GEI, se utilizan Modelos Acoplados de Circulación General Atmósfera-Océano (MACGAO), corridos para los escenarios climáticos. Dado que los MACGAO son una herramienta tecnológica que requiere un enorme poder computacional, disponible en muy pocos lugares del mundo, el Programa de Apoyo a las Comunicaciones Nacionales de los Países No Anexo I coordinó el desarrollo de una metodología simplificada, que se materializó como el software MAGICC/SCENGEN Model for the Assessment of Greenhouse Induced Climate Change / Scenario Generator (Hulme et al. 2000), desarrollado por la Climate Research Unit (University of East Anglia, UK). El componente MAGICC es un modelo climático simplificado, que permite determinar la temperatura media global y las consecuencias en el nivel del mar a partir de emisiones de Gases de Efecto Invernadero especificadas por el usuario. El componente SCENGEN es en esencia una biblioteca de corridas de 16 de los MACGAO más utilizados en el mundo.

Se realizó el análisis del comportamiento de los dieciséis (16) MACGAO (Martelo, 2003), que se incluyen en el MAGICC-SCENGEN, bajo cinco escenarios de emisión de Gases de Efecto Invernadero (IS92A, SRESA1, SRESA2, SRESB1, SRESB2) y tres niveles de sensibilidad climática, a fin de considerar con amplitud las diferentes incertidumbres asociadas al proceso de simulación del clima futuro.

Se utilizaron varios criterios para el desarrollo de los escenarios climáticos y la selección de los modelos. Fundamentalmente, se basaron en la idea que el clima en el siglo XXI debería continuar la tendencia mostrada en el siglo XX, cuando ocurrió el incremento de los Gases de Efecto Invernadero; como se señaló en el capítulo anterior (Cárdenas y Alonso, 2003; Cárdenas y De Grazy, 2003), durante el siglo XX se

produjo un incremento de la temperatura y la disminución generalizada de la precipitación en casi todo el país, especialmente durante la época lluviosa. El segundo criterio utilizado fue el impacto del evento "El Niño" en el país; conocidos sus efectos (Cárdenas y Gil, 2003; Martelo, 2002) y aceptando que se espera en el futuro un incremento en su ocurrencia (IPCC, 2001a) se eligieron modelos que simulen dichos efectos. Finalmente, el tercer criterio se basó en que la mayoría de los modelos, incluyendo a los que en general simulan un futuro más lluvioso, señalan una disminución de la precipitación en algunos meses de la temporada lluviosa, en diversas regiones del país (Martelo, 2003).

Para discutir los resultados y decidir cuáles modelos se incluirían en esta Primera Comunicación Nacional, se realizó un Taller de Expertos en Meteorología y Climatología. En el Taller se decidió utilizar los modelos UKTR, desarrollado por el United Kingdom Meteorological Office (Inglaterra), y el CCC-EQ desarrollado por el Canadian Center for Climate Modelling and Analysis (Canadá). Estos modelos simulan el cambio promedio de temperatura y precipitación para lapsos de 30 años, y para estimar los valores promedios futuros, se aplica dicho cambio al valor promedio actual del período de 30 años 1960-1990. En cuanto a la resolución espacial, es muy gruesa, trabajando con cuadrículas (grillas) de 5 grados de latitud x 5 grados de longitud, lo que constituye una de las principales limitaciones para realizar un análisis de vulnerabilidad más preciso. Venezuela está cubierta por ocho (8) grillas de 5° x 5°.

El Taller decidió correr cada uno de los dos modelos bajo tres Escenarios Climáticos. En el Cuadro N° 5.1 se muestran las condiciones que conforman los tres escenarios climáticos. El Escenario "Optimista" es el que simula menores cambios en temperatura y precipitación, el Escenario "Pesimista" es el que simula los mayores cambios en el futuro.

El Taller sugirió analizar tres lapsos futuros que, por comodidad se citan usando como referencia el año central de dicho período; los tres lapsos están contenidos en la primera mitad de este siglo, ya que la incertidumbre aumenta al simular futuros más lejanos. Los lapsos fueron: el 2005 al 2035, 2025 al 2055 y el 2045 al 2075, centrados respectivamente en el 2020, 2040 y 2060. Con relación a los Escenarios de Emisión de Gases de Efecto Invernadero, se decidió utilizar los que provocan cambios de temperatura global máximos y mínimos, es decir, el SRES-A2 y el SRES-B1 (Martelo, 2003).

Asimismo, el Taller de Expertos recomendó que para los análisis de impactos y vulnerabilidad ante el Cambio Climático en los sectores agrícola y de recursos hídricos, se utilizaran los modelos corridos bajo el Escenario Climático Intermedio, mientras que los resultados de los Escenarios Optimista y Pesimista se usen sólo como punto de comparación.

Una vez tomadas estas decisiones, se calcularon los cambios mensuales, trimestrales y anuales de precipitación y temperatura para los tres períodos de 30 años, según los dos modelos bajo los tres Escenarios Climáticos.

### 5.3 Cambios ambientales generales

En este capítulo se describen los cambios generales esperables en el futuro para los dos principales elementos climáticos, la temperatura y la precipitación, así como los cambios derivados en términos del tipo climático, la disponibilidad climática de agua y el confort humano.

Como resultados generales de correr los modelos para el escenario climático intermedio se obtienen incrementos de la temperatura en todas las grillas de 5° x 5°, mientras que para la precipitación, aunque la tendencia general de las simulaciones es hacia una disminución de la lluvia, en alguna de las grillas, en algún momento del año, ambos modelos simulan mayor precipitación.

En la Figura 5.1 se muestra el signo de las simulaciones para la precipitación futura según ambos modelos; dicho signo se mantiene para todos los escenarios de emisión de GEI y los tres niveles de sensibilidad climática.

Cuadro N° 5.1

Resumen de las características que definen los Escenarios Climáticos, Lapsos y Modelos de Circulación Global de la atmósfera utilizados en la Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático

	ESCENARIOS CLIMÁTICOS		
	Optimista	Intermedio	Pesimista
Escenario de emisión de Gases de Efecto Invernadero	SRES-B1	SRES-A2	SRES-A2
Sensibilidad climática	Baja (1,5°C)	Media (2,5°C)	Alta (4,5°C)
Lapsos	2005-2035 (centrado en 2020) 2025-2055 (centrado en 2040) 2045-2075 (centrado en 2060)	2005-2035 (centrado en 2020) 2025-2055 (centrado en 2040) 2045-2075 (centrado en 2060)	2005-2035 (centrado en 2020) 2025-2055 (centrado en 2040) 2045-2075 (centrado en 2060)
Modelos	UKTR y CCC-EQ	UKTR y CCC-EQ	UKTR y CCC-EQ

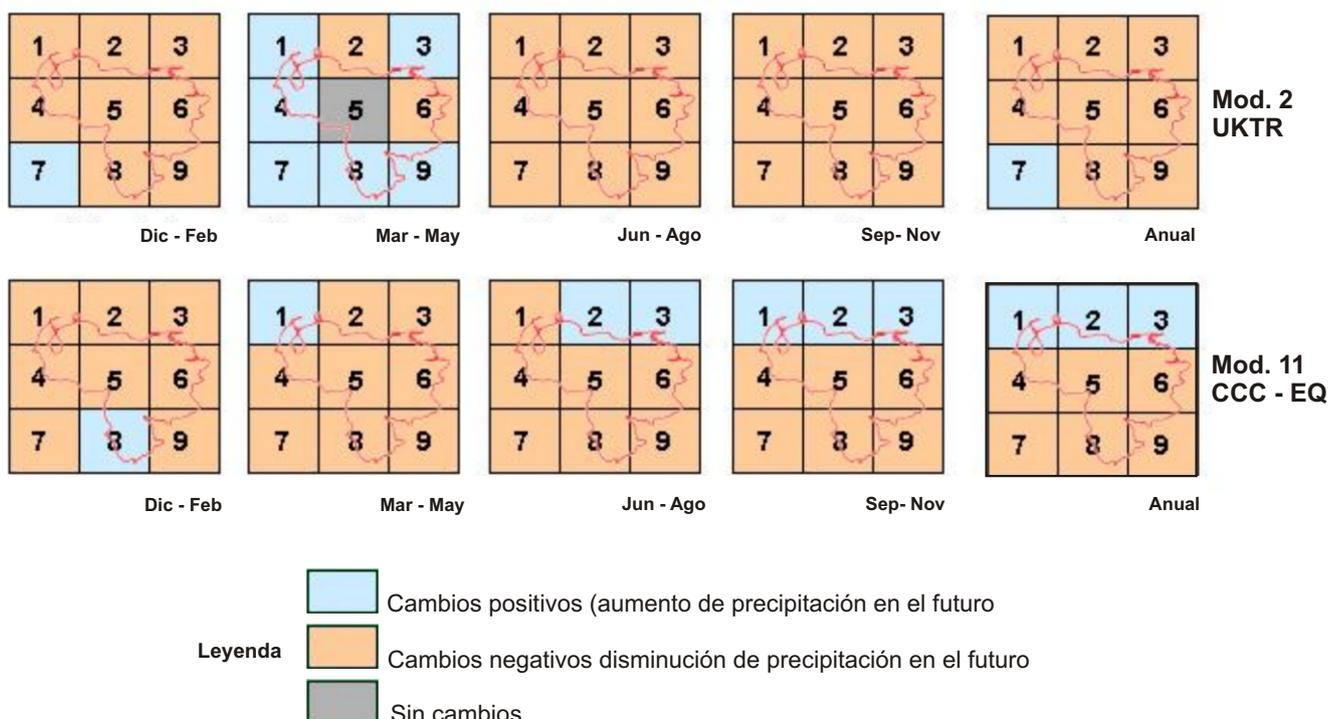


Figura 5.1. Representación esquemática del signo de cambio (positivos o negativos) de la precipitación trimestral y anual futura en cada grilla del país, según los modelos UKTR (Mod. 2) y CCCEQ (Mod. 11).

El signo es consistente para todos los Escenarios de Emisión de Gases de Efecto Invernadero (IS92a, SRESA1, SRESA2, SRESB1 y SRESB2), para los tres niveles de Sensibilidad Climática y para cualquier grupo de 30 años incluido en el siglo XXI.

Las consecuencias de la disminución de la precipitación son muy preocupantes. En la zona norte del país, donde se concentra la mayor parte de la población y la infraestructura productiva ya hoy día existen problemas serios de disponibilidad de agua, que se evidenciaron con la sequía durante los años 2001-2002, la cual afectó muy severamente a dos de los principales embalses del país, uno para riego (Guárico) y otro que surte a Caracas (Camatagua), de modo que debió establecerse un programa de racionamiento de varios años para lograr la recuperación de los embalses. Este tipo de situaciones implica la necesidad urgente de comenzar a tomar medidas de adaptación. Asimismo, la ocurrencia más frecuente de precipitaciones intensas implica mayor riesgo de inundaciones repentinas y deslaves, especialmente graves en áreas ya de por sí vulnerables, como las zonas montañosas altamente urbanizadas.

Por su parte, el incremento de la temperatura es un problema muy serio que implica un mayor gasto de agua (que será cada vez más escasa), un mayor gasto de energía (más aires acondicionados encendidos durante más tiempo) y un mayor riesgo de mortalidad en animales y humanos, por lo que tiene implicaciones en la definición de políticas energética, agrícola y sanitaria en el país.

### **5.3.1 Cambios en los patrones de temperatura**

Actualmente, no se cuenta con la densidad adecuada de estaciones climáticas necesarias para generar los mapas de temperatura, por lo que se aplicaron los factores de cambio obtenidos de los modelos a un grupo de 17 estaciones, representativas de las diferentes condiciones climáticas del país.

Excepto en la estaciones de altura como la de la Colonia Tovar (1.790 msnm) y Mérida (1.479 msnm), las temperaturas medias del país son elevadas, como corresponde a nuestra ubicación latitudinal. En 14 de las 17 estaciones analizadas, la temperatura media sobrepasa los 25 °C y en 4 incluso los 28 °C (Maracaibo, Coro, Musinacio, y Ciudad Bolívar). Según el modelo británico (UKTR), para el 2060 serán 13 de 17 estaciones las que tengan una temperatura media que sobrepase los 28 °C, y 11 según el modelo canadiense.

Aunque el aumento de temperatura en el país no sería muy grande en el Escenario Climático Intermedio (en general, para el 2060 estaría entre 1 y 2 °C), el problema es que ya hoy las temperaturas son muy elevadas, de modo que incluso pequeños incrementos pueden tener efectos severos en funciones biológicas (fotosíntesis, respiración) y físicas

(difusión, evaporación), afectando a los seres vivos (humanos, plantas, animales) y a procesos complejos, tales como el movimiento del agua y nutrientes en el suelo o la capacidad de auto-depuración del agua en movimiento.

Se analizó de modo simplificado el efecto del incremento de la media sobre la distribución de frecuencia empírica de la temperatura (efecto del corrimiento de la media hacia la derecha en la distribución de probabilidades). Para un subconjunto de 13 estaciones con 30 años de registro, se calcularon los valores probables a 75% y 90% actuales, y se compararon con los valores promedio (probables al 50%) futuros; en el 74% de los casos, las temperaturas promedio futuras serán mayores que el actual valor del Percentil 90%, es decir, que un valor tan alto que hoy día ocurre sólo en el 10% de los años va a ser tan común que ocurrirá por lo menos en la mitad de los años.

Una de las principales consecuencias del incremento de la temperatura se relaciona con la expansión del área propicia para la proliferación de vectores transmisores de enfermedades como el dengue y la malaria; no sólo se corre el riesgo de que sean mayores las zonas donde hoy estas enfermedades son endémicas, sino que será mayor también el riesgo de epidemias. Asimismo, el aumento de la temperatura mínima tendrá en el trópico, incluida Venezuela, una influencia negativa en la productividad agrícola, ya que aumentará el gasto respiratorio nocturno, reduciendo en consecuencia la acumulación neta de materia seca.

Es importante recordar que la tasa de incremento de la temperatura mínima (la de la madrugada) es prácticamente el doble que la temperatura máxima, lo que indica que la Oscilación Térmica Diaria (OTD) ha estado disminuyendo durante el siglo XX (Cárdenas y Alonso, 2003) y se espera que continúe disminuyendo durante el siglo XXI. Ello implica que cada vez con mayor frecuencia se presentarán noches muy cálidas, aunque durante el día la temperatura no haya sido muy elevada.

### **5.3.2 Cambios en los patrones de precipitación**

A continuación se presentan los mapas generados con el software de geoestadística con capacidad gráfica SURFER para la precipitación a los niveles anual (Figura 5.2) y trimestral (Figuras 5.3 a la 5.7), obtenidos aplicando los factores de cambio de precipitación obtenidos de los modelos a un grupo de 103 estaciones con 30 años de período de registro (1960-1990). En cada una de las Figuras se muestra la situación actual, correspondiente al valor promedio de la Normal 1961-1990 y los seis mapas de las situaciones futuras en 2020,

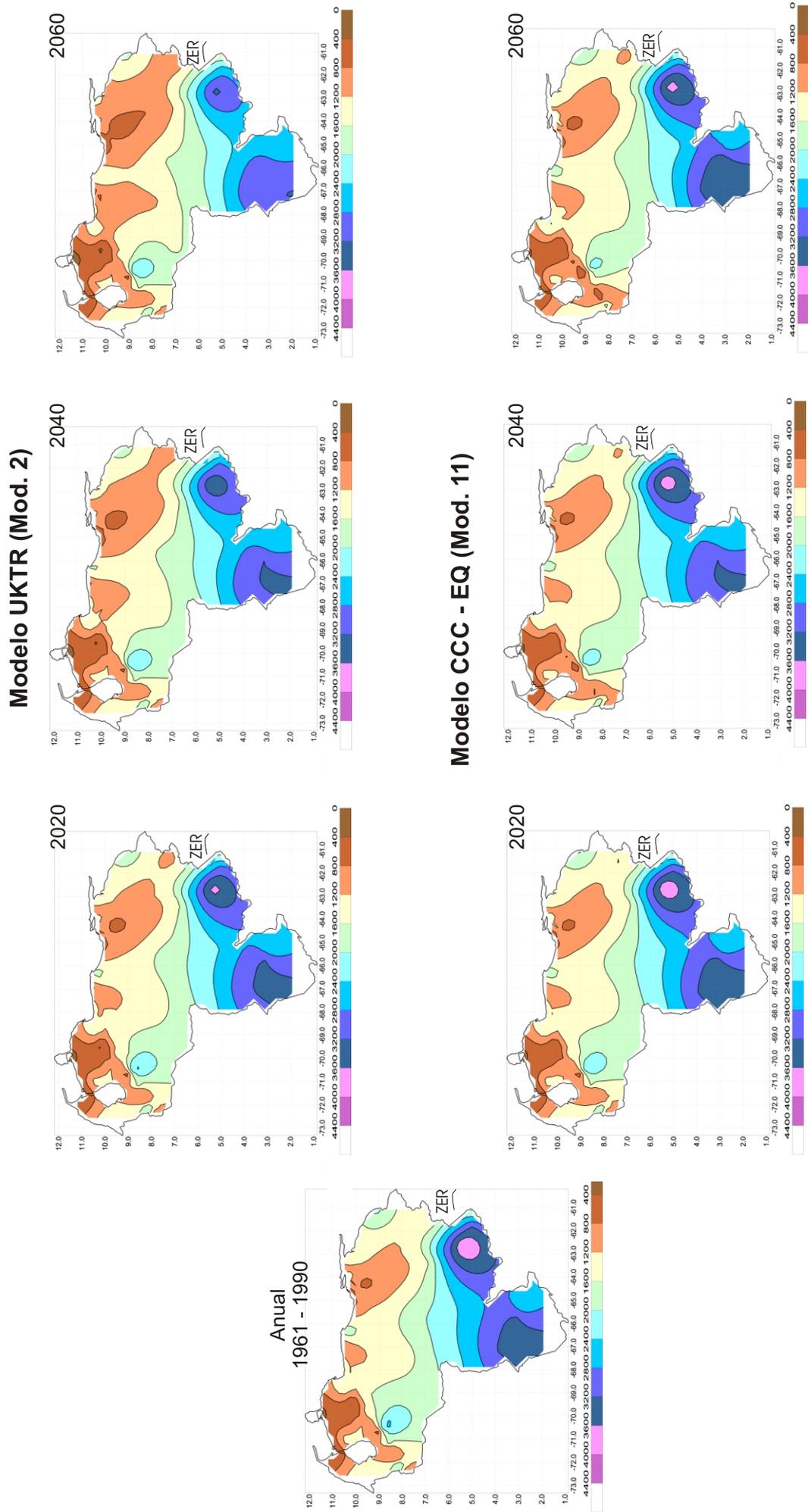


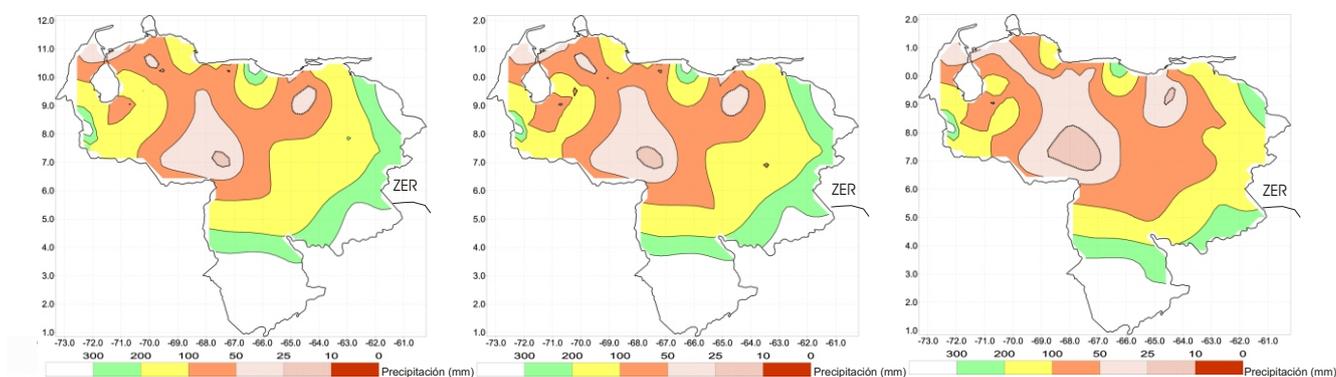
Figura 5.2. Comparación entre la precipitación media anual actual (1961-1990) y la precipitación media anual futura bajo el Escenario Climático Intermedio (SRESA2, Sensitividad Climática Media 2.5 °C) según los modelos UKTR (Mod. 2) y CCCEQ (Mod. 11)

2040 y 2060, según los modelos UKTR (modelo británico, Mod. 2) y CCC-EQ (modelo canadiense, Mod. 11), corridos bajo el Escenario Climático Intermedio (Escenario de Emisión de Gases de Efecto Invernadero, SRES-A2 y Sensitividad Climática Media 2,5 °C). La resolución espacial (tamaño de grilla) de estos mapas es de aproximadamente unos 30 km, en lugar de las grillas de 500 km (5°) de lado del SCENGEN. En el caso particular del trimestre diciembre-febrero, que corresponde al más seco del año, se preparó un mapa con una escala más reducida, para diferenciar mejor el incremento de superficie con precipitaciones extremadamente bajas (menos de 25 mm acumulados en 3 meses); aquí se muestran sólo los resultados de los dos modelos para el 2060 (Figura 5.3). En la Figura 5.2, correspondiente al total anual de precipitación, puede observarse que el UKTR (Mod. 2) señala un futuro más seco que el CCC-EQ (Mod. 11). El efecto es especialmente notable al sur del estado Bolívar, donde según Mod. 2 el núcleo actual de 3600 a 4000 mm de lluvia se reduciría en el 2060 aproximadamente 20%, al rango de 2800 a 3200 mm, es decir unos 800 mm menos de lluvia al año. Las posibles consecuencias para el tipo de vegetación pudieran ser muy graves, implicando un cambio

severo en el ecosistema.

También para la zona norte el Mod. 2 señala un futuro muy preocupante, al norte del río Orinoco se concentra el 90% de la población, y específicamente en la zona norte-costera, que ocupa aproximadamente el 2% del territorio nacional, se concentra cerca del 40% de la población, el 75% del sector industrial, y alrededor del 40% del capital fijo del país. Según este modelo, prácticamente toda la zona pasaría a recibir menos de 1200 mm/año, situación que hoy día está limitada al norte del estado Zulia, la Depresión Lara-Falcón, la Depresión del Lago de Valencia, la Cuenca de Unare y los Andes a alturas superiores a los 2500 msnm, aproximadamente.

El Mod. 11, por el contrario, señala muy ligeros aumentos de la precipitación al norte de los 10° N, en toda la zona norte-costera del país. Este modelo también muestra disminución de la precipitación al sur del país, pero en menor grado. Sin embargo, señala fuertes disminuciones hacia los Andes y el Piedemonte Llanero, donde ya para el 2020 desaparece el núcleo 2400-2800 mm, disminuye significativamente el área lluviosa de la Costa Oriental del Lago de Maracaibo y se extiende significativamente el área con menos de 800 mm/año en los valles intra-andinos.



**Figura 5.3. Comparación entre la precipitación trimestral Dic-Feb actual y futura según los modelos UKTR (Mod. 2) y CCC-EQ (Mod. 11) para el 2060 bajo el Escenario Climático Intermedio (SRES-A2, Sensitividad Climática Media 2,5°C) escala reducida.**

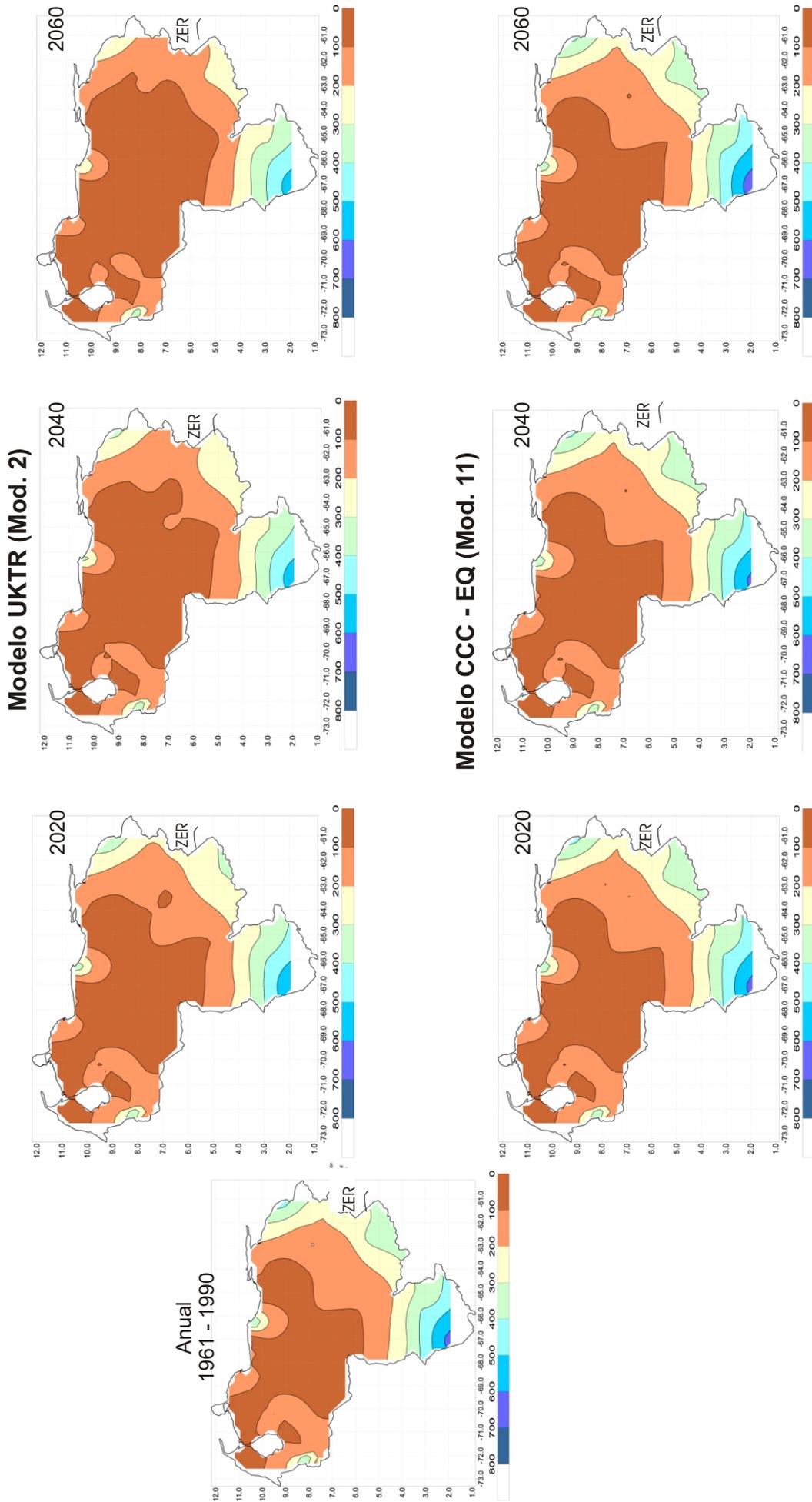


Figura 5.4. Comparación entre la precipitación trimestral Dic-Feb actual (1961-1990) y la precipitación trimestral media futura según los modelos UKTR (Mod. 2) y CCC-EQ (Mod. 11) para el 2060 bajo el Escenario Climático Intermedio (SRES-A2, Sensitividad Climática Media 2,5°C)

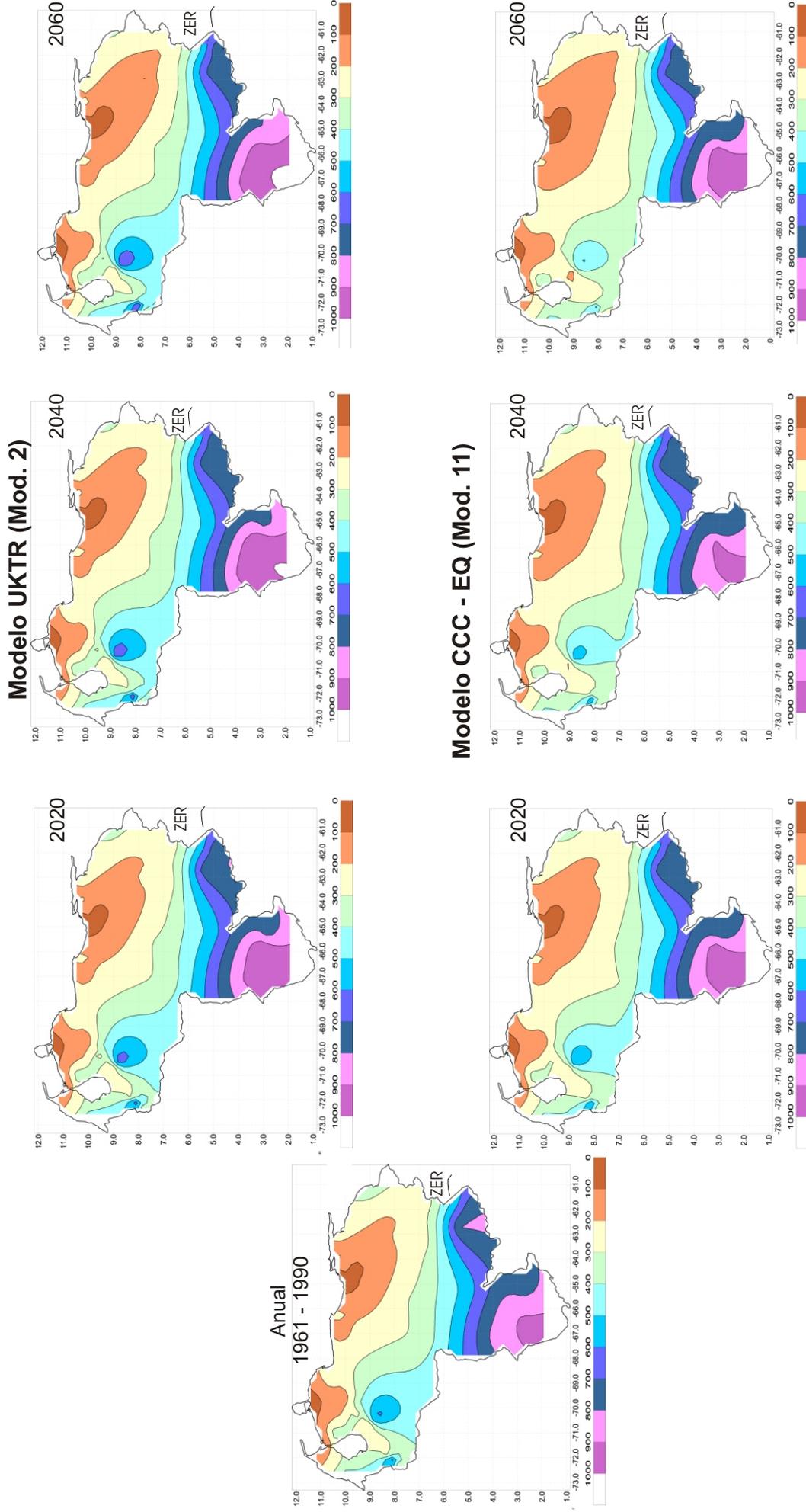


Figura 5.5. Comparación entre la precipitación trimestral Mar-May actual (1961-1990) y la precipitación trimestral media futura según los modelos UKTR (Mod. 2) y CCC-EQ (Mod. 11) para el 2060 bajo el Escenario Climático Intermedio (SRES-A2, Sensitividad Climática Media 2,5°C)

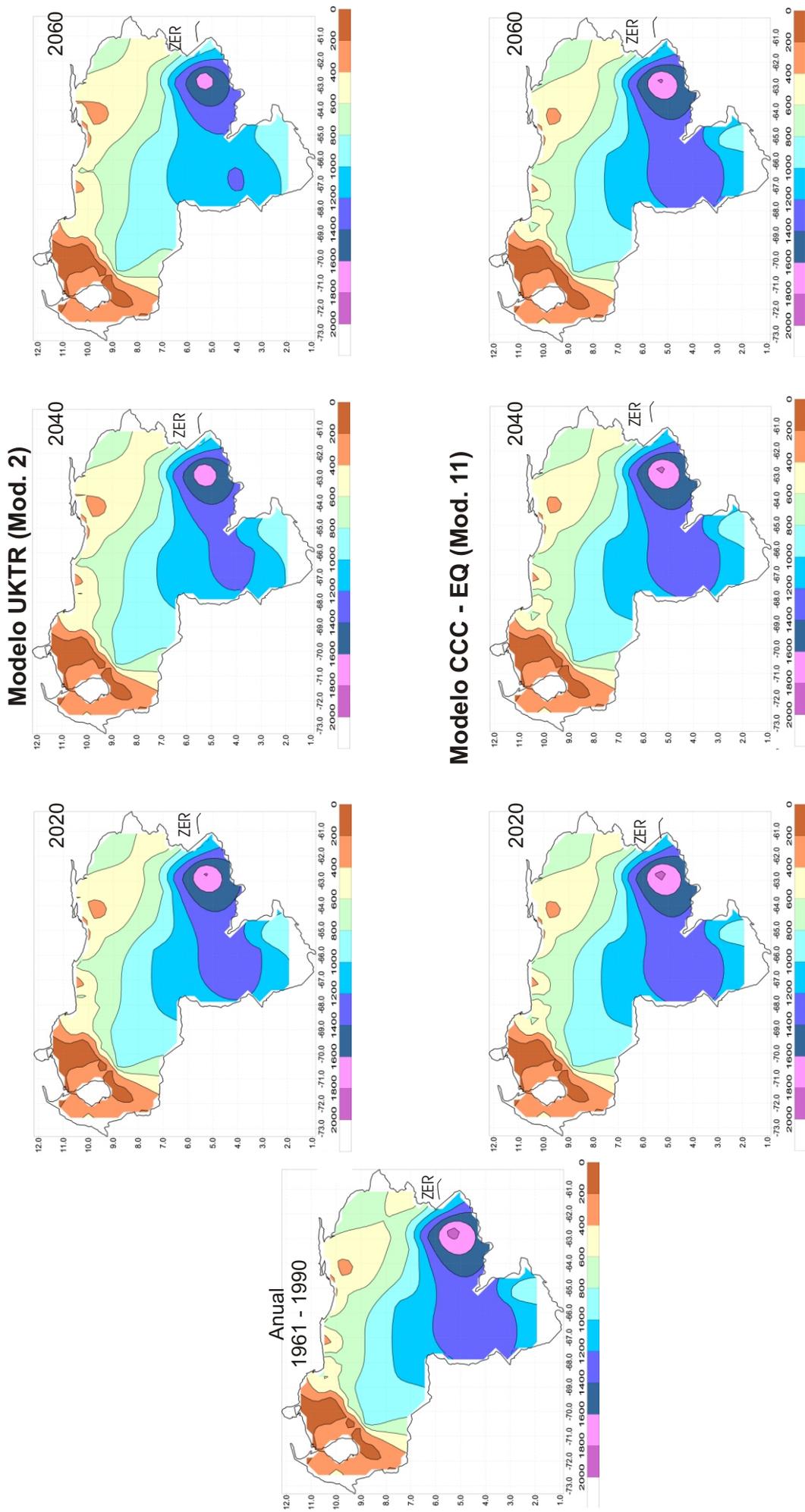


Figura 5.6. Comparación entre la precipitación trimestral Jun-Ago actual (1961-1990) y la precipitación trimestral media futura según los modelos UKTR (Mod. 2) y CCC-EQ (Mod. 11) para el 2060 bajo el Escenario Climático Intermedio (SRES-A2, Sensitividad Climática Media 2,5°C)

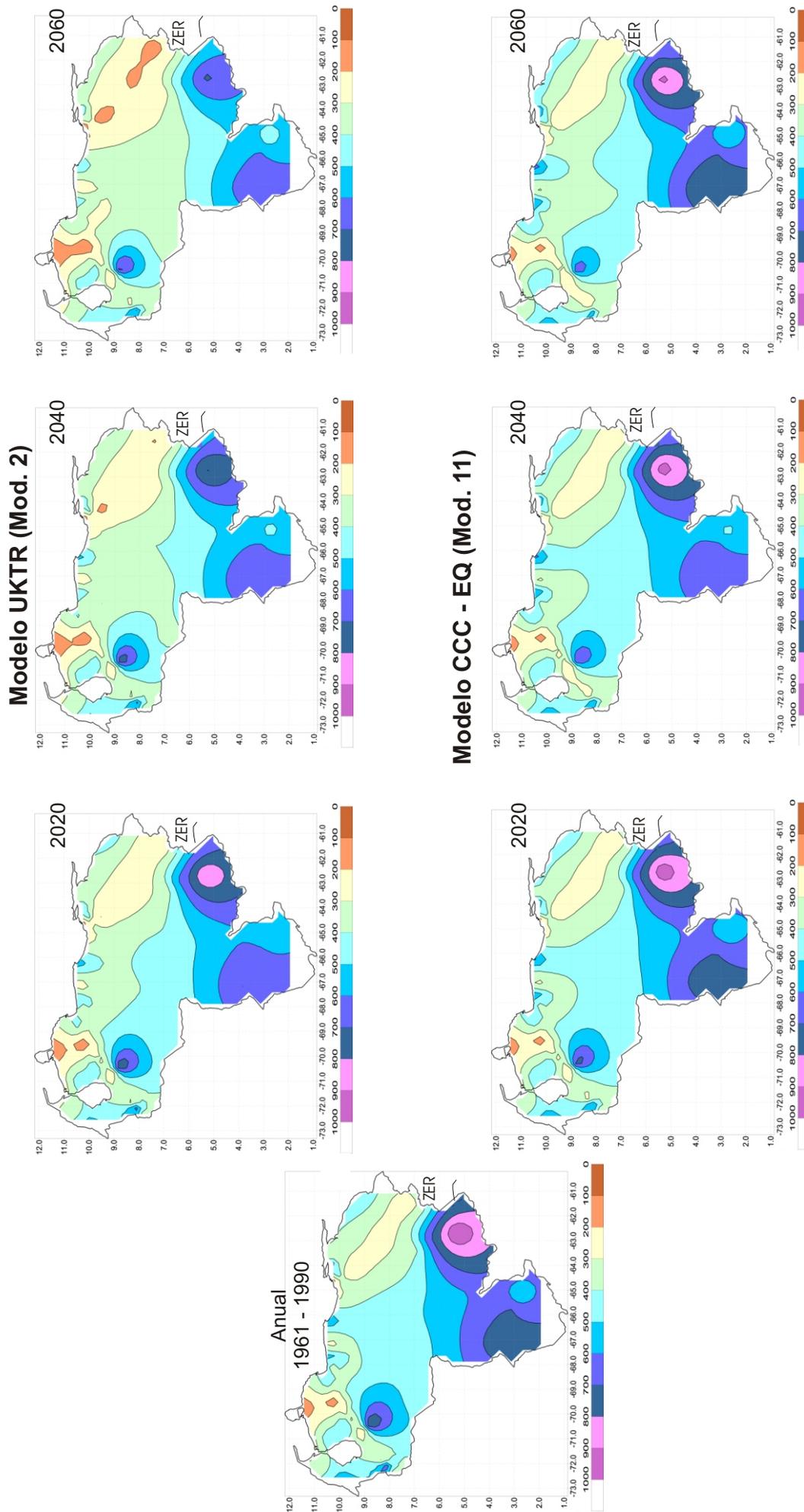


Figura 5.7. Comparación entre la precipitación trimestral Sep-Nov actual (1961-1990) y la precipitación trimestral media futura según los modelos UKTR (Mod. 2) y CCC-EQ (Mod. 11) para el 2060 bajo el Escenario Climático Intermedio (SRES-A2, Sensitividad Climática Media 2,5°C)

### 5.3.3 Cambios en los patrones de tipos climáticos según Thornthwaite

En Venezuela existe una gran variedad de tipos climáticos, lo cual es una de las causas de nuestra enorme biodiversidad. Para este trabajo se utilizó la clasificación de Thornthwaite, que se seleccionó con preferencia a la de Köppen, ya que ésta última se basa principalmente en la temperatura, elemento poco variable espacialmente en el trópico, mientras que Thornthwaite se basa en el régimen hídrico, que presenta mucha variación.

En el país se presenta la gama completa de tipos climáticos de Thornthwaite, de los áridos a los superhúmedos. En la Figura 5.8 se presenta, con base en los Balances Hídricos corridos en las 103 estaciones de precipitación, la distribución actual del Índice Hídrico, que determina el tipo climático. Para el cálculo de los balances se utilizó la evapotranspiración de referencia (ETo) calculada en un grupo de 74 estaciones según la fórmula de PenmanMonteith (Allen *et al*, 1994), tanto para la situación actual (1961-1990) como para las tres futuras (2020, 2040 y 2060), en cuyo caso se utilizaron las

temperaturas futuras obtenidas de los modelos.

Puede observarse que prácticamente toda el área al norte del 9° N, con las excepciones de Barlovento, los valles de Aroa y Yaracuy y parte del Delta, presenta los tres tipos de climas secos (árido, semiárido y subhúmedo seco), que la Convención de las Naciones Unidas para la Desertificación y Lucha contra la Sequía considera como climas críticos. En esta zona tan vulnerable climática y morfológicamente (Cordillera de la Costa y Macizo de Turimiquire), se concentra la mayoría de la población y de las actividades socioeconómicas. A medida que aumenta el número de habitantes, se incrementa la presión sobre el recurso hídrico que es, climáticamente hablando, escaso, por lo que la vulnerabilidad de los sistemas de abastecimiento de agua se ha incrementado significativamente en los últimos años.

En la Figura 5.9 se presenta la distribución espacial de los tipos climáticos en el futuro, según los dos modelos corridos para el Escenario Climático Intermedio.

Nuevamente se nota la influencia diferenciada de los dos modelos: Mod. 2 (UKTR) arroja una afectación significativa del sur y del oriente del país, llegando en el

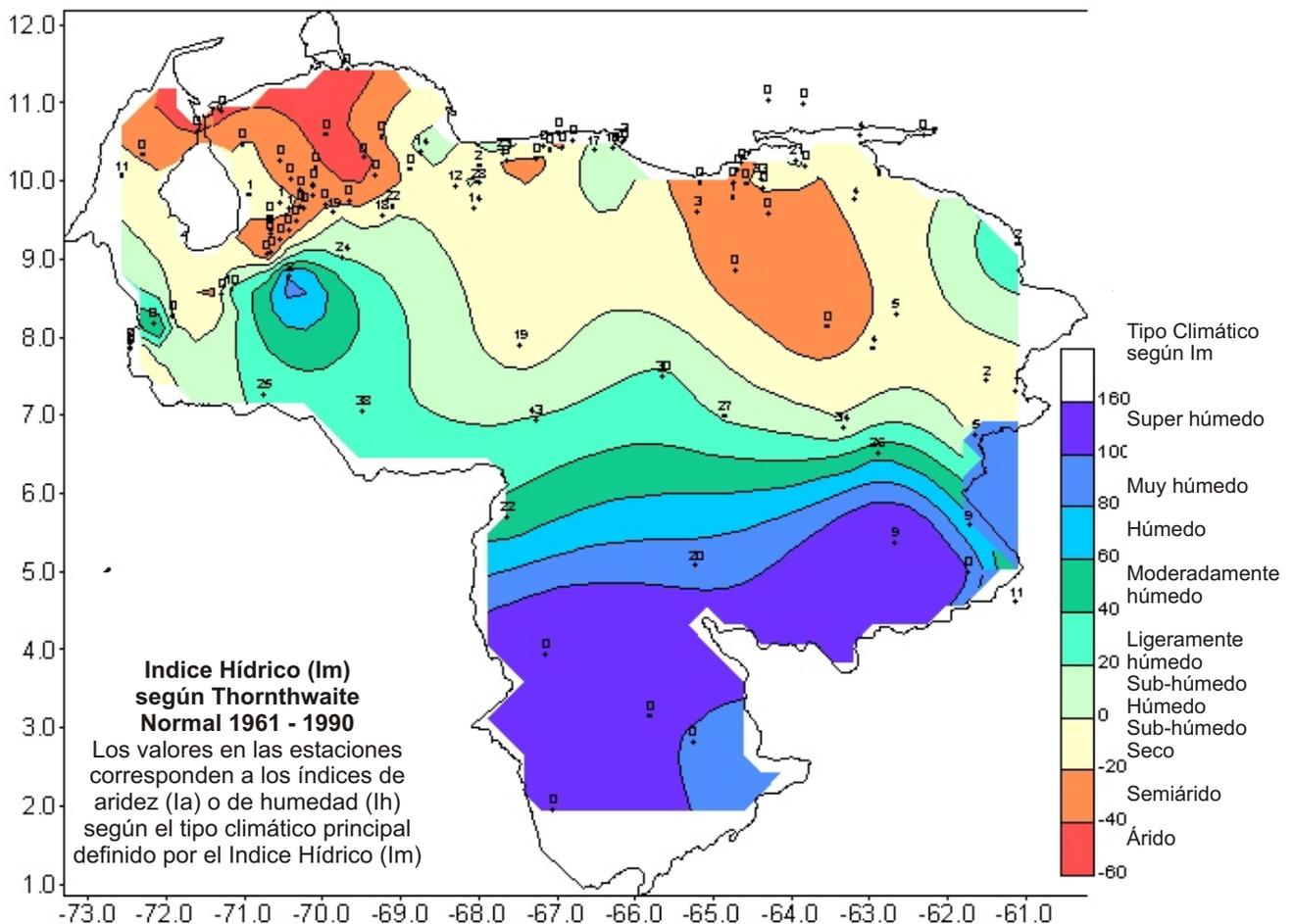


Figura 5.8. Distribución actual (1961-1990) de los tipos climáticos según Thornthwaite.

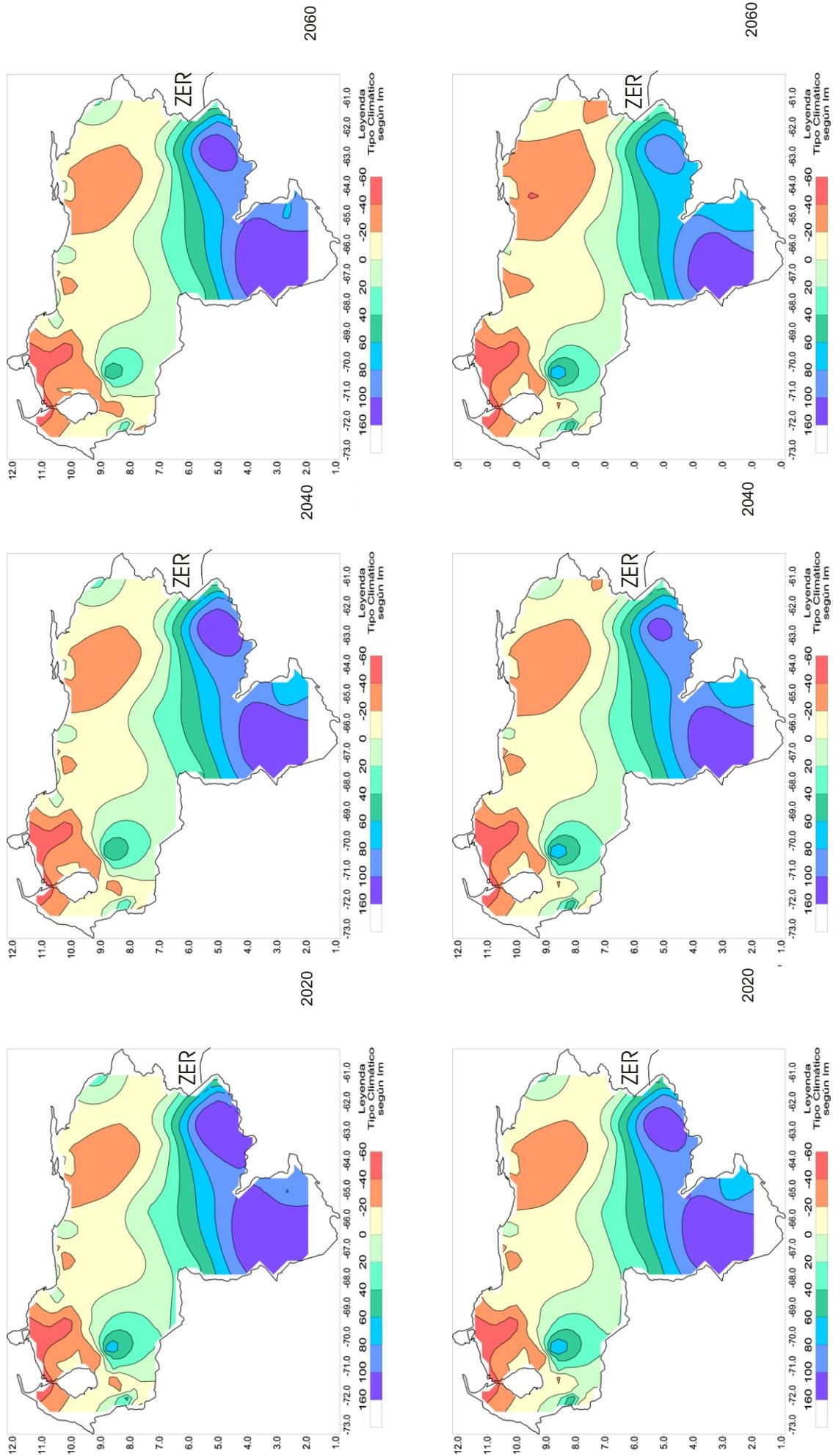


Figura 5.9. Distribución espacial de los tipos climáticos de Thornthwaite según los modelos UKTR (Mod. 2) y CCC-EQ (Mod. 11) para 2020, 2040, 2060, bajo el Escenario Climático Intermedio (SRES-A2, Sensitividad Climática Media 2,5°C).

2060 a cambiar la clasificación de la cuenca del río Caroní de super-húmedo a muy húmedo, y ampliando significativamente el área semiárida de la Cuenca de Unare hacia todos los llanos orientales y el norte de Bolívar. Mod. 11 (CCC-EQ) indica que se afecta más al occidente: se incrementa significativamente el área de Lara-Falcón hasta ocupar los Andes Centrales, y prácticamente desaparece, en el 2060, el área sub-húmeda seca de la costa oriental del Lago de Maracaibo. En la costa central, ambos modelos disminuyen el área sub-húmeda húmeda de Barlovento e incrementan el área semiárida de la Depresión del Lago de Valencia. De un análisis somero de los cambios de la superficie ocupada por cada tipo climático en el futuro respecto a la situación actual, se pudo observar que hoy aproximadamente un 2% del área nacional está ocupada por el clima árido, un 11% por el semiárido y un 26% por el sub-húmedo seco, lo que implica que cerca del 39% del territorio está bajo climas secos, que son más vulnerables a la desertificación. Ambos modelos simulan que hacia el 2060 el porcentaje del territorio nacional bajo los tres climas secos se incrementará a más de 47%.

El cambio de tipos climáticos de sub-húmedos secos a semiáridos es especialmente grave en las zonas agrícolas, ya que en un país del trópico húmedo como es Venezuela, el principal disparador de la desertificación es el mal manejo de las tierras agrícolas. Esta problemática indica la necesidad de tomar medidas de adaptación urgentes en el sector agrícola, ya que la degradación de la tierra tiene enormes implicaciones negativas para el desarrollo sostenible.

### 5.3.4 Cambios en los patrones del número de meses húmedos

Al realizar los Balances Hídricos clásicos (Martelo y Puche, 1997) las características que se usaron fueron: un suelo de 1 m de profundidad, 100 mm de capacidad máxima de almacenamiento y 90% de lluvia efectiva. Aunque éstas no son las características ideales para un balance de cultivos, se puede tener una aproximación de la duración de la época de crecimiento al analizar los meses en los que la Evapotranspiración real es igual a la Evapotranspiración de Referencia ( $ETR = ETo$ ), condición que implica que se cubre el requerimiento máximo de agua del ambiente.

Para este análisis se presentan en la Figura 5.10 los mapas comparativos de la situación actual (1961-1990) con la situación futura, pero sólo en 2060, según los dos modelos del Escenario de Cambio Intermedio. En estos mapas también se observa el comportamiento diferenciado de los dos modelos: el UKTR indica una disminución significativa del área con más de 10 meses húmedos en el sur de Bolívar, y un

incremento significativo del área con menos de 2 meses húmedos en la Cuenca de Unare y costa centro-oriental. Por su parte, CCC-EQ arroja que se afecta mucho más al occidente, extendiendo la zona con menos de 4 meses húmedos a la totalidad de los Andes, incluyendo grandes áreas con una muy severa situación de 2 meses húmedos, sin embargo, en la costa oriental del Lago de Maracaibo aumenta ligeramente el área con 2-4 meses húmedos y disminuye ligeramente el área con menos de 2 meses húmedos. Ambos modelos disminuyen significativamente el área húmeda de Barlovento y, especialmente CCC-EQ, incrementa la superficie de Depresión del Lago de Valencia con menos de 4 meses húmedos al año.

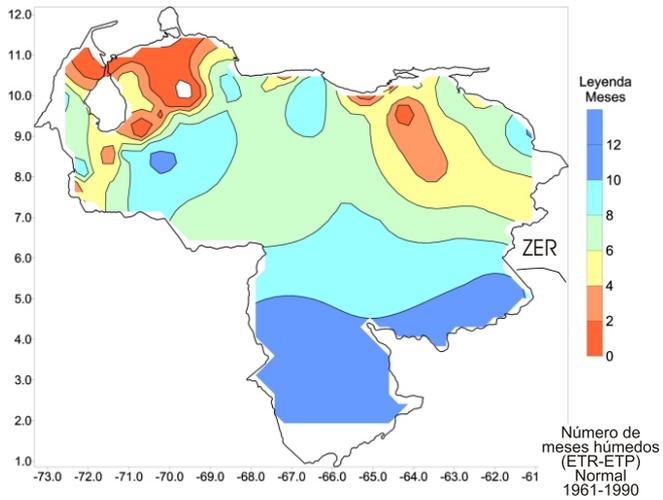
Especialmente grave sería la expansión de la superficie con menos de 4 meses húmedos para los Andes y la Depresión del Lago de Valencia. En los Andes se concentra actualmente el 77% de la producción nacional de café, el 96% de la producción de papa y el 36% de la producción de hortalizas (tomate, cebolla, zanahoria, pimentón y todas las hortalizas de piso alto); por su parte, en los alrededores del Lago de Valencia se produce el 18% de la producción nacional de tomate, y se concentra una enorme proporción de ganado porcino (más del 70% del rebaño nacional) así como más del 60% de los pollos de engorde (Cárdenas, Martelo, García y Gil, 2003).

La redistribución de las áreas con diferentes longitudes de período de crecimiento puede implicar cambios significativos en el tipo de cultivos que actualmente se siembran en cada área (por ejemplo, un incremento en cultivos que utilizan poco agua y resisten sequía) así como en la organización de las labores agrícolas. Asimismo, significa cambios en los patrones y cantidades de riego actualmente utilizados en el país, que deberían modificarse para adaptarse a las nuevas situaciones.

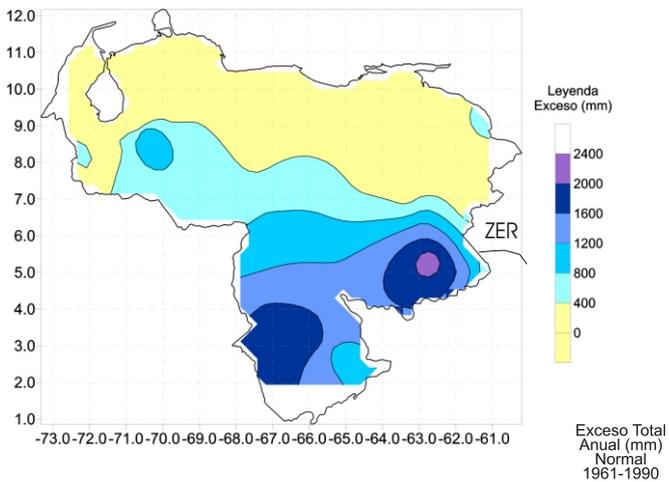
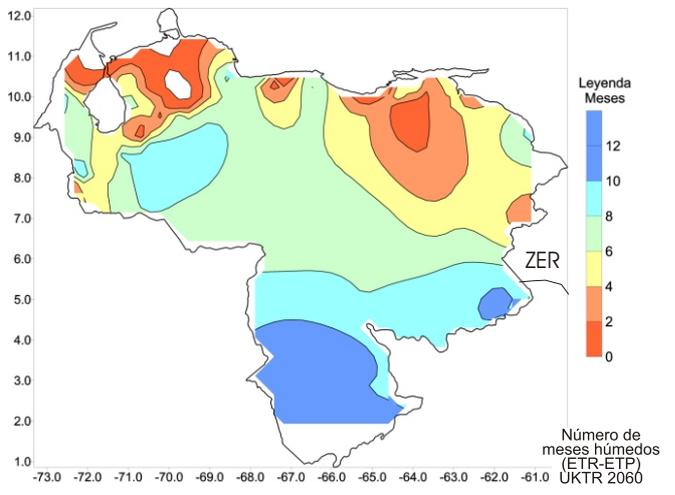
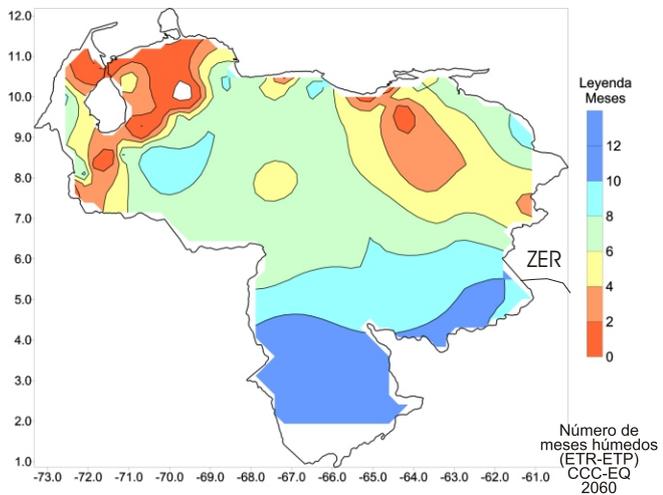
### 5.3.5 Cambios en los patrones de excesos de agua

Dado que los modelos seleccionados simulan en general un futuro más seco y una mayor pérdida de agua por evapotranspiración, es esperable que simulen una disminución de los excesos de agua. En la Figura 5.11 se muestra la distribución espacial del exceso anual para la situación actual (1961-1990) y las situaciones futuras en el 2060, según los dos modelos (el UKTR y el CCC-EQ) para el Escenario Climático Intermedio.

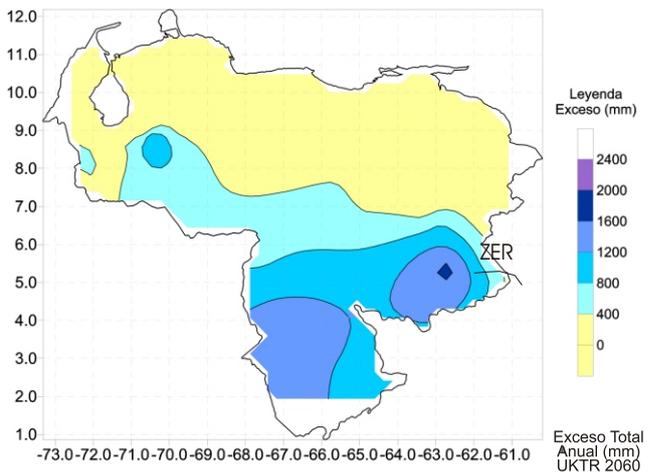
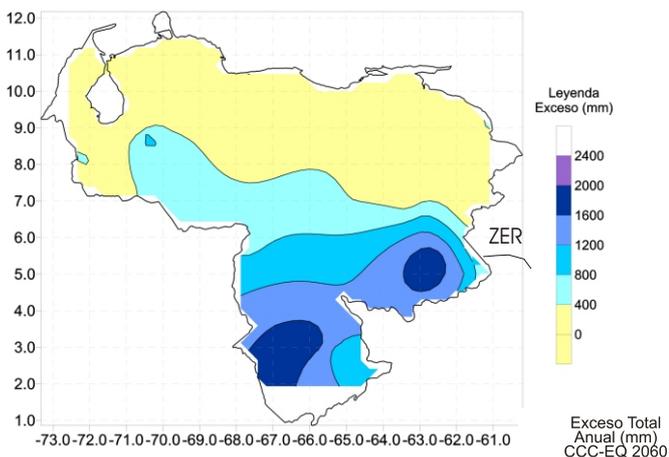
En algunas zonas del país y en algún momento del año, ambos modelos simulan un incremento en la precipitación, y en algunos casos éste es lo suficientemente grande para contrarrestar el incremento de la pérdida de agua ( $ETo$ ), con lo cual simulan un aumento en el escurrimiento. Este es especialmente el caso con el CCC-EQ tanto para la simulación anual como en los trimestres Jun-Ago y Sep-



**Figura 5.10**  
**Número de meses húmedos (ETR = ETP) según los Balances Hídricos promedio actual (1961-1990) y futuros para los modelos UKTR (Mod. 2) y CCCEQ (Mod. 11) para el lapso de 30 años centrado en 2060, bajo el Escenario Climático Intermedio (SRESA2, Sensitividad Climática Media 2,5°C).**



**Figura 5.11**  
**Exceso anual (mm) actual (1961-1990) y futuro según los modelos UKTR (Mod. 2) y CCC-EQ (Mod. 11) para el lapso de 30 años centrado en 2060 bajo el Escenario Climático Intermedio (SRES-A2, Sensitividad Climática Media, 2,5°C)**



Nov en la zona costera al norte de los 10° N. Por esta razón se produjo un detalle del mapa del exceso anual para esta zona, en escala más pequeña, como se muestra en la Figura 5.12.

Puede observarse que hay dos zonas en particular donde el exceso anual aumenta. En primer lugar, hacia centro-occidente, desde la zona oriental de Falcón continuando por la de Yaracuy y Carabobo; cabe destacar que este incremento del exceso se da específicamente en la zona costera, es decir, en la ladera norte de la Cordillera de la Costa, mientras que en la ladera sur, se nota una disminución del exceso. La segunda zona donde aumenta el exceso está en oriente, en el Turimiquire; en este caso, es la ladera sur la que muestra el incremento. Entre ambas zonas, en toda la costa central, no se observan cambios en la ladera norte, mientras en la ladera sur, como en el occidente, disminuye el exceso.

El mayor cambio ocurriría en oriente, donde el exceso anual pasa del rango de 200-250 mm al de 300-350 mm. Si Mod. 11 está representando correctamente el funcionamiento climático en el norte del país, entonces el riesgo de inundaciones repentinas, deslaves y aludes de lodo hacia la Cordillera de la

Costa puede aumentar significativamente.

Por otra parte, la disminución del exceso que simulan ambos modelos en el sur de Bolívar es un elemento muy grave, que puede influir negativamente sobre el caudal del río Caroní, en consecuencia sobre el nivel de la represa de Guri, y en consecuencia sobre la capacidad de generación de energía hidroeléctrica en el primer embalse del país. Sería necesario comenzar a pensar en medidas de adaptación para el manejo de este embalse, ya que cualquier alteración en su funcionamiento compromete la política energética nacional. Sin embargo, dado el nivel de incertidumbre que presentan los modelos globales, el reducido número de modelos analizados y el hecho de que los modelos no incorporen valores reales de la precipitación y variaciones orográficas locales, es necesario, como primera etapa de los procesos de adaptación, profundizar en el conocimiento específico de la cuenca mediante utilización de otros modelos que utilicen grillas de mejor resolución y donde los procesos de downscaling incorporen valores reales medidos en la cuenca y que representen adicionalmente la variación espacial.

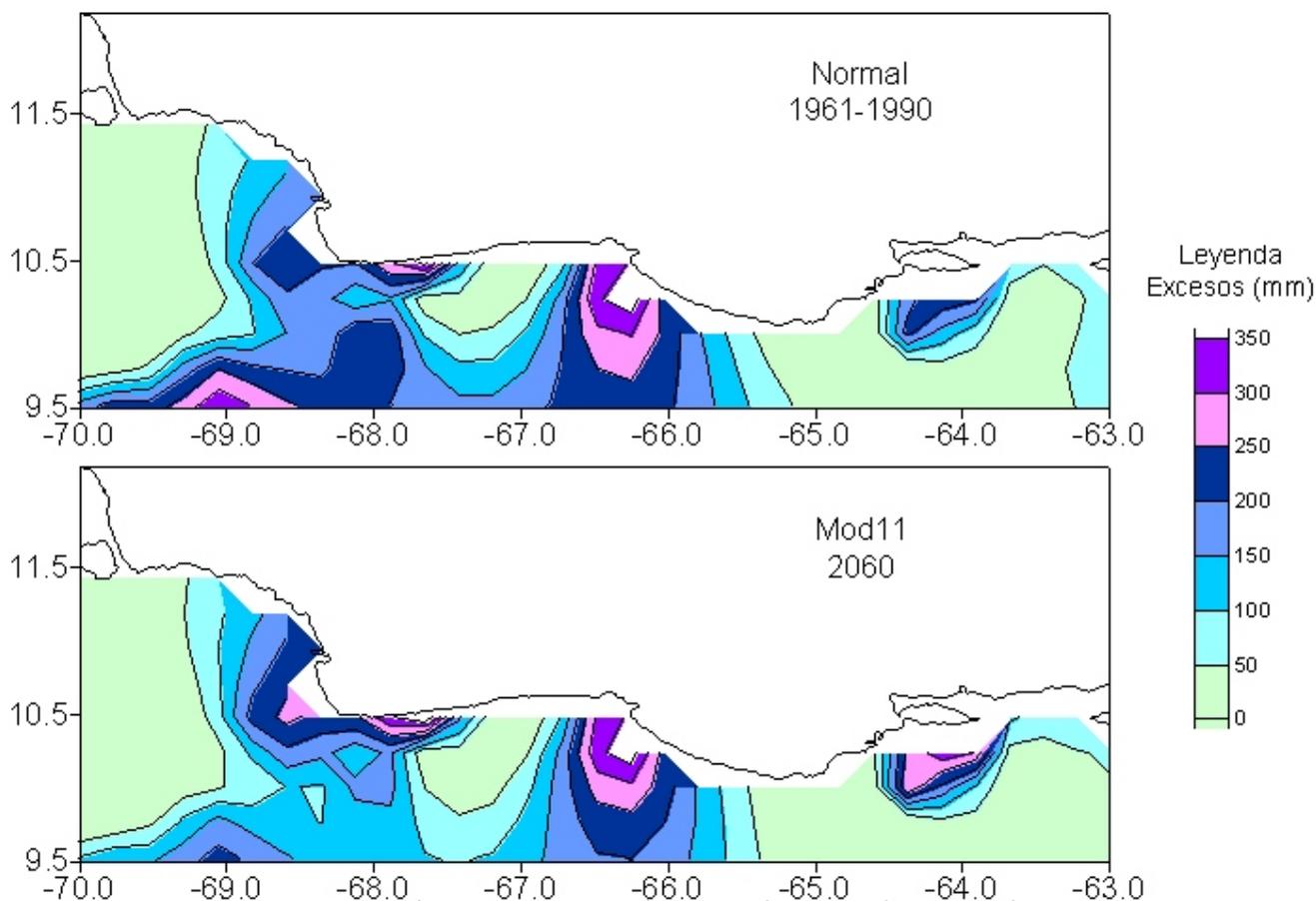


Figura 5.12. Exceso anual (mm) actual (1961-1990) y futuro según los modelos UKTR (Mod. 2) y CCC-EQ (Mod. 11) para el lapso de 30 años centrado en 2060, bajo el Escenario Climático Intermedio (SRES-A2, Sensitividad Climática Media, 2,5°C) Escala ampliada.

### 5.3.6 Medidas posibles de adaptación

Las medidas y/o políticas de adaptación a los cambios en el régimen hídrico cubren un amplio espectro de posibilidades, incluyendo los siguientes aspectos:

- Legales (por ejemplo, normativas de uso del agua, creación de la "policía del agua").
- Económicos (por ejemplo, modificación del precio del agua).
- Fiscales (tanto incentivos como penalizaciones, por ejemplo, a través de impuestos, según se necesiten para garantizar el uso adecuado del recurso agua).
- De ordenamiento territorial (por ejemplo, zonificación de zonas protegidas por ser fuentes de agua).
- De reforzamiento intra e interinstitucional (por ejemplo, lograr el manejo integrado de cuencas).
- Sociales (por ejemplo, organización de las comunidades rurales para la gestión del agua).
- De investigación (por ejemplo, desarrollo de tecnologías más eficientes para recolección, reciclaje, transporte y disposición del agua, cambios en los patrones de uso y manejo del agua, entre otras).
- Construcción de infraestructura.

La adaptación a los cambios en el régimen térmico es un problema mayor, ya que las posibles medidas son más restringidas, y además muchas de ellas implican un mayor uso del agua y energía. En el área agrícola la más importante sería el desarrollo de variedades resistentes al calor, y en los asentamientos urbanos una reorientación del estilo de construcciones, aprovechando el calentamiento-enfriamiento pasivo y aumentando las zonas verdes.

Con relación a los eventos extremos, los tipos principales de medidas de adaptación son por un lado el desarrollo de sistemas de prevención y alerta temprana, lo que implica un desembolso importante en mantener y mejorar las redes de mediciones básicas (climáticas y de otros factores), y por otro lado, el manejo integrado de riesgos, que tiene a su vez relaciones profundas con las actividades de ordenamiento territorial y de preparación para enfrentar desastres.

Las medidas y/o políticas de adaptación a los impactos del Cambio Climático son una necesidad real que deben ser encaradas con urgencia.

### 5.4 Impactos en el sector agrícola

Se realizaron dos evaluaciones donde se analizó de forma cuantitativa, mediante modelos de simulación, el efecto de Cambio Climático sobre los rendimientos de cultivos anuales de importancia a través del análisis de la respuesta simulada según los dos modelos corridos para el escenario climático intermedio. En segundo lugar se realizó un análisis del impacto regional de los cambios climáticos predichos por los modelos UKTR y CCC-EQ sobre los principales

usos agrícolas actuales de cada región, básicamente comparando la precipitación y el número de meses húmedos futuros con los requerimientos de los cultivos y los sistemas de producción más importantes actualmente.

#### 5.4.1 Características de la agricultura y los agroecosistemas de Venezuela

De acuerdo al VI Censo Agrícola (1998) en el país existen 500.979 explotaciones agrícolas, que abarcan 30.071.191,77 ha. El 48% de ellas tiene superficies menores de 5 hectáreas, el 15,03% entre 5 y 10 ha y sólo el 9% tiene áreas superiores a 100 ha. Del aprovechamiento de la tierra a nivel nacional, el porcentaje más alto se ubica en los pastos y forrajes (57% de la superficie agrícola), el componente forestal abarca 30%, los cultivos de ciclo corto el 4,4%, los permanentes y semipermanentes el 3,2%, y las tierras en descanso el 2,2%.

El 94,3% del aprovechamiento agrícola de las tierras se realiza bajo las condiciones naturales del clima, solo el 5,7% del aprovechamiento usa riego; la mayor superficie regada la ocupan el arroz, cereales, la caña de azúcar, las hortalizas y frutales en pisos bajos, premontanos y montanos. El 80% de las tierras regadas usan riego por superficie, el 16% por aspersión y 4% riego localizado.

En Venezuela se estima que existen 7.950.000 ha para agricultura vegetal, 9.280.000 ha para explotación mixta (agricultura vegetal y ganadería), 18.420.000 ha para uso pecuario y 19.460.000 ha para uso forestal. Los estados con más superficie bajo agricultura vegetal son Guárico, Portuguesa y Barinas y en superficie bajo pastos cultivados los estados Zulia, Falcón y Barinas debido a su asociación con la ganadería. Los rubros más importantes de la agricultura vegetal son: cereales (maíz, arroz y sorgo); la caña de azúcar; cacao; café; los frutales; los textiles y oleaginosas; las raíces y tubérculos; los granos leguminosos y las hortalizas.

La agricultura animal está conformada por las ganaderías bovina, porcina, ovina y caprina, y aves. En esta sección se considerará sólo a la ganadería bovina por su alto predominio y ser la mayor demandante de tierras y aguas; en este tipo de ganadería se pueden considerar tres grandes sistemas: extensivo llanero, doble propósito e intensivo.

El sistema extensivo, típico de los llanos venezolanos, se caracteriza por una baja eficiencia reproductiva y una alta mortalidad, relacionadas con el pobre manejo sanitario, las difíciles condiciones climáticas en las cuales se desarrolla y la fuerte resistencia de los productores a la inversión productiva. El sistema de doble propósito provee más del 60% de la leche y más del 40% de la carne para el país; se caracteriza por muy bajos niveles de productividad, la escasez de recursos en las unidades de producción, el predominio de

animales de heterogénea configuración y diferentes niveles productivos, con pobres condiciones de alimentación y manejo; en algunas áreas se observan tendencias de mejoras en la alimentación y el mestizaje. El sistema intensivo se ubica en los valles de las zonas montañosas, así como en algunas zonas de las regiones central, centro occidental y zuliana, con razas un poco más especializadas hacia leche o con un mejoramiento productivo del doble propósito. El rebaño nacional de bovino se estima en 12.000.000 de cabezas, con un porcentaje de ordeño por debajo del 9% y una producción de leche por vaca que apenas supera los 1.000 kg por lactancia; el porcentaje del rebaño que va a matadero por año no llega al 12% y la edad a que llegan los novillos al sacrificio está alrededor de 4 años.

#### 5.4.2 Cambios en los rendimientos

La respuesta de diversos cultivos al clima (actual y futuros) fue evaluada con los modelos DSSAT (Puche, Silva y Warnock, 2004) en cuatro localidades agrícolas de Venezuela. Para ello, se cumplieron las siguientes fases:

- Selección de localidades y cultivos.
- Obtención de información climática actual.
- Generación de la información climática futura.
- Aplicación de los modelos DSSAT a las diversas localidades, con cultivos y manejo representativos en los escenarios climáticos actuales y futuros.

Los cultivos seleccionados fueron maíz (*Zea mays* L.), arroz (*Oryza sativa* L.) y caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) porque representan la base del suministro de carbohidratos y proteínas del venezolano y se cuenta con experiencias de calibración para variedades locales utilizando los programas de DSSAT.

Se seleccionaron las localidades El Tigre, Santa Cruz, Turén y Calabozo según una combinación de los siguientes criterios: a) la importancia agrícola de la zona para los cultivos seleccionados, b) la existencia de información básica climática, de suelos y cultivo, y c) la distribución sobre las diferentes grillas de 5° x 5°.

En el Cuadro N° 5.2 se resumen las características generales de las localidades seleccionadas y en el número de grilla donde se encuentran ubicadas.

En cuanto a condiciones climáticas futuras, se utilizaron las condiciones de precipitación y temperatura simuladas por los modelos UKTR y CCC-EQ, aplicados en el escenario climático intermedio (escenario de emisiones SRES-A2 y sensibilidad media de 2,5°C). En términos generales, estos modelos predicen incrementos de la temperatura promedio y disminución de la precipitación con relación a la situación actual.

Se emplearon valores de precipitación, radiación global, temperatura máxima y mínima de 20 años de registros diarios del periodo 1971-1990, que presentaron, en general, muy pocos datos faltantes.

Para completar las series, se utilizó el generador de datos WGEN de DSSAT (Richardson y Wright, 1984). Para los escenarios futuros se generaron seis nuevas series de datos diarios, con longitud de 20 años cada una, correspondientes a los tres lapsos futuros (2020, 2040 y 2060) para cada uno de los dos modelos. Se consideraron cambios en la precipitación y temperatura, pero no en la concentración de CO<sub>2</sub> ni en la radiación.

En el caso de la precipitación se aplicó la tasa de cambio predicha por los modelos climáticos a cada uno de los días para los 20 años de registro. Para convertir el cambio en la temperatura media (Tmed) estimado por los modelos de Cambio Climático en valores diarios de temperaturas máximas y mínimas, se aplicaron proporciones a los valores actuales. Para ello, se asumió que el incremento de la temperatura mínima (Tmín) es el doble que el de la máxima (Tmáx) (IPCC, 2001a).

Los parámetros fisiológicos requeridos por DSSAT para cada cultivo fueron obtenidos de investigaciones previas realizadas en Venezuela (Álvarez, 2003; Comerma, 1985; Warnock, 1999). Las variedades o híbridos para las evaluaciones fueron seleccionados de acuerdo a la existencia de información nacional sobre sus parámetros fisiológicos y su uso en las localidades de estudio.

El cultivo, de maíz dada su importancia estratégica y económica, fue analizado en las cuatro localidades, la caraota fue analizada sólo en las localidades de Santa Cruz y El Tigre, y el arroz fue analizado en las localidades de Calabozo y Turén. En la localidad de El Tigre, ambos cultivos (maíz y caraota) se simularon bajo riego, y para el arroz se simuló riego complementario en las dos localidades.

Los tres cultivos estudiados presentaron una tendencia similar a lo largo de las condiciones futuras predichas por los dos modelos climáticos; en general los rendimientos mostraron una tendencia decreciente, con mayor expresión en las condiciones climáticas predichas por UKTR (Cuadro N° 5.3). Los modelos no presentaron variaciones significativas en el índice de cosecha, y éste se mantuvo alrededor de 0,3 en maíz, de 0,4 en caraota y 0,5 en arroz.

En términos de valores, ello representa para el 2020, dependiendo de la localidad disminuciones entre 116 y 204 kg/ha en maíz, entre 42 y 240 kg/ha en caraota y entre 493 y 494 kg/ha en arroz.

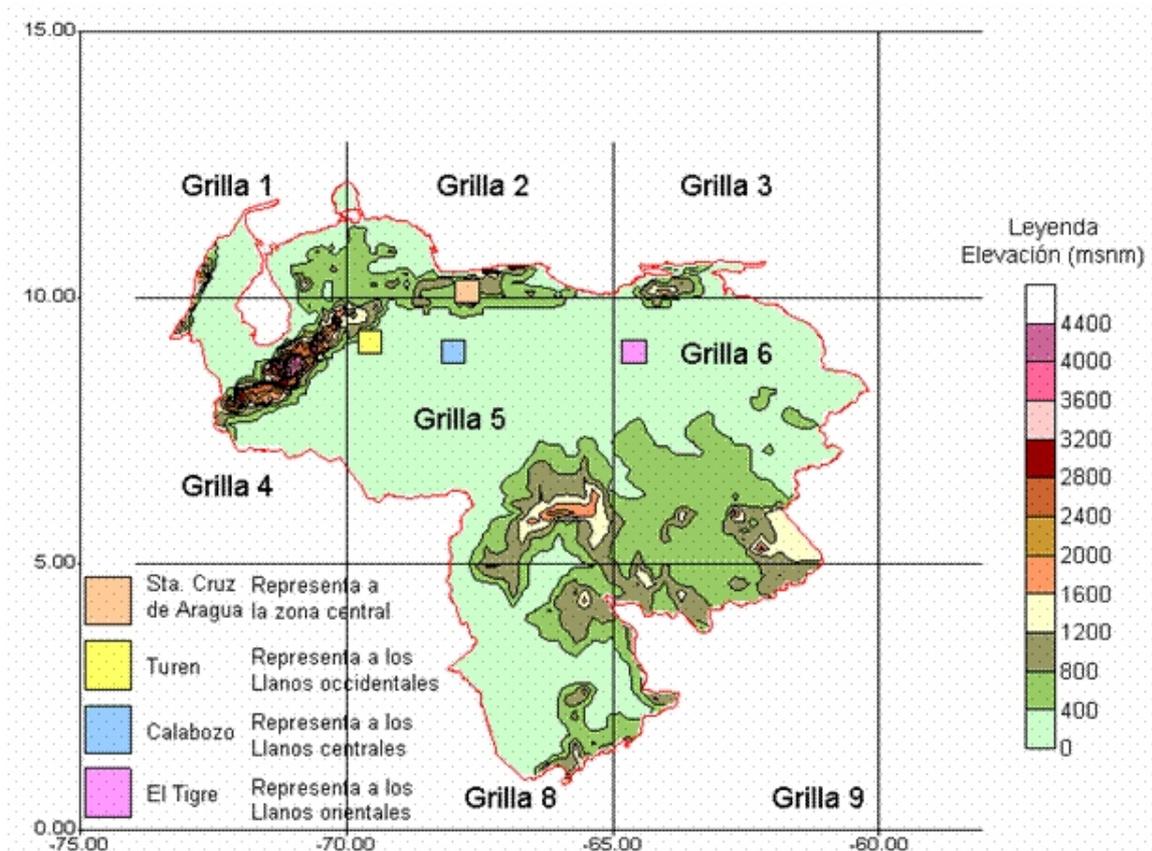
Los incrementos en la temperatura mínima parecen ser el factor principal en las reducciones de los rendimientos (incluso en las localidades donde se simularon los cultivos bajo riego se obtienen menores rendimiento futuros), mientras que las variaciones en precipitación, y otras variables asociadas al balance hídrico, afectarían en poca medida el rendimiento de los cultivos. Las reducciones de rendimiento pueden obedecer principalmente al incremento de las

**Cuadro N° 5.2**  
**Características generales de las localidades seleccionadas**  
**para la evaluación del impacto del Cambio Climático en el sector agrícola**

Localidad	Estado	Estación climatológica	Serial	Latitud	Longitud	Altura (msnm)	Grilla
El Tigre	Anzoátegui	El Tigre-CIA-Guanipa	3715	8°52'	64°13'	265	6
Santa Cruz	Aragua	Santa Cruz Edafológica	0417	10°10'	67°29'	444	2
Calabozo	Guárico	Biológica de Los Llanos	3400	8°53'	67°19'	86	5
Turén	Portuguesa	Colonia Turén IAN	2277	9°15'	69°06'	275	4

**Cuadro N° 5.3**  
**Reducciones en los rendimientos de los cultivos para los períodos 2020 y 2060**  
**con relación al período actual (promedio 1960-1990)**

	2020	2060
Maíz	2,3 a 4,4 %	6,2 a 12,0 %
Caraota	2,2 a 13,4%	8,7 a 43,2%
Arroz	3,1 a 4,4 %	7,6 a 11,8 %



**Fig. 5.13. Ubicación espacial de las localidades seleccionadas**  
**para la evaluación del impacto del Cambio Climático en el sector agrícola**

pérdidas por respiración debido a las temperaturas nocturnas más elevadas. Destaca que la sensibilidad de los cultivos ante cambios en el clima fue diversa según la localidad y los modelos climáticos. Para maíz con CCC-EQ, las variaciones de rendimiento entre localidades fueron más homogéneas que con UKTR. Para la caraota, las variaciones porcentuales entre localidades son mayores: en El Tigre, de acuerdo a los dos modelos y lapsos de tiempo, habrá mayor impacto de los cambios climáticos que en Santa Cruz. Para el arroz, Turén, con rendimientos actuales ligeramente menores que los de Calabozo, presenta reducciones de rendimientos ligeramente mayores. En general, UKTR estimó mayores variaciones durante el ciclo de los cultivos que CCC-EQ.

Los modelos de cultivo empleados atribuyen reducciones de los rendimientos a la reducción del ciclo, disminución de la tasa de fotosíntesis, incremento de la tasa de respiración debido al incremento de temperatura, especialmente las nocturnas, déficit de agua y cambios en índice de cosecha.

#### 5.4.3 Cambios en el uso de agua

El comportamiento de la evapotranspiración acumulada potencial (ETCP) y real (ETCR), y el déficit hídrico durante el ciclo de cultivo (ETCP - ETCR) presenta diferencias entre modelos, cultivos y localidades, aunque en general, las variaciones en el

futuro con relación al lapso actual son pequeñas (Cuadro N° 5.4).

Las disminuciones en evapotranspiración acumulada potencial son explicables por el acortamiento del ciclo de los cultivos, ya que equivalen a la evapotranspiración de uno a tres días, similares a las reducciones predichas en la duración de los ciclos. Las disminuciones en evapotranspiración acumulada real se deben, además, a la reducción en la disponibilidad de agua por disminución de la precipitación.

En cuanto al déficit, no se puede generalizar una tendencia. En todos los casos las variaciones del déficit son pequeñas, para el 2020 representan diferencias iguales o inferiores a 2 mm con relación al lapso actual. Para el 2060 representa incrementos de hasta 6,9 mm. Considerando los valores de evapotranspiración acumulada y las duraciones del ciclo, esto representa la demanda de agua de menos de dos días.

#### 5.4.4 Cambios en la duración del ciclo de cultivos prioritarios y de los periodos de crecimiento

Aunque los modelos mostraron diferencias en las temperaturas simuladas, la longitud del ciclo y el tiempo a floración se redujeron muy ligeramente (Cuadro N° 5.5).

Para maíz y arroz, la longitud del ciclo (días desde la siembra hasta la madurez fisiológica), presenta disminuciones menores a 8% en el 2060 con ambos modelos, esto puede explicarse debido al incremento

**Cuadro N° 5.4**  
Variaciones en las variables relacionadas con el uso del agua de los cultivos para los periodos 2020 y 2060 con relación al periodo actual

		Actual (mm)	Variación (%)	
			2020	2060
Maíz	ETCP	432 a 476	-0,6 a -1,9	-2,4 a -4,9
	ETCR	402 a 439	-0,5 a -2	-3,1 a -5,1
	Déficit	22 a 38	-1,4 a 6,4	-2,4 a 8,6
Caraota	ETCP	300 a 312	0,4 a 0,9	1,4 a 4
	ETCR	228 a 260	-0,3 a 0,8	-0,9 a 2,4
	Déficit	39 a 83	-0,2 a 5,1	-2,6 a 16,7
Arroz	ETCP y ETCR <sup>1</sup>	500 a 541	-1,3 a -2,3	-2,9 a -4,3

1. No existe debido al uso de riego complementario en todas las simulaciones

**Cuadro N° 5.5**

**Reducciones en la longitud del ciclo de los cultivos para los períodos 2020 y 2060 con relación al período actual**

Cultivo	2020	2060
Maíz	1,8 a 2,7%	5,4 a 6,9%
Caraota	0 a 0,3%	0,3 a 0,6%
Arroz	2,3 a 3,1%	5 a 6,6%

de la temperatura, que acelera los procesos de desarrollo del cultivo. En caraota, se presentan reducciones más pequeñas que en maíz, y en todos los casos inferiores a 1%. Estas variaciones porcentuales representan para el 2020, menos de 3,8 días en maíz, menos de 1 día en caraota y menos de 4,2 días en arroz. Igualmente, en todos los cultivos, las reducciones en el tiempo a floración son pequeñas e inferiores a 2 días en el 2020.

Entre los análisis realizados para los sistemas de producción, se estimaron las longitudes de los períodos de crecimiento y húmedo según la metodología de la FAO para las situaciones actual (1961-1990) y futuras (2020, 2040 y 2060). En general, se observan mayores disminuciones en la longitud del período húmedo ( $P > E_{To}$ ) que en la del período de crecimiento ( $P > \frac{1}{2} E_{To}$ ). En las regiones agrícolas al norte del país, los resultados del CCC-EQ (Mod. 11) son opuestos a los del UKTR (Mod. 2); recuérdese que para el primero aumenta la precipitación ligeramente.

Los resultados para la región centro norte del país indican que en la condición actual el período húmedo es de 46 días, pero Mod. 11 simula dos períodos de duración mayor. Esta condición no es muy aceptable para el desarrollo de los cultivos, especialmente los de ciclo largo (o perennes), como la caña de azúcar, los cítricos y las musáceas (plátano y cambur), ya que la suplencia de agua no es continua sino repartida en dos ciclos o períodos. Para el caso del Mod. 2, la situación es más drástica, ya que el período de crecimiento se reduce un poco más que para el modelo anterior y además no se presenta un período húmedo.

Para la zona nor-oriental, en la condición actual el período húmedo es de 27 días, y nuevamente Mod. 11 simula un período húmedo más prolongado (103 días) y según Mod. 2 no se presenta un período húmedo. Esto afectaría a los cultivos de la zona, tales como la caña y los cítricos, dentro de los estudiados.

En la región andina los resultados se invierten, como consecuencia de que es Mod. 11 el que más afecta a dicha zona. Según este modelo se acortan tanto el período de crecimiento como los dos húmedos correspondientes al patrón bimodal de precipitación en el área. Esta situación no afectaría marcadamente

a los cultivos hortícolas y la papa, ya que son de ciclo corto, pero si el plátano, cuyo ciclo vegetativo es de 12 meses. Mod. 2 simula un período de crecimiento más prolongado y sus períodos húmedos tienen una duración semejante a la condición actual, mejorando así las condiciones para el desarrollo de cultivos de ciclo largo (como el plátano).

En los llanos centrales y en la región oriental, ambos modelos simulan una disminución de los períodos de crecimiento y húmedo, aunque esta disminución no es significativa. Los cultivos anuales, tales como tabaco, maíz, hortalizas y arroz, no se verían afectados por esta reducción.

**5.4.5 Cambios en los rendimientos e impactos en los principales sistemas de producción**

Aunque las disminuciones en los rendimientos promedio de los cultivos sean pequeñas, es conveniente obtener aproximaciones sobre su impacto en la producción nacional. Como un estimado del efecto que el Cambio Climático ocasionaría sobre los rendimientos y, consecuentemente, sobre la producción nacional de los cultivos en estudio, en el Cuadro N° 5.6 se muestran los valores resultantes de aplicar la mayor reducción porcentual estimada por los modelos de cultivo a los rendimientos promedio reportados en las estadísticas agrícolas del país (IESA, 2003a y b). Para el lapso 2020, se obtienen diferencias en la producción nacional alrededor de 38.000 Mg para el maíz, 2.000 Mg para caraota y 29.000 Mg.

Para analizar el impacto a nivel de la distribución geográfica de los cultivos, se elaboró el mapa de uso actual de la tierra que fue utilizado conjuntamente con los mapas de la precipitación anual para los años 2020, 2040 y 2060. De la comparación de ambas mapas se evidencia en forma general un futuro más seco, y son claramente distinguibles las zonas del país en las cuales se produciría el mayor impacto sobre las áreas de uso agrícola. Estas son: la zona Occidental del país (Zona I), donde el área con déficit hídrico de acuerdo al modelo CCC-EQ, aumenta de 3.700.000 ha a 4.500.000 ha; la región Nor-Centro-Occidental (Zona II), en la cual el área con déficit hídrico según el modelo UKTR crece de 1.000.000 ha a 4.700.000 ha; la región Nor-

**Cuadro N° 5.6**  
**Estimación de las reducciones en los rendimientos y producción**  
**según las estadísticas nacionales y las predicciones para el 2020**

Cultivo	Rendimiento promedio nacional (Mg/ha) <sup>1</sup>	Producción total promedio anual (Mg) <sup>1</sup>	Reducción simulada de rendimientos en 2020 (%)	Rendimiento estimado en 2020 (Mg/ha)	Producción estimada en 2020 (Mg)	Diferencia de producción (Mg)
Maíz	3,0	872.483	-4,4	2,9	834.094	38.389
Caraota	0,8	16.924	-13,4	0,7	14.656	2.268
Arroz	4,5	654.492	-4,4	4,3	625.694	28.798

Oriental, (Zona III) donde la zona con déficit hídrico de acuerdo al UKTR crece de 4.600.000 ha a 9.000.000 ha; la zona Oriental (Zona IV), donde la superficie con déficit hídrico de acuerdo al UKTR, se incrementa de 500.000 ha a 1.300.000 ha. Las características y el uso agrícola de las zonas afectadas es el siguiente:

#### **Zona: Oriente**

Esta región comprende los estados Sucre, Monagas (Norte: Caripe, Caripito y Maturín, específicamente, el valle del río Guarapiche; y Sur: Anzoátegui, Delta Amacuro, y Bolívar). De acuerdo al mapa de zonas frágiles de Venezuela (Rodríguez y Rey, 2004) en la actualidad destacan:

Zonas secas (Precipitación anual < 700 mm) planas y onduladas en el estado Sucre y Norte del estado Monagas, donde las limitaciones principales son la erosión y la salinidad de los suelos.

Zona Sub-húmeda (Precipitación anual entre 700 y 1800 mm) no inundable infértil en las zonas centrales y sur de Anzoátegui y Monagas y norte del Estado Bolívar; donde además de los problemas de la baja disponibilidad de nutrientes existen problemas de erosión, riesgos de contaminación química y degradación de la biomasa vegetal.

Zonas Húmedas (Precipitación anual > 1800 mm) en el área del Delta donde se presenta anegamiento durante todo el año, condición que les permite mantener una reacción neutra y la ocurrencia de usos de la tierra acorde sus atributos; el drenado de estos suelos haría que se tornarían en fuertemente ácidos, imposibilitando su uso agrícola. Adicionalmente, la Zona Húmeda comprende también el estado Bolívar donde predominan los suelos de baja fertilidad, suelos ácidos, hay degradación biológica y pérdida de la biodiversidad.

#### **Zona: Cuenca de Unare**

Esta región comprende los estados Guárico, Miranda y Norte de Anzoátegui. Los rubros que se verían más afectados por el cambio del régimen hídrico son los pastizales y la ganadería de doble propósito. Esta zona está prevista a reducir su precipitación del orden de 1200 hacia los 800 mm, por ello, los frutales y

pastizales que allí se cultivan con riego de represas y del río, tendrán un aumento de su demanda; cultivos como la Caña se verán restringidos por el agua. Así mismo el pastoreo de leguminosas como el cují, tendría que hacerse más racional.

#### **Zona: Centro Occidente**

Esta región está dividida en tres áreas. La primera comprende los estados Vargas, Distrito Capital, Aragua, Carabobo, Miranda, norte de Guárico. La segunda está delimitada por el sur del estado Carabobo y la tercera se ubica en el estado Yaracuy. De acuerdo al mapa de zonas frágiles de Venezuela (Rodríguez y Rey, 2004) en la actualidad destacan:

Zonas subhúmedas fértiles e infértiles de la Cuenca de Unare y los estados Guárico, Cojedes y Yaracuy. En ellos hay áreas con suelos fértiles con problemas de degradación física (sellado, encostramiento, compactación) y áreas con suelos de baja fertilidad, donde además de los problemas de la baja disponibilidad de nutrientes existen problemas de erosión, riesgos de contaminación química y degradación de la biomasa vegetal

Zonas de Montaña en la Cordillera de la Costa. En esta zona predominan alturas entre 500 y 1000 msnm. Los problemas más comunes son la erosión y los riesgos de contaminación por agroquímicos. Esta zona por lo general es subhúmeda con precipitaciones que están entre los 700 y 1800 mm.

#### **Zona: Occidente** (Cuenca del Lago de Maracaibo y Andes)

Esta zona está conformada por dos regiones: la Costa Oriental del Lago y Sur del Lago. La primera conformada por la parte oriental del estado Zulia y parte de Trujillo, la segunda por el sur del Zulia, Táchira y piedemonte andino de Apure y Barinas. De acuerdo al mapa de zonas frágiles de Venezuela (Rodríguez y Rey, 2004) en la actualidad destacan:

Zonas de Montaña: en los Andes, donde predominan fundamentalmente alturas entre 500 y 3000 msnm. Los problemas más comunes son la erosión y los riesgos de contaminación por agroquímicos. Esta zona por lo general es subhúmeda con precipitaciones que están entre los 700 y 1800 mm.

Zonas húmedas: con precipitaciones superiores a 1800 mm, con suelos ácidos de baja fertilidad, y los problemas fundamentales son la degradación biológica y pérdida de la biodiversidad. Existen áreas húmedas tropicales con suelos de moderada a alta fertilidad; los problemas más comunes en estas zonas están relacionados con mal drenaje y la degradación física de los suelos.

Zonas subhúmedas de suelos fértiles en la Costa Oriental del Lago con problemas de

degradación física (sellado, encostramiento, compactación).

Zonas Inundables: Ubicadas en el Sur del Lago de Maracaibo (áreas de pantanos) y localizadamente en la Costa Oriental del Lago, con precipitaciones entre 700 y 1800 mm. En estas zonas el principal problema se presenta por la pérdida de la diversidad de la fauna.

En el Cuadro Nº 5.7 se resumen los impactos sobre los principales sistemas de producción agrícola en el país.

**Cuadro Nº 5.7**  
**Impacto del cambio del régimen hídrico por regiones y rubros agrícolas**

<b>ZONA DE IMPACTO: Oriente</b>				
<b>Estados afectados</b>		<b>Descripción del impacto</b>	<b>Rubros afectados</b>	<b>Posibles impactos a usos actuales</b>
Sucre		En la zona se observa un aumento del área afectada, en la cual disminuirá el rango de precipitación de 1.200–1.600 a 800–1.200 mm/año, extendiéndose hacia las áreas de importancia agrícola.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Cacao, caña, café, coco, frutales (mango, cambur) y yuca.</li> <li>✓ Hortalizas solanáceas</li> <li>✓ Agricultura de subsistencia</li> </ul>	
Norte de Monagas	Caripe y Caripito		<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Café, naranja, cacao</li> <li>✓ Hortalizas de hoja</li> <li>✓ Agricultura de subsistencia</li> </ul>	Pudiera crearse conflicto con las ciudades por el agua, los sistemas de riego pudieran verse afectados por la deficiencia de agua.
	Maturín (Valles de Guarapiche)	Zona marginal desde el punto de vista hídrico. La precipitación en el área afectada disminuirá de 800-1.200 a 400-800 mm/año.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Palma africana, cultivos anuales área de los Valles.</li> <li>✓ Tabaco bajo riego</li> <li>✓ Hortalizas de piso con riego.</li> <li>✓ Mango y limas.</li> <li>✓ Agricultura de subsistencia</li> </ul>	
Sur de Monagas		En esta zona hay una disminución de la precipitación de 800-1200 a 400–800 mm/año	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Mandioca (Yuca), Pino (500.000 ha), Pastizales y Pastos introducidos los cuales son como un 20%.</li> <li>✓ Agricultura de subsistencia</li> </ul>	Las siembras de yuca de media /alta tecnología se pudieran ver afectadas por la falta de agua.
Anzoátegui		La zona de menor precipitación de alrededores de Anaco se expande hacia las Mesas en el Tigre. La zona pasará de 800–1200 a 400–800 mm/año. En el área, muy pequeña, al norte de El Tigre (Aguasay, Anaco)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Pastizales, semillas, frutales rastreros (melón, patilla)</li> <li>✓ Ganadería</li> <li>✓ Yuca</li> <li>✓ Agricultura de subsistencia</li> </ul>	La demanda de riego por cultivos va a aumentar.

<b>ZONA DE IMPACTO: Oriente</b> (Continuación)			
<b>Estados afectados</b>	<b>Descripción del impacto</b>	<b>Rubros afectados</b>	<b>Posibles impactos a usos actuales</b>
Delta	La disminución es muy poca, de 1.600–2.000 pasa a 1.200–1.600 mm/año	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Arroz, pasto.</li> <li>✓ Plátano en pequeñas áreas sin fines comerciales.</li> <li>✓ Agricultura de subsistencia</li> </ul>	Los cultivos dependen más del nivel de agua de los caños; aquí el problema sería el agua del mar, por la influencia de la cuña salina la cual pudiera afectar a la zona.
Bolívar	Zona Norte, se va a afectar con una disminución de las precipitaciones de 1200–1600 pasa 800–1200 mm/año. La principal zona productora, La Paragua. No se presentan grandes cambios al Sur en ninguno de los dos modelos, zonas de 2600 mm pasan a 1.600–2.000 mm/año.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Maíz, frutales, pequeñas plantaciones de eucalipto (Al norte de Caroní)</li> <li>✓ Maíz en la Paragua.</li> <li>✓ Tomate</li> <li>✓ Yuca y Ñame</li> <li>✓ Agricultura de subsistencia</li> </ul>	No se describe ningún impacto.
<b>ZONA DE IMPACTO: Cuenca de Unare</b>			
<b>Estados afectados</b>	<b>Descripción del impacto</b>	<b>Rubros afectados</b>	<b>Posibles impactos a usos actuales</b>
	Aparentemente va a expandirse el área de menor precipitación, pasará de 1.200–1.600 a 800–1.200 mm/año, se va acentuar la sequía en la Cuenca del Unare. Es una de las zonas que tiene alta cantidad de embalses (Aprox. 15).	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ganadería doble propósito</li> <li>✓ Pastizales</li> <li>✓ Agricultura de subsistencia</li> </ul>	La demanda de agua por los pastizales pudiera verse afectada.
<b>ZONA DE IMPACTO: Centro-occidente</b>			
<b>Estados afectados</b>	<b>Descripción del impacto</b>	<b>Rubros afectados</b>	<b>Posibles impactos a usos actuales</b>
Aragua, Carabobo, Miranda, Norte de Guárico y Vargas	Es una zona de 800–1.200 que abarca la zona costera de Vargas, Aragua y Carabobo (Puerto Cabello). La zona donde existían precipitaciones de 1.600–2.000 desaparecerá y dominará el rango de 800–1.200 mm/año, de acuerdo al Modelo UKTR. Se expendirá al Norte de Guárico (San Juan de los Morros y Sur de Aragua). Esta zona se verá afectada por la expansión hacia el Sur. Llegando hasta Calabozo y por el Occidente se une a la zona más seca del estado Lara, afectando al estado Yaracuy.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Cacao (bajo riego en la Costa)</li> <li>✓ Plátano.</li> <li>✓ Caña.</li> <li>✓ Cambures, semillas (Cereales), frutales. (En los valles de Aragua)</li> <li>✓ Pimiento, tabaco, tomate y hortalizas (en la zona de vega de río Guarico)</li> <li>✓ Zona de pastizales del Sur de Aragua y Norte de Guarico.</li> <li>✓ Agricultura de subsistencia</li> <li>✓ Granjas avícolas (Carabobo)</li> </ul>	<p>Esta zona no cambia de régimen lo que hace es que se expande. Por lo que la zona bajo riego pudiera competir con el turismo. Se tendrán que buscar cambios en sus sistemas de riego (más eficientes).</p> <p>La producción de pollos en Carabobo se puede ver afectada por el incremento de temperatura.</p> <p>En Guárico se verán afectada las suplencias de agua de los embalses Camatagua y el propio Guárico.</p>
Sur de Carabobo	Áreas con precipitación de 1.200–1.600 pasan a 1.200 – 800 mm/año	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Cítricas</li> <li>✓ Caña</li> <li>✓ Hortalizas</li> <li>✓ Agricultura de subsistencia</li> </ul>	La zona se verá afectada por las sequías, se observa expansión del área de menor precipitación

<b>ZONA DE IMPACTO: Centro-occidente (Continuación)</b>			
<b>Estados afectados</b>	<b>Descripción del impacto</b>	<b>Rubros afectados</b>	<b>Posibles impactos a usos actuales</b>
Yaracuy (Bajo Yaracuy: San Felipe-Mcpio. Veroes-Manuel Monje)	Zona de 1.200–1.600 pasa a 800-1.200 mm/año	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Caña (Central Santa Clara)</li> <li>✓ Musáceas</li> <li>✓ Cítricos</li> <li>✓ Pastizales</li> <li>✓ Agricultura de subsistencia</li> </ul>	<p>Pudiera disminuir también el agua freática, tendiendo a disminuir la siembra de cultivos de mayor demanda de agua como la caña.</p> <p>El incremento de la temperatura provocaría la desaparición del cultivo de caña de la zona.</p> <p>La tierra se dedicaría a cultivos o actividades económicas más rentables.</p> <p>Siembra de variedades y/o especies resistentes a sequía; uso de métodos de riego menos exigentes en agua: goteo, chorrillo.</p>
Yaracuy Medio (Municipios Bruzual, José Antonio Páez, Peña, Urachiche)	La precipitación de 1.200–1.800 (Chivacoa-Yaritagua) pasa a 900 a 1.200 mm/año	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Maíz y ahora también sorgo.</li> <li>✓ Caña azucarera (río Turbio)</li> <li>✓ Secundarios: Quinchoncho frijol, caraota,</li> </ul>	Disminuiría la siembra de cultivos de mayor demanda de agua como la caña. La caña está en el límite de temperatura. Se incrementaría la siembra de cultivos menos exigentes en agua como sorgo, frijol y quinchoncho
Valles Altos de Yaracuy (Mcpio. Nirgua)	Zona de precipitación de 600–900 (Mcpio. Peña que incluye La Piedra-Yaritagua). Pasa de 450 a 600 mm/año	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Cítricos</li> <li>✓ Frutales (aguacate)</li> <li>✓ Secundarios: musáceas, leguminosas, maíz.</li> </ul>	Se incrementaría la siembra de cultivos menos exigentes en agua como sorgo, frijol y quinchoncho
<b>ZONA DE IMPACTO: Occidente</b>			
<b>Estados afectados</b>	<b>Descripción del impacto</b>	<b>Rubros afectados</b>	<b>Posibles impactos a usos actuales</b>
Cuenca del Lago de Maracaibo (Costa Oriental del Lago)	De acuerdo al Modelo CCC-EQ se observa una zona que pasa de 1.200-1600 a 800–1.200 mm/año entre Ciudad Ojeda hasta el Delta del Motatán y paralelo con la sierra de Trujillo, quedando sólo una pequeña área entre Mene Grande y el Norte del Delta del Motatán	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Pasto</li> <li>✓ Maíz</li> <li>✓ Caña</li> <li>✓ Plátanos, cambures</li> <li>✓ Yuca (Trujillo)</li> </ul>	En esta zona pudiera verse afectado el sistema de riego del río Cenizo, así como la producción de banano y maíz en el delta del Motatán.
Cuenca del Lago de Maracaibo (Sur del Lago de Maracaibo).	El Modelo CCC-EQ indica en la zona de los Pantanos del Catatumbo, zona del Guayabo y Encontrados, que se pasa de 1.200–1.600 a 800–1.200 mm/año.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Palma africana, plátano, cacao y pasto (Pantanos)</li> <li>✓ Ganadería y plantaciones forestales</li> <li>✓ Café y hortalizas (Colón)</li> </ul>	<p>Principalmente en los cultivos perennes, se presentan zonas que pasan de medianamente aptas a marginalmente aptas (al Sur del Lago: musáceas, palma y cacao).</p> <p>Ganadería podría verse afectada por estrés calórico.</p>

ZONA DE IMPACTO: Occidente (Continuación)			
Estados afectados	Descripción del impacto	Rubros afectados	Posibles impactos a usos actuales
Andes	El Modelo CCC-EQ que la zona de 1200–1600 a 800–1200 mm/año y ésta a su vez se extiende significativamente hacia el piedemonte de Barinas y Apure y Sur del Táchira, este aumento del área más seca que va desde sur de la ciudad de Barinas hasta Guasualito afectando las selvas del Ticoporo, San Camilo, y El Nula.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ganadería y plantaciones forestales</li> <li>✓ Cacao</li> <li>✓ Ganadería de altura</li> <li>✓ Maíz-Leguminosa</li> <li>✓ Café y hortalizas</li> </ul>	Principalmente en los cultivos perennes, se presentan zonas que pasan de medianamente aptas a marginalmente aptas (Andes tachirenses: café)

#### 5.4.6 Medidas posibles de adaptación

Entre las medidas de adaptación d carácter general, en el sentido que ellas pueden aplicarse a distintas condiciones, se encuentran (Ovalles *et al.*, 2005):

##### A corto plazo (< 5 años):

- A. Fortalecimiento de la Organización Social. Promover cooperativas para pequeños, medianos y grandes productores para lograr, entre otros, reducción en costos de insumos y una comercialización más eficiente de sus productos.
- B. Implementación de Impuestos Pago de Pasivos Ambiental (incentivo ambiental, conservación de agua, entre otros).
- C. Comenzar la implementación de las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA).
- D. Mantener la movilidad del ganado en zonas de pastoreo sujetas a sequía.
- E. Ajuste del calendario agrícola.
- F. Evaluación del impacto de las medidas de adaptación y la evolución de las condiciones socioeconómicas de los productores agrícolas.
- G. Educación de la población rural y productores en particular. Planificación para la reducción de riesgos o para mantener estabilidad de los rendimientos y economía del agua.

##### A mediano plazo (5 20 años):

- H. Fortalecer el desarrollo cooperativo con base a la diversificación del valor agregado de los productos.
- I. Consolidar la implementación de Impuestos Pago de Pasivos Ambiental (incentivo ambiental, conservación de agua, entre otros).
- J. Consolidar el uso de las BPA, con orientación hacia la calidad e inocuidad de los productos.
- K. Desarrollar y distribuir híbridos y variedades de cultivos y razas de ganado resistentes a condiciones climáticas adversas (sequías, temperaturas más altas, entre otros).
- L. Mejorar el rendimiento en el uso del agua mediante: Agricultura no-labranza / de conservación en zonas

de secano. Aplicar precios apropiados al agua, gestión y tecnología en superficies de regadío.

M. Promocionar los sistemas de producción agroforestales para aumentar la capacidad de adaptación y mantener la biodiversidad.

N. Desarrollar nuevas tecnologías para zonas con escasez de tierra o agua o con problemas de suelo o clima especiales (ejemplo: Agricultura sin labranza o de conservación, uso de menos insumos de la gestión de plagas o de nutrientes integrada, agricultura orgánica, uso de la biotecnología para superar presiones ambientales (sequía, anegamiento, acidez del suelo, salinidad y temperaturas extremas, plagas y enfermedades).

O. Usar variedades genéticamente modificadas, lo cual dependerá de la capacidad de abordar preocupaciones en cuanto a la inocuidad de los alimentos y el medioambiente, para ello será necesario el aumento de ensayos y el desarrollo de protocolos de inocuidad mejorados.

P. Evaluar el impacto de las medidas de adaptación implementadas en cuanto a la capacidad adaptativa del sistema de producción y la evolución de las condiciones socioeconómicas de los productores agrícolas.

##### A largo plazo (> 20 años):

Q. Consolidar los sistemas de producción agroforestales.

R. Consolidar la sustitución de cultivos.

S. Evaluación de impactos residuales del Cambio Climático y de la vulnerabilidad de los sistemas, así como de la evolución de las condiciones socioeconómicas de los productores agrícolas.

Se formularon las propuestas de medidas de adaptación políticas y tecnológicas por regiones. La información presentada fue evaluada y validada a través de talleres, reuniones y entrevistas con especialistas de las regiones. Las medidas comunes para las distintas regiones son:

- Fortalecimiento de la organización social.
- Implementación de Impuestos - Pago de Pasivos Ambientales (incentivo ambiental y, conservación de agua, entre otros).
- Saneamiento de tierra en donde corresponda.
- Créditos supervisados, política con una implementación planificada.
- Políticas de incremento de valor agregado a productos locales, involucrando a productores con el procesamiento.
- Organización del Servicio de Extensión.
- Zonificación regionalizada.
- Políticas de estímulos para la diversificación de los sistemas de Producción.
- Revisión de Leyes (Legislación agrícola-forestal) que estimule la producción.
- Establecimiento de red de estaciones meteorológicas de tiempo real, con ubicación y distribución geográficas y de relieve, cumpliendo los requerimientos internacionales.
- Divulgación y Transferencia
- Capacitación de personal cubriendo los tres lapsos de tiempo (corto, mediano y largo plazo).

## 5.5 Impactos en el sector recursos hídricos

Las preocupaciones relacionadas con el comportamiento de los recursos hídricos por efectos de los cambios climáticos globales son totalmente justificadas, en principio porque el ciclo hidrológico es un componente básico del clima y además el agua juega un papel primordial dentro de los diferentes sectores de desarrollo de cualquier país.

La mayoría de los posibles efectos adversos, en el caso del agua, van a estar relacionados con la disponibilidad del agua sin olvidar que la calidad va a verse afectada igualmente, al existir una estrecha relación entre los volúmenes y la capacidad de dilución y depuración de los ríos; como por ejemplo, un cambio en el patrón de lluvias puede producir cambios en la erosión de las cuencas y si la temperatura se altera, igualmente se afectarán los ecosistemas acuáticos.

Es posible que aumenten las demandas de agua al aumentar la temperatura y se produzca una mayor evapotranspiración, como también pueden producirse cambios en la humedad del suelo, en la periodicidad de la precipitación, y, finalmente, la respuesta de la vegetación a todos los cambios anteriores.

Los escenarios utilizados para evaluar los posibles impactos de los cambios climáticos sobre los recursos hídricos en Venezuela fueron los tres citados anteriormente (optimista, intermedio y pesimista), y los dos modelos UKTR y CCC-EQ.

Para la simulación del sistema hidrológico regional se seleccionó el modelo SIHIM, desarrollado por Duque y

Barrios en 1988, considerando pequeños incrementos de espacio y grandes intervalos de tiempo (mensuales). El sistema hidrológico en estudio se considera formado por subsistemas, en los cuales se asume homogeneidad tanto en los procesos hidrológicos como en las condiciones que lo afectan. Se consideraron dos procesos fundamentales para la conceptualización del sistema hidrológico regional: uno de almacenamiento y otro de transferencia de masa de agua entre los almacenamientos.

Este modelo fue usado para generar escurrimiento a partir de las precipitaciones en cada una de las estaciones que tienen influencia sobre el área de cada cuenca en estudio.

### 5.5.1 Cambios en la escurrimiento en 7 cuencas prioritarias

Para el análisis de los posibles impactos que los cambios climáticos pueden ocasionar sobre los recursos hídricos de Venezuela, se seleccionaron siete cuencas a nivel nacional, en función de su ubicación geográfica y su importancia desde el punto de vista de utilización del recurso hídrico.

Estas cuencas son: Cuenca del río Matícora en Don Pancho, Cuenca del río Pao en Paso La Balsa, Cuenca del río Motatán en Agua Viva, Cuenca del río Neverí en la Corcovada, Cuenca del río Guárico en El Sombrero, Cuenca del río Tocuyo en La Guaya y Cuenca del río Chama en Ejido. En la Figura 5.14 se presenta las principales cuencas hidrográficas en el territorio venezolano.

Se calibró el modelo para cada una de las cuencas y se procedió a generar caudales a nivel mensual para el UKTR y el CCC-EQ para los escenarios optimista, intermedio y pesimista, y dentro de cada escenario para cada período futuro considerado: 2020, 2040 y 2060.

Se plantearon dos condiciones en la generación de los caudales, sin afectar la evaporación y afectando la evaporación, de acuerdo a los resultados de los modelos de cambios climáticos utilizados.

Se realizó un análisis estadístico del caudal medio mensual y medio anual, para un intervalo de confianza de 95%. En Cuadro N° 5.8 se tabulan para cada río, cada modelo, cada escenario y cada período futuro las disminuciones e incrementos significativos de caudal.

Se observa que el modelo CCC-EQ no produce cambios significativos en el caudal de los ríos Matícora y Guárico, en los ríos Pao, Motatán, Tocuyo y Chama presenta disminuciones significativas de caudal, lo cual es consistente con su patrón general de máxima influencia hacia el occidente del país, mientras que el río Neverí produce aumentos significativos. El modelo UKTR produce disminuciones significativas en los ríos Pao, Matícora, Guárico, Neverí y Tocuyo, mientras que

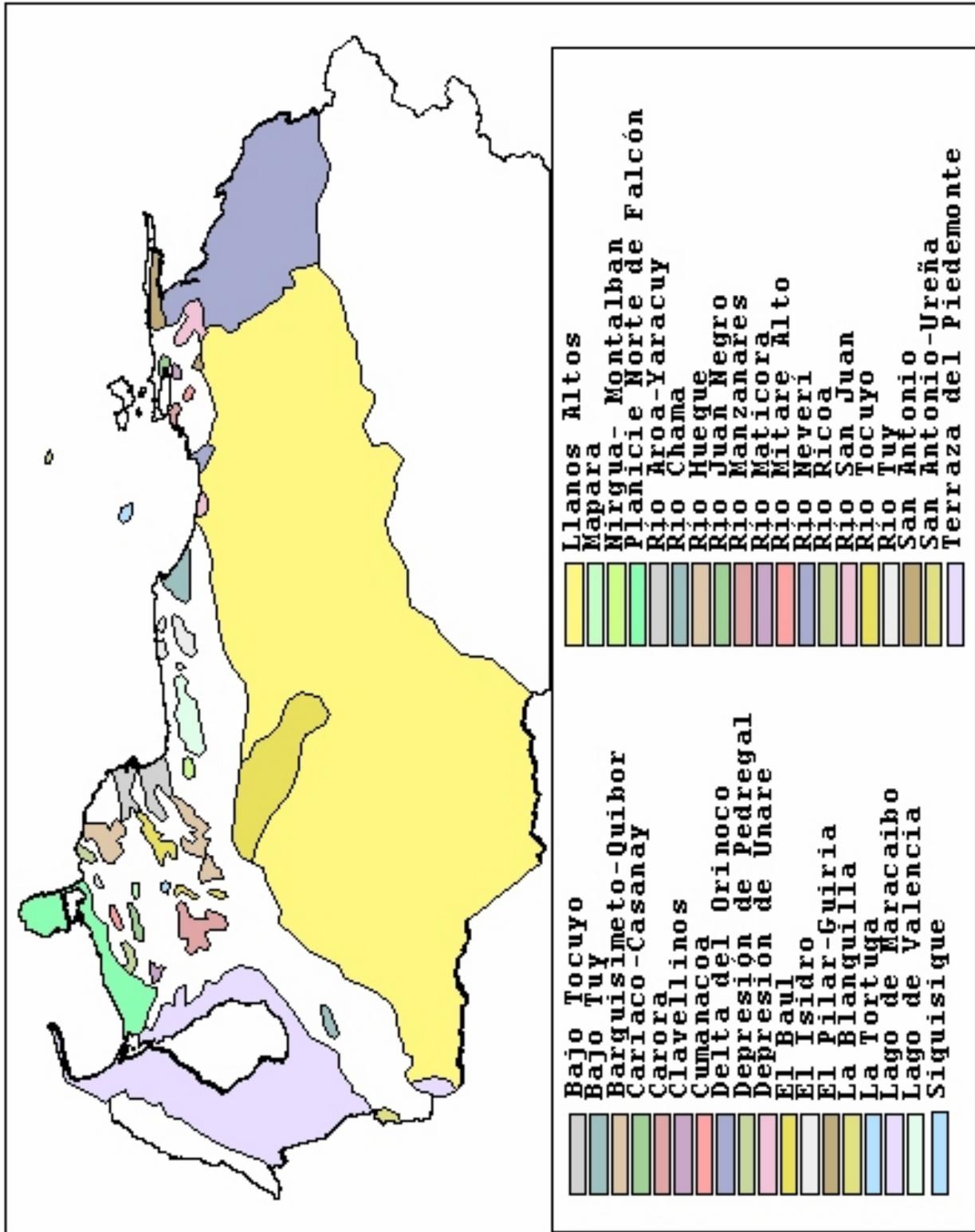


Figura 5.14. Principales cuencas hidrográficas de Venezuela

**Cuadro N° 5.8**  
**Disminuciones e Incrementos significativos de caudal para un intervalo de confianza de 95%**

Río	Escenario	Modelo CCC-EQ			Modelo UKTR		
		2020	2040	2060	2020	2040	2060
Pao	Optimista					D-S	D-S
	Intermedio			D-S	D-S	D-S	D-S
	Pesimista		D-S	D-S	D-S	D-S	D-S
Maticora	Optimista						
	Intermedio						D-S
	Pesimista					D-S	D-S
Motatán	Optimista		D-S	D-S			I-S
	Intermedio	D-S	D-S	D-S		I-S	I-S
	Pesimista	D-S	D-S	D-S	I-S	I-S	I-S
Guárico	Optimista						
	Intermedio					D-S	D-S
	Pesimista					D-S	D-S
Neverí	Optimista						
	Intermedio			I-S			
	Pesimista		I-S	I-S			D-S
Tocuyo	Optimista			D-S			
	Intermedio		D-S	D-S			D-S
	Pesimista	D-S	D-S	D-S		D-S	D-S
Chama	Optimista	D-S	D-S	D-S			
	Intermedio	D-S	D-S	D-S		I-S	I-S
	Pesimista	D-S	D-S	D-S		I-S	I-S

D-S: Disminución significativa

I-S: Incremento significativo

en los ríos Motatán y Chama produce incrementos significativos; a pesar de que el UKTR es el que simula en general mayores disminuciones de precipitación, para el trimestre marzomayo simula incrementos, y su efecto sobre el occidente del país es mínimo, lo que podría explicar porque los ríos Motatán y Chama presentan resultados inversos en los modelos. Las cuencas con menos incertidumbre, dado que ambos modelos coinciden en sus resultados, son las de los ríos Pao y Tocuyo.

Esta situación es preocupante, ya que dichos ríos son la fuente principal de agua para algunas de las principales ciudades de centrooccidente, como Barquisimeto, San Carlos, Valencia y Maracay, a través de los embalses Pao-Cachinche, Pao-La Balsa, Tocuyo-Dos Cerritos.

### 5.5.2 Cambios en la recarga en 2 acuíferos prioritarios

Las aguas subterráneas representan una fuente de agua, generalmente de mejor calidad que las aguas superficiales, lo que hace de su localización y monitoreo, la búsqueda e investigación de los recursos de aguas subterráneas para la

evaluación de sus reservas, su explotación y su conservación, actividades de vital importancia en el mundo actual.

Para evaluar los posibles efectos de los cambios climáticos sobre los almacenamientos subterráneos, se seleccionaron dos acuíferos: el acuífero del río Motatán y el acuífero del Valle de Quíbor. La Figura 5.15 presenta la ubicación geográfica de los acuíferos con mayor grado de deterioro en Venezuela.

Al igual que para las fuentes superficiales, se realizó un análisis estadístico de los caudales medios y mensuales, para un nivel de confianza de 95%. En el Cuadro N° 5.9 se tabulan para cada río, cada modelo, cada escenario y cada período futuro, los incrementos y disminuciones significativas de caudal para el intervalo de confianza de 95%.

El modelo CCC-EQ produce disminuciones significativas en la recarga del acuífero del río Motatán en todos los escenarios y en el del Valle de Quíbor sólo en los escenarios intermedio y pesimista y para el año 2060. El modelo UKTR produce incrementos significativos en la recarga del río Motatán en todos los escenarios, mientras que en el acuífero del Valle de Quíbor produce disminuciones significativas de la recarga solo en los escenarios intermedio y pesimista.

**Cuadro N° 5.9**  
**Disminuciones e Incrementos significativos de la recarga de los acuíferos evaluados**  
**para un intervalo de confianza de 95%**

Acuífero del	Escenario	Modelo CCC-EQ			Modelo UKTR		
		2020	2040	2060	2020	2040	2060
Río Motatán	Optimista			D-S			I-S
	Intermedio		D-S	D-S		I-S	I-S
	Pesimista	D-S	D-S	D-S	I-S	I-S	I-S
Valle de Quibor	Optimista						
	Intermedio			D-S		D-S	D-S
	Pesimista			D-S		D-S	D-S

D-S: Disminución significativa

I-S: Incremento significativo

### 1.5.3 Efecto en la prestación de los servicios de agua potable y saneamiento

La variabilidad climática natural ha originado en diversas ocasiones graves problemas en la prestación del servicio de agua potable, por ejemplo, el evento Niño 1997-1998, y una sequía no intensa, pero si muy larga, entre los años 2001 a 2003, afectaron gravemente al conjunto de todos los embalses al norte del país el primero, y al embalse que surte de agua a Caracas la segunda, provocando un racionamiento de más de tres años para poder estabilizar de nuevo el nivel normal del embalse.

Dado que el Cambio Climático es, en esencia, un incremento de la variabilidad natural, es altamente probable que este sector, vital para la Nación, se vea seriamente afectado en el futuro.

Por otro lado, este sector es altamente vulnerable; la mayoría de la población del país vive en zonas montañosas, lo que implica que la mayoría de los sistemas de distribución y tratamiento del agua son muy complejos. A esto se añade que muchos de ellos están llegando al término de su vida útil, y otros no fueron diseñados para la cantidad de población que deben atender, por lo cual la operación y mantenimientos de estos sistemas es cada día más difícil.

Las instituciones que gerencian los servicios de agua potable y saneamiento han notado desde hace varios años variaciones tanto en la disponibilidad como en calidad del recurso agua, lo que aunado a la gran vulnerabilidad de los sistemas y a la intervención antrópica han ocasionando, entre otros, incrementos en los gastos de operación y mantenimiento de la infraestructura hidro-sanitaria existente, disminución de la recaudación, disminución de la calidad de prestación del servicio (continuidad, presión, calidad de agua, etc.), aumento en los índices de mortalidad y morbilidad, eutroficación de los cuerpos de agua (incrementos de nutrientes y microorganismos contaminantes), e incremento de conflictos por el uso de agua.

### 1.5.4 Medidas posibles de adaptación

Los resultados de los modelos utilizados, aunque no guardan correlación de resultados para algunas cuencas, indican que aparentemente existen patrones de comportamiento según la ubicación de las cuencas analizadas. Esto lleva a considerar que para la proyección de futuros cambios en el caudal se requiere una mejor evaluación del complejo papel de los cambios en los patrones de temperatura, precipitación y uso de la tierra. Debido a esto es importante disponer de una adecuada red de medición tanto de precipitación como de escorrentía, lo cual permitiría precisar los cambios de los caudales promedios y su variabilidad.

La precipitación es una variable vital en el proceso de lluvia-escorrentía, pero es difícil predecir cambios a nivel local debido a que ella está afectada por las características de la superficie de la tierra. Es por ello que se hace necesario evaluar también la influencia de características como la vegetación y planes de desarrollo.

Una vez determinada la dirección y magnitud del cambio es necesario determinar cómo se modificará la disponibilidad real del agua para abastecimiento de los diferentes usos: urbano, industrial, hidroelectricidad, ecológicos, riego, recreación, entre otros, y si hay modificación en las prioridades de uso.

Las estrategias de adaptación y mitigación deben ser incluidas dentro de la gestión del agua, comenzando desde la primera fase de planificación del uso del recurso tanto a mediano como a largo plazo.

Así mismo, es necesario el manejo tanto de la demanda como de la oferta. El manejo de la demanda implica usar el recurso de manera más eficiente, es decir, ir hacia el usuario, lo cual podría apoyarse tanto en educación como en cambios tecnológicos.

En este sentido hay un enorme trabajo de concienciación de la población, ya que una característica de Venezuela es su elevado consumo de agua, tanto el *per cápita* como el de riego, que en

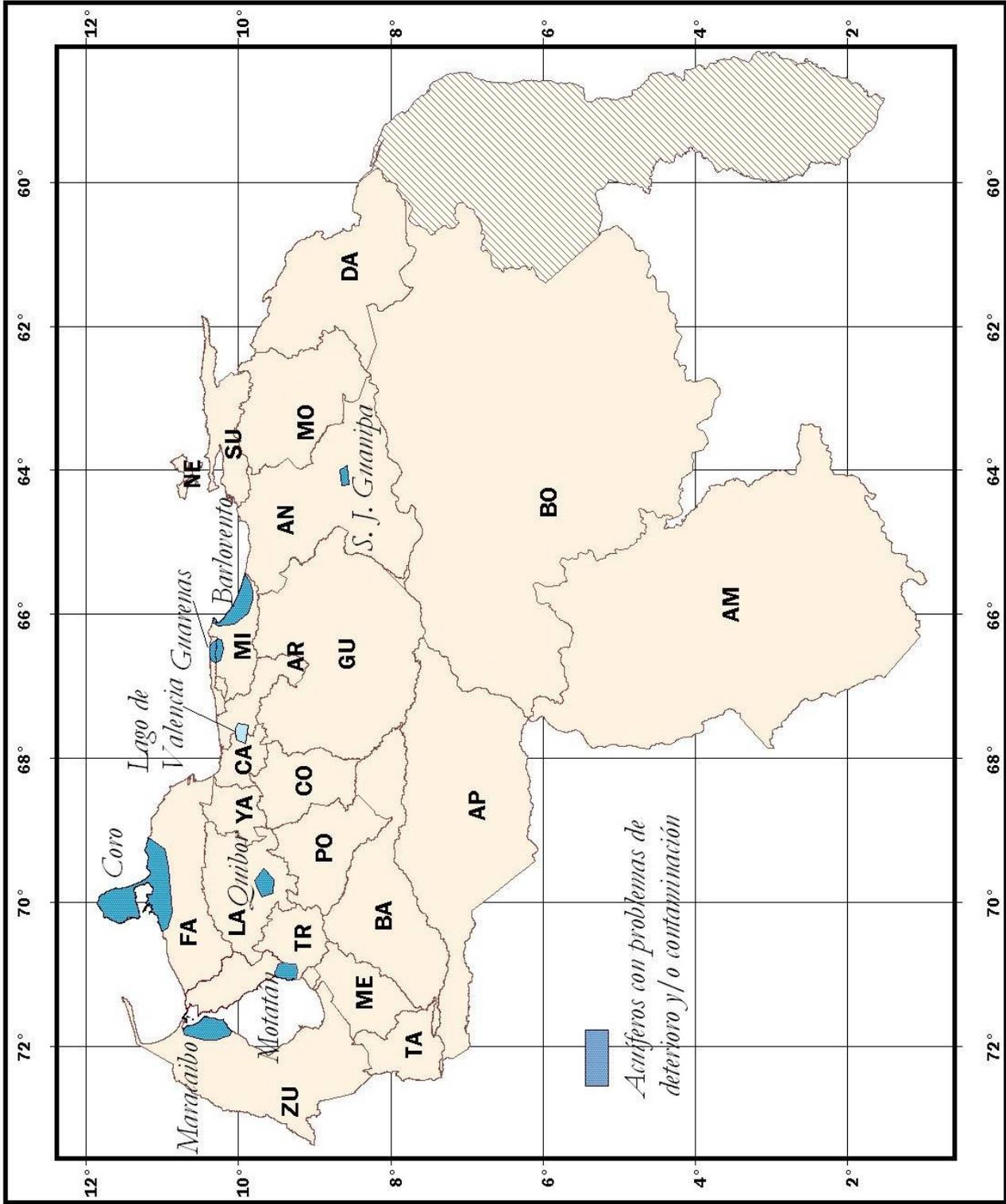


Figura 5.15. Ubicación de los acuíferos con mayor grado de deterioro en Venezuela

algunos casos duplica al promedio de América Latina. Algunos de los conflictos de uso que están comenzando a presentarse, podrían ser aplazados sólo con que se lograra racionalizar el uso del agua.

En cuanto al manejo de la oferta se deberá considerar la rehabilitación de fuentes de almacenamiento y distribución para disminuir las pérdidas, así como también considerar nuevas opciones tanto estructurales como de manejo y de modificación de las reglas de operación de los almacenamientos, el uso conjunto de fuentes de aguas superficiales y subterráneas, cambios en las prioridades de entrega de agua, integración de la operación de varios embalses para optimizar la entrega, coordinando no sólo la oferta sino la demanda también (Duque, Henao y Andressen, 2004).

### 5.6. Impactos por el ascenso del nivel del mar

El incremento del nivel del mar y su efecto en áreas costeras, es una de las consecuencias del calentamiento de la tierra que podría tener impactos negativos sobre las costas de innumerables países. El efecto principal de este fenómeno se manifiesta en problemas de erosión e inundación, con el consiguiente retiro de la línea de la costa y, pérdida de humedales con la riqueza biológica que encierran. La línea de costa venezolana tiene una longitud aproximada de 4.000 km, 67% en el Mar Caribe y 33% en el Océano Atlántico. La costa se extiende por el Este hasta la frontera con Guyana y por el Oeste con Colombia. La costa venezolana es muy variada presentando numerosos tipos de ambientes costeros tales como playas arenosas, playas de bolsillo, humedales (salares, lagunas costeras, pantanos, marismas, manglares, estuarios), arrecifes coralinos, islas de barreras, bahías, barras litorales, además de costas rocosas.

En el año 1992, Arismendi y Volonté realizaron un primer estudio evaluando la vulnerabilidad de cinco áreas costeras venezolanas, mediante la aplicación de la metodología "Siete Pasos para Evaluar la Vulnerabilidad de Áreas Costeras al Incremento del Nivel del Mar" (IPPC, 1990) asumiendo un incremento del nivel del mar (INM) de 1 m para el año 2100. La estimación de la pérdida de tierra por erosión se llevó a cabo aplicando la Regla de Bruun modificada por Hands (1983), mientras que en áreas bajas se aplicó el concepto de pérdida de tierra por inundación directa, asumiendo el área inundada mediante la técnica del "video mapping". Se trabajaron cinco zonas costeras del país: Costa Oriental del estado Zulia; Costa Oriental de estado Falcón; sector Cabo Codera Parque Nacional laguna de Tacarigua, sector Barcelona Puerto La Cruz Guanta, en el estado Anzoátegui y sectores Playa El Agua y Juangriego en la Isla de Margarita. Los resultados cartográficos fueron presentados en forma de

croquis. Ver Figura 5.16. Este trabajo fue actualizado en el año 1996 por un equipo conformado por el MARN y coordinado por Olivo y Perdomo, en el cual igualmente se empleó la información generada por Arismendi y Volonté, sobre las áreas inundadas y la pérdida de costas por erosión, e igualmente para incrementos de 0,5 y 1,0 metros sobre el nivel del mar para el año 2100, mejorando el trabajo en cuanto a la cuantificación y valoración de los impactos y en cuanto a la caracterización física, natural, social y económica de las zonas trabajadas, siendo éstas las mismas trabajadas por Arismendi y Volonté.

Los valores de incremento de nivel del mar utilizados en este estudio fueron obtenidos de una corrida del modelo MAGICC-SCENGEN, bajo el escenario de emisión de Gases de Efecto Invernadero SRESA2 y sensibilidad climática media.

Se asumieron los valores dados en la alternativa media de la corrida. Los resultados de los incrementos de los niveles del mar para los años horizontes de este estudio son los mostrados en el Cuadro N° 5.10.

Para la determinación de la vulnerabilidad de las costas venezolanas frente al INM, se utilizaron hojas cartográficas de escala 1:5.000, con el objeto de identificar en ellas las curvas de nivel que permitan demarcar el incremento del mar para los años horizonte del estudio, los cuales son 0,06, 0,16 y 0,28 metros sobre el nivel medio del mar para los años 2015, 2040 y 2060 respectivamente (ver Cuadro N° 5.9).

Dado que metodológicamente en el estudio no fue posible determinar alturas en las cotas sobre las playas con valores menores de 0,50 metros y poder representar el incremento de 0,28 metros, se aceptó que la mejor precisión medible del INM es de 0,50 metros, y por lo tanto hasta allí llegará la inundación como consecuencia de los cambios climáticos globales, aunque este incremento, según los resultados del MAGICC-SCENGEN, se alcanzaría en el año 2090.

Los resultados del estudio arrojan que el área total afectada sería de 3.184,33 hectáreas (31,84 km<sup>2</sup>), mientras que la longitud total de playas trabajadas fue de 311,93 kilómetros.

Algunas limitaciones del estudio fueron:

- La cartografía empleada tiene una data de elaboración promedio de 20 años, siendo la más reciente 1992, lo que significa que difícilmente la línea de costa que aparece en ellas representada sea la que actualmente existe; tal base cartográfica permite elaborar solo una información indicativa.
- La información sobre la variación del nivel del mar como consecuencia de las mareas, ha ido desmejorando progresivamente su calidad y disponibilidad en todo el país.
- En cuanto al relieve de las zonas costeras, no se dispone de topografía detallada de los planos costeros, lo que limita la determinación de las

pendientes entre la playa y la zona de transición con el mar, impidiendo la estimación del avance de una eventual inundación.

En el Cuadro N° 5.11 se resumen las áreas afectadas como consecuencia de la inundación ante el incremento del mar en 0,5 metros.

Del total de 3.184,33 hectáreas, 2.708,58 (el 85,05%) corresponden a la zona de la Costa Oriental del estado Falcón, mientras que menos del 15% se reparten entre las otras zonas.

En cuanto a la infraestructura afectada en las cuatro zonas evaluadas se tiene lo siguiente:

- Número de viviendas: 50
- Vialidad: 975 metros
- Muelles: 21 muelles para un total de 1.715 metros
- Rompeolas y espigones: 7 para un total de 915 m
- Puertos: 1 (Guanta)

En cuanto a la erosión, la inexistencia de datos actualizados y confiables sobre altura media de las dunas en las playas (topografía de las playas), transporte de sedimentos, régimen y altura de las olas, profundidad de cierre, régimen de mareas y batimetría de los fondos marinos frente a las costas, todos ellos parámetros dinámicos y requeridos para aplicar la Regla de Bruun, impidió la determinación de valores realistas de la erosión de los bordes de la costa. Muchas de las variables que antes se mencionaron, sumadas a otra como el nivel de las mareas, la intensidad y dirección de las corrientes marinas y de los vientos, resultan de indispensable recopilación sistemática, sirviendo no solo para calcular los daños causados por el incremento del nivel del mar, sino también muchos otros fenómenos, inclusive la erosión causada sobre los bordes costeros que hoy día se suceden de manera activa en muchas playas del país, y que no se pueden achacar al incremento del nivel del mar, o al menos, no únicamente.

Este problema de retroceso de línea de la costa es grave en la Isla de Margarita; La Salle (2004) reporta tasas de retroceso en diferentes playas variables de 0,77 a 3 metros de costa por año, en ambientes donde el nivel medio del mar se incrementa a razón de unos 0,0042 m/año. Es muy probable que esta problemática se vea reforzada por la influencia antrópica sobre los procesos dinámicos en la costa, por ejemplo a través de la construcción de infraestructura que altera el sistema de corrientes, la plantación de palmeras que altera la tasa de deposición de arena, entre otros.

### 5.6.1 Medidas posibles de adaptación

El calificativo de afectación que se emplea para definir los impactos que se puedan suceder sobre la infraestructura no tiene la misma connotación en todos los casos. Por ejemplo, cuando una vivienda es alcanzada por el incremento del nivel del mar muy seguramente deberá ser reubicada en otro sitio, dado

su fragilidad como obra civil. Para el caso de la vialidad, a menos que sea una obra tipo autopista, se construirá la vía siguiendo otro trazado. Los pequeños muelles destinados para ser usados en embarcaciones de pequeño calado, como la mayoría de los existentes en la Costa Oriental de Falcón y la zona de Tacarigua, muy seguramente bastaría con la elevación de los pilotes de madera que los sostienen. Por su parte, los puertos como el de Guanta, poseen plataformas elevadas dos metros sobre el nivel medio del mar, por lo que seguramente no requerirán de mayores adecuaciones para seguir operando. Los espigones, rompeolas y otras obras de protección tales como el recubrimiento con enrocados, seguramente si serán afectados al recibir los impactos de olas de mayor altura de la que fue prevista para su construcción, y por lo tanto deberán ser protegidos según cada caso. Alrededor de 714 Km (25%) de la costa venezolana, está caracterizada por montañas y acantilados de fuerte pendiente, la cual no experimentará ningún impacto en el caso del ascenso del nivel del mar. La mayoría de la costa venezolana tiene riesgo de inundación, correspondiente a alrededor de 85%, mientras que la erosión no está cuantificada.

A continuación se enumeran algunos proyectos para asumir la evaluación de los incrementos del nivel del mar como consecuencia del Cambio Climático Global:

- Constitución de una Unidad de Coordinación y Gestión Nacional sobre el incremento del nivel del mar
- Selección de zonas costeras e insulares a ser evaluadas teniendo en consideración sus usos actuales y potenciales: Uso Industrial, uso turístico, uso urbano y uso agrícola.
- Topografía de las planas costeras y batimetría de los fondos marinos
- Determinación de la geomorfología y geología de las zonas costeras seleccionadas.
- Determinaciones oceanográficas: Corrientes, transporte de sedimentos, mareas y dinámica de las olas de las zonas costeras seleccionadas.
- Evaluar el efecto hidráulico del incremento en el nivel del mar sobre las descargas de ríos y sistemas de aguas tratadas
- Diseñar y concertar programas de difusión sobre la problemática del incremento de los niveles del mar con los diferentes medios de comunicación
- Fortalecimiento de la Red Mareográfica nacional.

## 5.7 Impactos socioeconómicos

### 5.7.1 Sobre la producción petrolera

La economía de Venezuela es altamente dependiente de la producción y exportación de petróleo (la actividad petrolera aportó el 16,8% del PIB y representó el 87,2% de las exportaciones de bienes en el 2004), pero a la vez es un país muy rico en

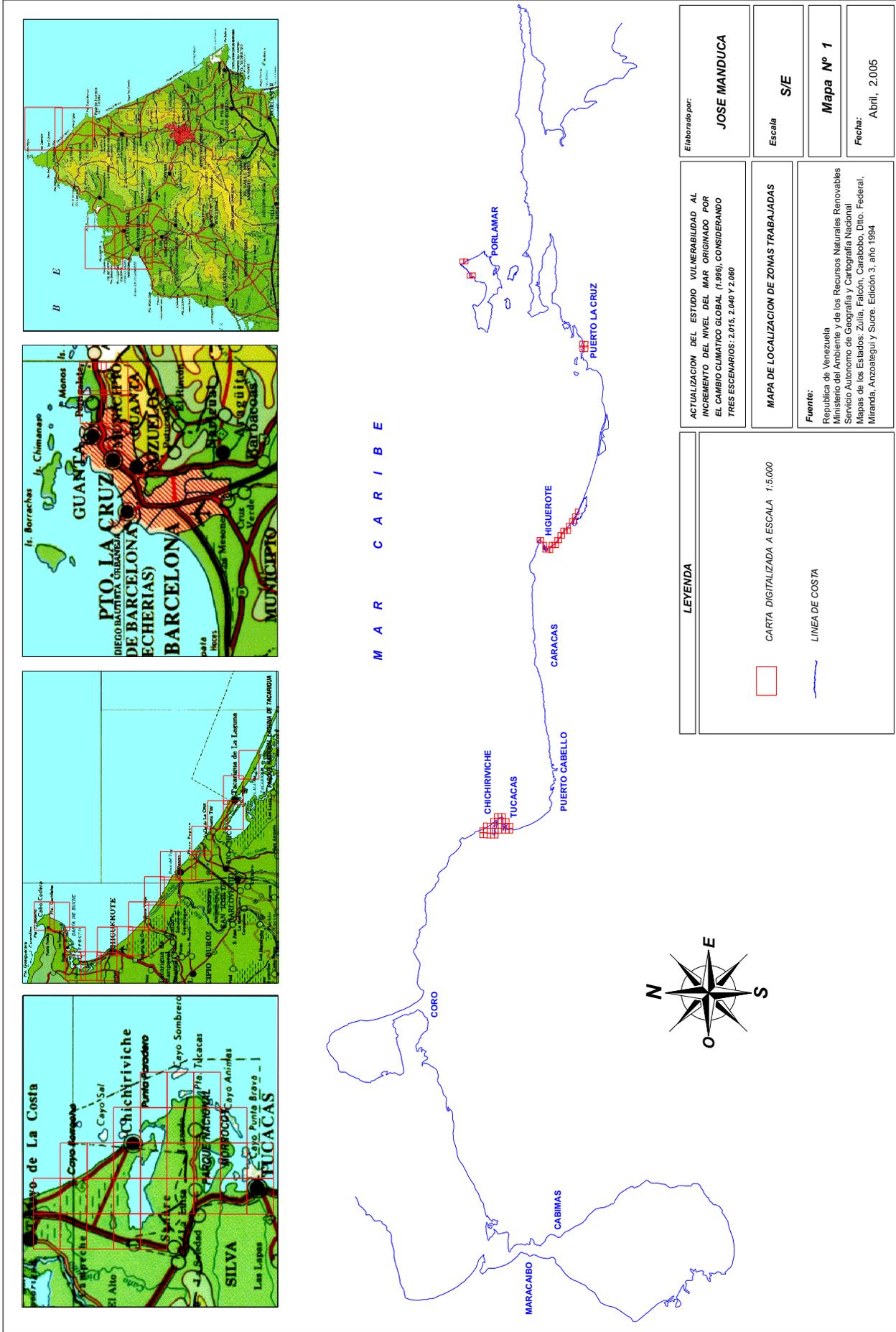


Figura 5.16. Ubicación geográfica de las áreas de estudio sobre el incremento del nivel del mar

Cuadro N° 5.10

Incremento de los niveles del mar para los años 2015, 2040 y 2060, según corrida del programa MAGICC-SCENGEN  
(Escenario de emisiones SRESA2, sensibilidad media)

Años	Incremento del nivel del mar - centímetros	Incremento del nivel del mar - metros
1990 *	0,00	0,00
2015	6,26	0,06
2040	16,10	0,16
2060	28,01	0,28
2090	51,74	0,51

Cuadro N° 5.11: Totales de áreas inundadas

Zona trabajada	Longitud de la costa km	Area inundada ha
Costa Oriental del estado Falcón	162,24	2.708,58
Cabo Codera – Parque Nacional Laguna de Tacarigua	106,42	497,53
Barcelona – Puerto La Cruz - Guanta	33,96	60,60
Isla de Margarita	12,31	7,62
<b>Totales</b>	<b>311,93</b>	<b>3.184,33</b>

diversidad biológica, ecosistemas frágiles, poseedor de costas bajas y territorios insulares vulnerables a las consecuencias potenciales del cambio climático, a la par de no contar con la capacidad suficiente para la debida atención de contingencias derivadas de la ocurrencia de fenómenos meteorológicos extremos. En tal sentido, Venezuela es un país doblemente vulnerable: lo es tanto a las consecuencias potenciales del cambio del clima, como a la posible disminución de la demanda petrolera resultante de las políticas y medidas que se adopten para la reducción de emisiones. Por tales razones, la posición de Venezuela ante la Convención de Cambio de Clima y el Protocolo de Kyoto se ha orientado hacia el logro de un equilibrio entre ambos intereses, abogando porque efectivamente se concreten los esfuerzos colectivos para afrontar la amenaza del cambio climático, pero a la vez intentando atenuar las consecuencias que ello pudiera significar para su economía.

La estimación del impacto del Protocolo sobre la demanda petrolera ha sido objeto de varios estudios por parte de la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP), en los que Venezuela ha

participado. En 1999 la secretaría de la OPEP elaboró varios escenarios de impacto del cumplimiento de los compromisos del Protocolo de Kyoto sobre la demanda petrolera de los países miembros de OPEP. Este estudio estimó, haciendo uso del Modelo Mundial de Energía de la OPEP (OPEC World Energy Model, OWEN), que la demanda esperada para el año 2010 se reduciría en 6,9 millones de barriles por día. Ello representaría para Venezuela, en función de su cuota de producción petrolera de 11% del total de la OPEP, una reducción de la demanda en 760.000 barriles por día. Otro resultado interesante del estudio fue que los mecanismos de flexibilidad del Protocolo, de ser aplicados exitosamente, pueden reducir el impacto sobre la demanda petrolera de crudos de la OPEP para el año 2010. El impacto, en este caso, sería una reducción de la demanda en 3,7 millones de barriles por día, en lugar de 6,9 millones.

Posteriormente, una vez que las negociaciones condujeron a los Acuerdos de Marrakech en noviembre de 2001, conforme al cual los países pueden contabilizar sus bosques como sumideros de CO<sub>2</sub> en sus inventarios de emisiones, y conocida la decisión de USA de rechazar el Protocolo de Kyoto, la

secretaría de la OPEP revisó sus estimaciones acerca del impacto del acuerdo sobre la demanda petrolera. La revisión estimó que en tales condiciones la demanda sufriría una contracción de entre 2,7 y 0,8 millones de barriles diarios para la OPEP, lo cual significa para Venezuela una reducción de sus colocaciones de petróleo en los mercados de entre 300.000 y 90.000 barriles por día.

En cualquiera de los casos, la contracción de la demanda petrolera estimada por la OPEP tendría consecuencias sociales y económicas adversas para Venezuela. Es por esta razón que en las reuniones de negociación Venezuela ha insistido en que se hagan efectivas las provisiones establecidas en los Artículos 4.8° y 4.9° de la Convención y 3.14° del Protocolo, que establecen la necesidad de que se adopten medidas para atender las necesidades específicas de los países en desarrollo, derivadas de los efectos sociales, ambientales y económicos adversos del cambio climático, pero también que se consideren los impactos de las medidas de reducción de emisiones de GEI que asuman los países desarrollados. Estos artículos destacan el caso de los países que como Venezuela, dependen en gran medida de los ingresos económicos generados por la producción, el procesamiento y la exportación de combustibles fósiles y de productos derivados de energía intensiva, tales como los productos metalúrgicos. Concretamente, la atención que reclama Venezuela se expresa en términos de ayuda para la diversificación de su economía, mediante la facilitación de conocimientos, transferencia de tecnología y mejoramiento de la capacidad de sus instituciones. Para Venezuela este tema es de gran importancia, y aspira que sus inquietudes sean satisfechas durante las subsecuentes reuniones de negociación.

### 5.7.2 Dimensión económica

En el Cuadro N° 5.12 se presentan los impactos económicos derivados del Cambio Climático para los períodos centrados en 2020, 2040 y 2060 para cambios en los patrones de temperatura entre 0,5 y 1,1 °C, y Oscilación Térmica Diaria (OTD) correspondientes al escenario climático intermedio (Oficina Técnica Zuleta, 2004).

### 5.7.3 Dimensión social

En el Cuadro N° 5.13 se presentan los impactos sociales derivados del Cambio Climático para los períodos centrados en 2020, 2040 y 2060 para cambios en los patrones de temperatura entre 0,5 y 1,1°C y Oscilación Térmica Diaria (OTD).

### 5.7.4 Jerarquización de los requerimientos de adaptación

Para el diseño del Planteamiento Estratégico General

acerca del Cambio Climático, obtenido a través de un proceso metodológico de análisis y consultas con expertos, se seleccionaron dieciocho (18) Áreas de Decisión, listadas a continuación:

1. Atención a los sectores indígenas
2. Concientización a todos los niveles
3. Desarrollo y uso masivo de sistemas de información geográfica
4. Educación formal que incluya la variable Cambio Climático
5. Ejes de desarrollo y planificación urbana
6. Fuentes de energía para el mercado interno
7. Inversiones en mitigación vs. Inversiones en adaptación
8. Investigación (agrícola, energética, hídrica, tecnológica, ecológica, socioeconómica, etc.)
9. Monitoreo y trabajo de campo
10. Núcleos de desarrollo endógeno, cultura y ambiente
11. Participación, Gestión y Protección ambiental
12. Petróleo, precios y producción
13. Planes, normativa y compromisos internacionales
14. Políticas Geo-Estratégicas en áreas marinas
15. Reforestación masiva de áreas degradadas (medida de mitigación)
16. Saneamiento y control de ríos y cuencas
17. Seguridad alimentaria
18. Vialidad costera.

Estas áreas se sometieron a un proceso de jerarquización mediante consulta con expertos y actores seleccionados, para conocer su percepción acerca de las **Áreas de Decisión según Criterios de Importancia, Urgencia y Enlaces** entre ellas.

Como resultado de este proceso se seleccionaron las siguientes áreas de decisión:

#### A. Concientización a todos los niveles

#### B. Investigación (agrícola, energética, hídrica, tecnológica, ecológica, socioeconómica, etc.)

#### C. Monitoreo y trabajo de campo

#### D. Participación, gestión y protección ambiental

#### E. Saneamiento y control de ríos y cuencas

#### F. Seguridad alimentaria.

A continuación una breve descripción de las áreas seleccionadas:

### **A. Concientización a todos los niveles**

Es necesario lograr un amplio conocimiento de la presencia del Cambio Climático como fenómeno que nos afecta a todos y en todos los niveles. Las comunidades deben estar informadas para sensibilizarlas sobre los cambios climáticos que están ocurriendo o pueden ocurrir en un futuro próximo, y disminuir las vulnerabilidades de territorios y comunidades.

### **B. Fomento de la investigación orientada a la toma de decisiones**

Este lineamiento se refiere a la necesidad de estimular la investigación orientada a darle soporte a la toma de decisiones asociadas a la adaptación y a la mitigación. En los diversos sectores (agrícolas, recursos hídricos, energía, etc.) se necesitará inversión en tecnología para enfrentar las medidas de adaptación. Debe propiciarse el intercambio de información con estados de demostrada experiencia en el manejo y recuperación de los espacios costeros y plataforma marina.

### **C. Potenciación de la capacidad del país para percibir y responder a los efectos del cambio climático**

Es necesario impulsar el desarrollo de todos los sistemas que actúan como sensores para dar información sobre aspectos climáticos y evaluación de recursos costeros, calidad de agua, etc. Plan de captura de información y condiciones de las costas: evolución del nivel del mar, cambio de la dinámica de oleajes, mareas, morfodinámica. Priorizar con criterios como zonas bajas, zonas con potencial turístico, pesquero, zonas con densidad de ocupación. Incluir evaluación y seguimiento de maglares, hábitats, sitios de desove y nidificación.

### **D. Desarrollo de la participación, la gestión y la protección ambiental**

Para enfrentar el tema del Cambio Climático se requiere un esfuerzo de gran magnitud, el cual, tanto por razones operacionales como por adecuación a la orientación estratégica del Estado, debe incluir la participación de instituciones y comunidades, con una organización que la favorezca, todo ello en el marco del precepto constitucional de seguridad de la Nación, que incluye el aspecto de protección ambiental.

### **E. Ampliar y fortalecer el saneamiento y control de ríos y cuencas**

Los planes tradicionales de conservación de cuencas deberán ajustarse a los cambios en el funcionamiento hídrico, o ejercer medidas que puedan significar mantener un patrón de sistema hídrico similar, como trasvases, o aprovechamiento optimizado del recurso agua ajustado a las condiciones de los cambios climáticos.

### **G. Garantizar el desarrollo de la seguridad alimentaria**

Este lineamiento está orientado a tomar medidas de adaptación al Cambio Climático que tiendan a elevar el nivel de seguridad alimentaria dado el carácter estratégico que representa para el Estado y la sociedad.

**Cuadro N° 5.12**  
**Identificación de impactos económicos derivados del Cambio Climático**

DIMENSIÓN ECONÓMICA	IDENTIFICACIÓN DEL IMPACTO	LOCALIZACIÓN
<i>Horizonte Temporal 2020</i>		
Agricultura	Tendencia decreciente del rendimiento de algunos cultivos	Llanos medios y bajos de occidente y oriente del país.
	Empobrecimiento de los productores agrícolas	Llanos altos, medios y bajos. Margen central al Sur del río Orinoco.
	Afectación a la producción de subsistencia	Zonas rurales a las márgenes norte sur del río Orinoco.
	Disminución de la producción de carne, leche y huevos.	Zona norte y sur occidental. Zona norte y sur del río Orinoco y sus afluentes.
	Afectación de algunos cultivos y cría de animales	Diversas zonas del país
	Disminución de la frontera agrícola	Diversas zonas del país
Caza	Disminución de la caza y mitificación en régimen de veda	Diversas zonas del país
Silvicultura	Disminución de la superficie de bosque y tendencia al incremento de incendios forestales	Diversas zonas del país
Pesca	Afectación de la explotación pesquera artesanal	Área costera del Mar Caribe, Océano Atlántica, y cuencas de los ríos.
Minas y canteras: hierro, bauxita, carbón, oro, arena, cemento, etc.	Afectación de la explotación minera	Zona sur oriental y centro occidental
	Desconcentración paulatina de los establecimientos industriales	Zona occidental y centro occidental
	Afectación del parque Agroindustrial	Mayores centros poblados de la zona centro norte costera, sur occidental y sur oriental
Electricidad	Elevación del consumo de energía eléctrica en la industria y viviendas	En las tres cuartas partes del país.
	Aumento de tendidos eléctricos (transmisión y distribución)	Diversas partes de Venezuela
Gas	Aumento de explotación de gas	Gran parte del territorio nacional
Agua	Mayor demanda del recurso agua en los sistemas de riego	Gran parte del país
Construcción	Redistribución territorial de la demanda y oferta de edificaciones	Diversas zonas del territorio nacional
Comercio al mayor y detal	Redistribución espacial de las edificaciones comerciales	En todo el ámbito nacional
	Elevación de los costos bienes y productos	En todo el ámbito nacional
	Tendencia a la oferta y demanda de materiales de construcción, vestimenta apropiada a la temperatura	En todo el ámbito nacional
Turismo y recreación	Relocalización de la demanda y oferta de servicios turísticos recreacionales	Hacia la Zona de los Andes, localidades más elevadas
Transporte y almacenamiento	Incremento de costos de operación del transporte masivo y particular (fluvial, marítimo, terrestre y aéreo)	En gran parte del territorio nacional
	Aumento de los costos de almacenamiento	Alto Llano, zona norte costera
Vialidad y comunicaciones	Cambio en los sistemas constructivos y tipo de materiales	Alto Llano, zona norte costera
	Tendencia hacia mayor uso de medios de comunicaciones radioeléctricas y electrónicas	En toda Venezuela
Establecimientos financieros, seguros	Desconcentración del número de instalaciones financieras	En toda Venezuela
	Reducción del número de instalaciones financieras	Diversas zonas de Venezuela
	Elevación en número y costos de las primas de Seguros de vida, salud, protección de bienes, etc.	Principalmente en las zonas Alto Llano, Costera, Amazonas, otras
Bienes inmuebles	Revalorización de las edificaciones localizadas en zonas de temperatura más benévolas y depreciación de aquellas ubicadas en zonas de menor confort térmico	En diversas regiones del país

DIMENSIÓN ECONÓMICA	IDENTIFICACIÓN DEL IMPACTO	LOCALIZACIÓN
<i>Horizonte temporal 2040</i>		
Agricultura	Menor rendimiento de algunos cultivos	Zonas de llanos altos y medios del occidente y oriente del país.
	Aumento de la proporción de los productores agrícolas en situación de empobrecimiento	Zonas llanos altos, medios y llanos bajos. Margen central al sur del río Orinoco
	Disminución de la producción de subsistencia	Zonas rurales a las márgenes norte y sur del río Orinoco
	La producción de proteína animal dependientes de aplicación de tecnologías y manipulaciones genéticas	Diversas regiones del país
	La productividad agrícola vegetal dependiente de investigación y tecnología expuesta a manipulación genética	Diversas regiones del país
	Tendencia a la cría de la fauna silvestre para complementar o suplir la fuente de proteína animal	Diversas regiones del país
Silvicultura	Reducción de la superficie de bosque e incremento de incendios forestales	Zona oriental y sur del río Orinoco
Pesca	Elevación de la actividad piscicultura en sustitución de la explotación pesquera artesanal y de arrastre	Diversas regiones del país
Minas y canteras: hierro, bauxita, carbón, oro, arena, cemento, etc.	Mayores requerimientos de agua, energía y remoción de áreas explotación minera	Centro occidental al sur del río Orinoco
Industria manufacturera	Nueva ocupación del territorio por la desconcentración de la actividad y establecimientos industriales	Distintas zonas del país
	Aumento de inversiones para adecuar la industria de bienes de consumo	Distintas zonas del país
	Amenaza a la seguridad alimentaria entre otros por las bajas ventajas competitivas para suplir los requerimientos nutricionales básicos	Toda Venezuela
Electricidad	Altos consumos de energía eléctrica industrial, habitacional y público	Principales zonas urbanas e industriales
	Elevación de los tendidos eléctricos (transmisión y distribución) y los costos del servicio	Diversas partes del país
Gas	Tendencia hacia la sustitución de fuentes de energía por gas que amerita inversiones en explotación, tecnología, investigación e infraestructura	En gran parte del territorio nacional
Agua	Mayor demanda del recurso agua para consumo humano, industrial, riego y mantenimiento de áreas verdes urbanas	En gran parte del país.
Construcción	Intensificación del uso de materiales, sistemas constructivos y estilos arquitectónicos apropiados a las nuevas condiciones climáticas	En diversas partes del territorio nacional
Comercio al mayor y detal	Mayor demanda de bienes y servicios en nuevos asentamientos y elevación de sus costos	En todo el ámbito nacional
Turismo y recreación	Diversificación de la demanda de bienes y oferta de servicios turísticos y recreacionales	En zonas con vocación turística
Transporte y almacenamiento	Mayores costos de operación del transporte masivo y en particular el almacenamiento para poder asegurar las temperaturas adecuadas	En gran parte del territorio nacional
Vialidad y Comunicaciones	Intensificación de los cambios en los sistemas y tipos de materiales para construcción de vialidad	En gran parte del territorio nacional
	Mayor uso medios de comunicación radioeléctricos y electrónicos que amerita inversión en equipamiento y masificación de estos medios	En todo el país
Establecimientos financieros, seguros	Redimensionamiento del sector financiero para ajustarse a los cambios tecnológicos, diversidad de las demandas	En todo el país
	Mayor número y costos de las primas de seguros vida, cobertura en salud, protección de bienes, riesgos, etc.	En todo el país

# 2060

DIMENSIÓN ECONÓMICA	IDENTIFICACIÓN DEL IMPACTO	LOCALIZACIÓN
<i>Horizonte temporal 2060</i>		
Agricultura	Selección de otros cultivos para suplir bajos rendimientos de algunos rubros que conforman la dieta básica venezolana	Todo el país
	Modificación pronunciada de los modos y relaciones de producción en el sector agrícola	Todo el país
	Mayor dependencia de aplicación tecnologías y manipulaciones genéticas agrícola, animal y vegetal	Diversas regiones del país
Silvicultura	Presión para el incremento de la producción forestal para satisfacer mercados internacionales en madera y mantenimiento de CO <sub>2</sub> mundial	Zona sur del río Orinoco
Minas y canteras: hierro, bauxita, carbón, oro, arena, cemento, etc.	Progresiva sustitución de los materiales mineros por sintéticos, baja los ingresos de divisas por la exportación	Centro occidental al sur del río Orinoco
Industria manufacturera	Automatización de la actividad industrial y alta dependencia tecnológica en cuanto a consumo de energía	Distintas zonas del país
	Amenaza a la seguridad alimentaria entre otros por las bajas ventajas competitivas para suplir los requerimientos nutricionales básicos	Toda Venezuela
Electricidad y gas	Obsolescencia de las centrales hidroeléctricas y grandes inversiones en otras fuentes energéticas (el gas) que amerita inversiones en explotación, tecnología, investigación e infraestructura	Principales zonas urbanas e industriales
Agua	Crítica escasez del recurso agua, posible competencia entre países fronterizos	En gran parte del país.
Construcción	Intensificación de uso de materiales, sistemas constructivos y estilos arquitectónicos ahorradores de energía y de mano de obra	En diversas partes del territorio nacional
Turismo y recreación	Mayor demanda de servicios turísticos y recreacionales	En zonas de vocación turística
Transporte y almacenamiento	Mayores costos de operación del transporte masivo y en particular el almacenamiento para poder asegurar las temperaturas adecuadas	En gran parte del territorio nacional
Vialidad y comunicaciones	Intensificación de los cambios en los sistemas y tipos de materiales para construcción de vialidad	En gran parte del territorio nacional
	Mayor uso medios de comunicación radioeléctricos y electrónicos que amerita inversión en equipamiento y masificación de estos medios	En todo el país
Establecimientos financieros, seguros	Redimensionamiento del sector financiero para ajustarse a los cambios tecnológicos, diversidad de las demandas	En todo el país
	Mayor número y costos de las primas de seguros vida, cobertura en salud, protección de bienes, riesgos, etc.	En todo el país
Bienes inmuebles	Altos costos de construcción y mantenimiento de las edificaciones para garantizar confort térmico	En diversas regiones del país

**Cuadro N° 5.13**  
**Identificación de impactos sociales derivados del Cambio Climático**

# 2020

<b>DIMENSIÓN SOCIAL</b>	<b>IDENTIFICACIÓN DEL IMPACTO</b>	<b>LOCALIZACIÓN</b>
<i>Horizonte Temporal 2020</i>		
Población	Aumento de la densidad poblacional en la zona norte costera	Zona norte costera
	Incremento de la vulnerabilidad de la población en riesgo social	Principalmente zonas metropolitanas del país y algunas zonas rurales y fronteras
	Modificación de los horarios habituales de trabajo	Áreas urbanas y rurales
	Reducción de la capacidad de adaptación de la población en riesgo social	Diversas zonas
Infraestructura Puerto, aeropuertos, vialidad costera	Mayor demanda de infraestructura acorde a las nuevas condiciones climáticas	Sitios de relocalización de la población
	Exposición de la infraestructura a un deterioro temprano por exposición a las nuevas condiciones climáticas	En áreas urbanas, rurales, fronteras e indígenas del país
Geopolítica	Nuevos requerimientos en los acuerdos con los países de la Comunidad Andina de Naciones, CARICOM y MERCOSUR	Nacional
Social	Propensión a fricciones y situaciones de anomia social	Nuevos asentamientos producto de las migraciones
Tecnología	Disminución al acceso a tecnologías que contrarresten los impactos	En zonas urbanas, rurales, indígenas y fronteras del país
Institucional	Disminución de la capacidad institucional para responder a la diversidad de cambios y crecientes demandas de la población	En todo el territorio nacional
Ambiente	Alteración de la biodiversidad	Toda Venezuela
Legales	Ordenamiento legal desfasado de los nuevos acontecimientos por la ocurrencia de eventos extremos	Nacional
Finanzas	Mayor demanda de recursos financieros para atender contingencias	Nacional

# 2040

DIMENSIÓN SOCIAL	IDENTIFICACIÓN DEL IMPACTO	LOCALIZACIÓN
<i>Horizonte Temporal 2040</i>		
Población	Mayor densidad poblacional en la zona norte costera donde habita dos terceras partes de la población total del país (Población 33 millones)	Zona norte costera
	Agudización de la vulnerabilidad u número de la población en riesgo social así como disminución de sus capacidades de adaptación	Principalmente zonas metropolitanas del país y algunas zonas rurales y fronteras
Infraestructura Puerto, aeropuertos, vialidad costera	Demanda sostenida de infraestructura acorde a las nuevas condiciones climáticas, salud y educación	En todo el país
Geopolítica	Adaptaciones a las nuevas realidades geopolíticas en relación a las fachadas de integración del caribe, andina y amazónica y surgimiento de nuevos espacios de integración	Nacional
	Amenaza de posible pérdida de plataforma marina por la elevación del nivel del mar Caribe que podría cubrir algunas de las dependencias federales y zona deltaica	
Social	Frecuentes situaciones de fricciones y anomia social	En nuevos asentamientos de inmigraciones
	Incremento en la afectación de la salud por vectores y plagas	En casi todo el país
	Trastornos de conducta por incertidumbre ante eventos extremos y desadaptación a nuevos lugares	En casi todo el país
Tecnología	Dependencia de tecnologías que contrarresten los impactos de las variaciones de temperatura	En todo el territorio nacional
Institucional	Presión sobre el aparato del estado para las soluciones de los problemas debido a la diversidad de cambios y crecientes demandas de la población	En todo el territorio nacional
Ambiente	Alteración de la biodiversidad	En todo el territorio nacional
Legales	Complejidad del marco regulatorio ambiental	Nacional
Finanzas	Demanda sostenida de recursos financieros para atender las diversas situaciones en todos los ámbitos territoriales e institucionales	Nacional

# 2060

DIMENSIÓN SOCIAL	IDENTIFICACIÓN DEL IMPACTO	LOCALIZACIÓN
<i>Horizonte Temporal 2060</i>		
Población	Mayor densidad poblacional en la zona norte costera donde habita dos terceras partes de la población total del país (Población 45 millones)	Zona norte costera
	Agudización de la vulnerabilidad u número de la población en riesgo social así como disminución de sus capacidades de adaptación	Principalmente zonas metropolitanas del país y algunas zonas rurales y fronteras
Infraestructura Puerto, aeropuertos, vialidad costera	Demanda sostenida de infraestructura acorde a las nuevas condiciones climáticas, salud y educación	En todo el país
Geopolítica	Adaptaciones a las nuevas realidades geopolíticas en relación a las fachadas de integración del caribe, andina y amazónica y surgimiento de nuevos espacios de integración	Nacional
	Amenaza de posible pérdida de plataforma marina por la elevación del nivel del mar Caribe que podría cubrir algunas de las dependencias federales y zona deltaica	
Social	Frecuentes situaciones de fricciones y anomia social	En nuevos asentamientos de inmigraciones
Salud y vida	Incremento en la afectación de la salud por vectores y plagas	En gran parte del país
	Trastornos mentales por miedo a eventos extremos	En gran parte del país
Tecnología	Dependencia de tecnologías que contrarresten los impactos de las variaciones de temperatura	En todo el territorio nacional
Institucional	Presión sobre el aparato del estado para las soluciones de los problemas debido a la diversidad de cambios y crecientes demandas de la población	En todo el territorio nacional
Ambiente	Alteración de la biodiversidad	En todo el territorio nacional
Legales	Complejidad del marco regulatorio ambiental	Nacional
Finanzas	Demanda sostenida de recursos financieros para atender las diversas situaciones en todos los ámbitos territoriales e institucionales	Nacional



# 6

## OPCIONES DE MITIGACIÓN DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

Las emisiones de Gases de Efecto Invernadero de Venezuela, conforme a su inventario nacional, son comparativamente muy inferiores a las de los países desarrollados, e incluso inferiores a las de numerosos otros países en desarrollo. A título de ejemplo, para 1999 las emisiones de CO<sub>2</sub> de Venezuela fueron 114.147 Gg de C, versus una emisión global de 6.492.000 Gg de C, lo que significa que el aporte de Venezuela es apenas 0,48% de las emisiones mundiales. Ello contrasta significativamente con las emisiones de países tales como USA, que emite 23,5% del total, China: 11,9%, Rusia: 5,9%, Japón: 4,9%, India: 4,5%, Alemania: 3,3%, Reino Unido: 2,3%, México 1,7%, etc. Las bajas emisiones de Venezuela significan que sus posibilidades de contribución al esfuerzo global de reducción de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero son poco significativas (Sánchez, 2004).

Venezuela es un país relativamente limpio en cuanto a emisiones de CO<sub>2</sub> debido fundamentalmente a tres razones, que son: su población, que es de apenas 24 millones de habitantes, el notable aprovechamiento de sus recursos de hidroenergía, que le permiten cubrir el 70% de sus requerimientos de electricidad con esta fuente renovable y el consumo preferente del gas natural para satisfacer la demanda de energía industrial, comercial y doméstica.

Aun así, es posible identificar en el país oportunidades de mitigación de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero en distintos sectores.

Las medidas de mitigación que han sido identificadas

corresponden a los sectores cuyas emisiones son comparativamente más altas dentro del inventario nacional.

La adopción de estas medidas de mitigación, necesariamente ha de tener en cuenta su alineación con las prioridades nacionales, en términos del mejoramiento de la calidad de vida y las infraestructuras de servicios, con el propósito de orientar los esfuerzos hacia el desarrollo sustentable. En otras palabras, carecería de sentido realizar los esfuerzos de mitigación en un contexto aislado, debido al elevado costo de los mismos y la necesidad que tiene el país de orientar sus inversiones a la satisfacción de sus necesidades de desarrollo.

### 6.1 Distribución sectorial de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero

El inventario de emisiones de Venezuela del año 1999 muestra que el 77%, expresadas como emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente, provienen del sector energético, repartidas en 55,1% por la quema de combustibles fósiles y 21,7% por los venteos de gas a la atmósfera en los campos de producción petrolera. Otras emisiones de Gases de Efecto Invernadero se producen por actividades agrícolas (14,9%) procesos industriales (4,9%) y por el manejo de desechos (3,3%).

En el Cuadro N° 6.1 se aprecia que dentro del sector energético las industrias de la energía son las que más aportan emisiones de CO<sub>2</sub> por consumo de combustibles, seguido del sector transporte y luego la

Cuadro N° 6.1

Contribución de los sub-sectores energéticos a las emisiones de CO<sub>2</sub> del sector energía. Año 1999

SUB-SECTORES	EMISIONES DE CO <sub>2</sub> (Gg)	%
<b>Transporte</b>	<b>33.730,00</b>	32,09
Terrestre	32.906,00	
Gasolina	26.839,80	
Diesel	5.674,00	
Otros	392,20	
Aéreo	824,20	
<b>Industrias de la energía</b>	<b>46.907,80</b>	44,62
Petróleo y gas	32.527,20	
Generación eléctrica	14.380,60	
<b>Industria manufacturera</b>	<b>14.856,00</b>	14,13
Hierro y acero	7.876,54	
Metales no-ferrosos	1.188,19	
Industria química	1.870,89	
Pulpa y papel	1.468,01	
Alimentos, bebidas y tabaco	2.452,63	
<b>Comercial</b>	<b>1.235,00</b>	1,17
<b>Residencial</b>	<b>5.449,00</b>	5,18
<b>Agrícola, forestal y pesca</b>	<b>386,00</b>	0,37
<b>Fugas y venteos</b>	<b>2.552,70</b>	2,43
<b>TOTAL</b>	<b>105.116,50</b>	100,00

industria manufacturera. También son significativas en esta distribución, aunque en menor grado, las emisiones del sector residencial y los venteos de gas a la atmósfera que se producen en la industria petrolera.

## 6.2 Características del sector energético

Uno de los aspectos más conocidos de Venezuela en el ámbito internacional es su capacidad como país productor y exportador de energía. Este es un rasgo distintivo de radical importancia, porque la energía es un insumo indispensable para la producción de bienes y servicios fundamentales al hombre. Ello incluye: el transporte de personas y mercancías, la manufactura de productos industriales, la iluminación, el funcionamiento de los aparatos electrodomésticos, la cocción de alimentos y la calefacción, para nombrar sólo algunos de los elementos de confort o conveniencia que, gracias a la energía, simplifican y mejoran la calidad de vida de miles de millones de

personas. La demanda mundial de energía se incrementa día a día con el crecimiento poblacional y con las acciones que buscan satisfacer las necesidades de desarrollo de los países. Tales razones hacen que la explotación de las reservas de recursos de energía que posee Venezuela sea de tal importancia para el país, que representa el motor impulsor de su economía, la posibilidad de alcanzar un mayor estado de desarrollo y su mejor vía para estrechar relaciones comerciales con otras naciones. El país cuenta no sólo con enormes reservas de petróleo, gas y bitúmen, sino además con un potencial hidroeléctrico importante bastante desarrollado, abundantes reservas de carbón y un potencial no explotado de fuentes alternas de energías renovables que incluyen las energías solar, eólica, biomasa y geotérmica.

La fuente con mayor disponibilidad de reservas es el petróleo; el país posee un total de 77.000 millones de barriles de crudos convencionales en reservas

probadas, para el año 2.002. Este volumen de reservas probadas hace que Venezuela ocupe el sexto lugar a escala mundial, y sexto también entre los miembros de la Organización de Países Exportadores de Petróleo OPEP. Las reservas de gas natural ascienden a 1,18 billones de m<sup>3</sup> para el mismo año, de los cuales 91% se encuentra asociado a los yacimientos de petróleo y el resto se localiza en yacimientos de gas libre. Venezuela comparte con Indonesia el séptimo lugar a escala mundial en reservas de gas, y el quinto dentro de la OPEP. Las reservas de carbón mineral totalizan 1.309 millones de toneladas métricas y están ubicadas principalmente en el Estado Zulia. El potencial hidroeléctrico se estima en 54.700 MW.

La producción total de energía primaria en Venezuela, expresada en millones de barriles equivalentes de petróleo, durante el período 1975-2002 se muestra en la Figura 6.1. En ella se aprecia claramente que la producción de energía primaria se asocia fundamentalmente a la producción de petróleo, la cual, a su vez, responde a las exportaciones.

Estas exportaciones fluctúan conforme a las estrategias de la OPEP, que buscan mantener el balance entre la oferta y la demanda de petróleo en el mercado. Ello explica el descenso de la producción

que se observa hasta mediados de la década de los años 80, su posterior ascenso hasta 1998 y el descenso posterior. La relación entre las exportaciones y la producción total de energía primaria disminuyó en el período, pasando de 79% en 1975 a 60% en el 2002.

En las Figuras 6.2 y 6.3 se observan los usos del petróleo y de los productos refinados en Venezuela, respectivamente.

El consumo interno de productos de hidrocarburos, que incluye el uso de combustibles y productos no-energéticos, para la generación termoeléctrica, el consumo de la industria petrolera y el consumo de los sectores transporte, industria manufacturera, doméstico, servicios y agricultura, se mantuvo constante durante casi toda la década de los años 90, alrededor de 148 millones de barriles al año (unos 405.000 barriles por día) debido a que el crecimiento de la demanda en este período, e incluso durante buena parte de la década de los años 80 se vio compensada por una reducción de la demanda del sector eléctrico, gracias a la expansión de la generación hidroeléctrica que tuvo lugar en dicho período. A partir de 1998 comienza a notarse un incremento moderado del consumo interno, hasta alcanzar, en el año 2002 un consumo de 205 millones de barriles al año (560.000 barriles por día).

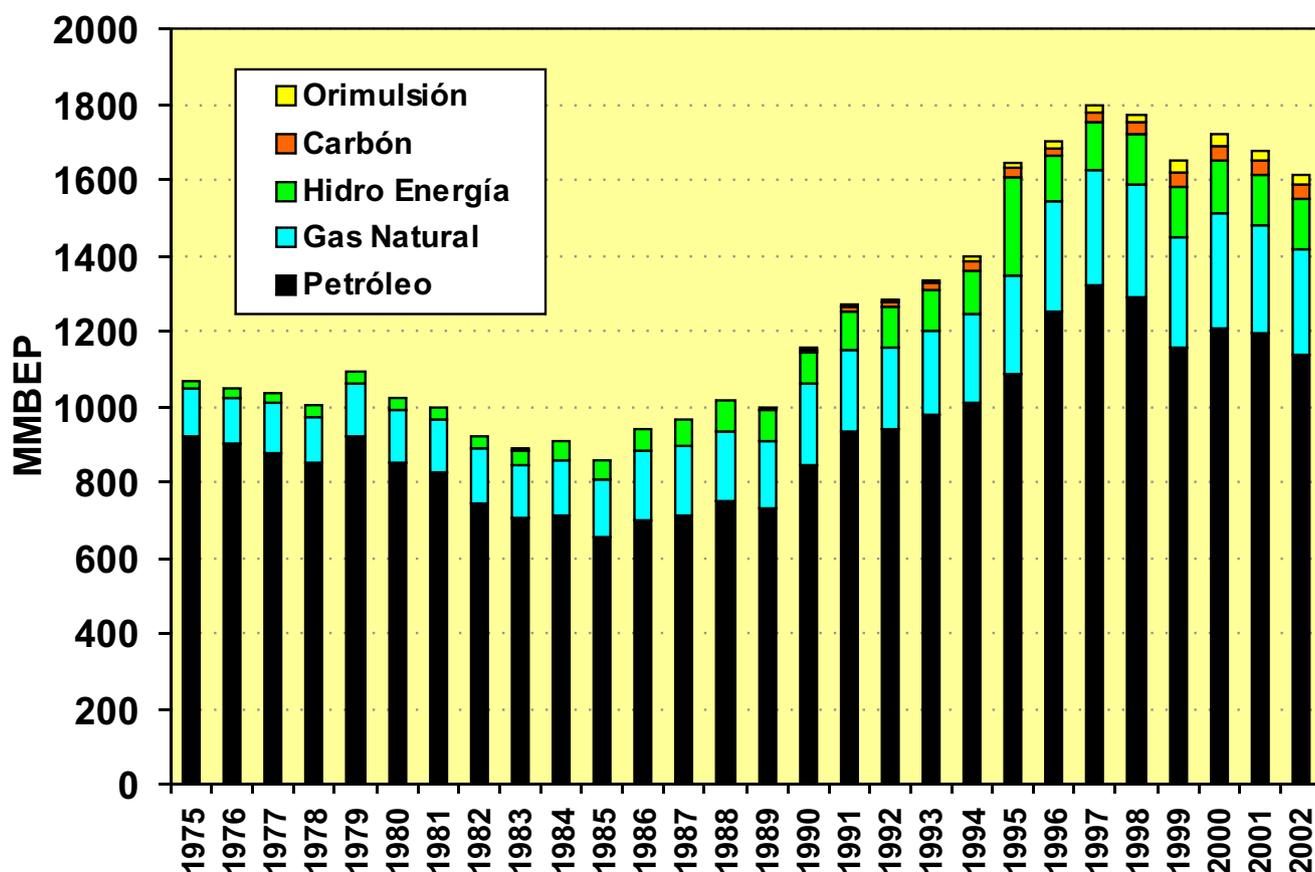


Figura N° 6.1. Producción de energía primaria en Venezuela (MMBEP)

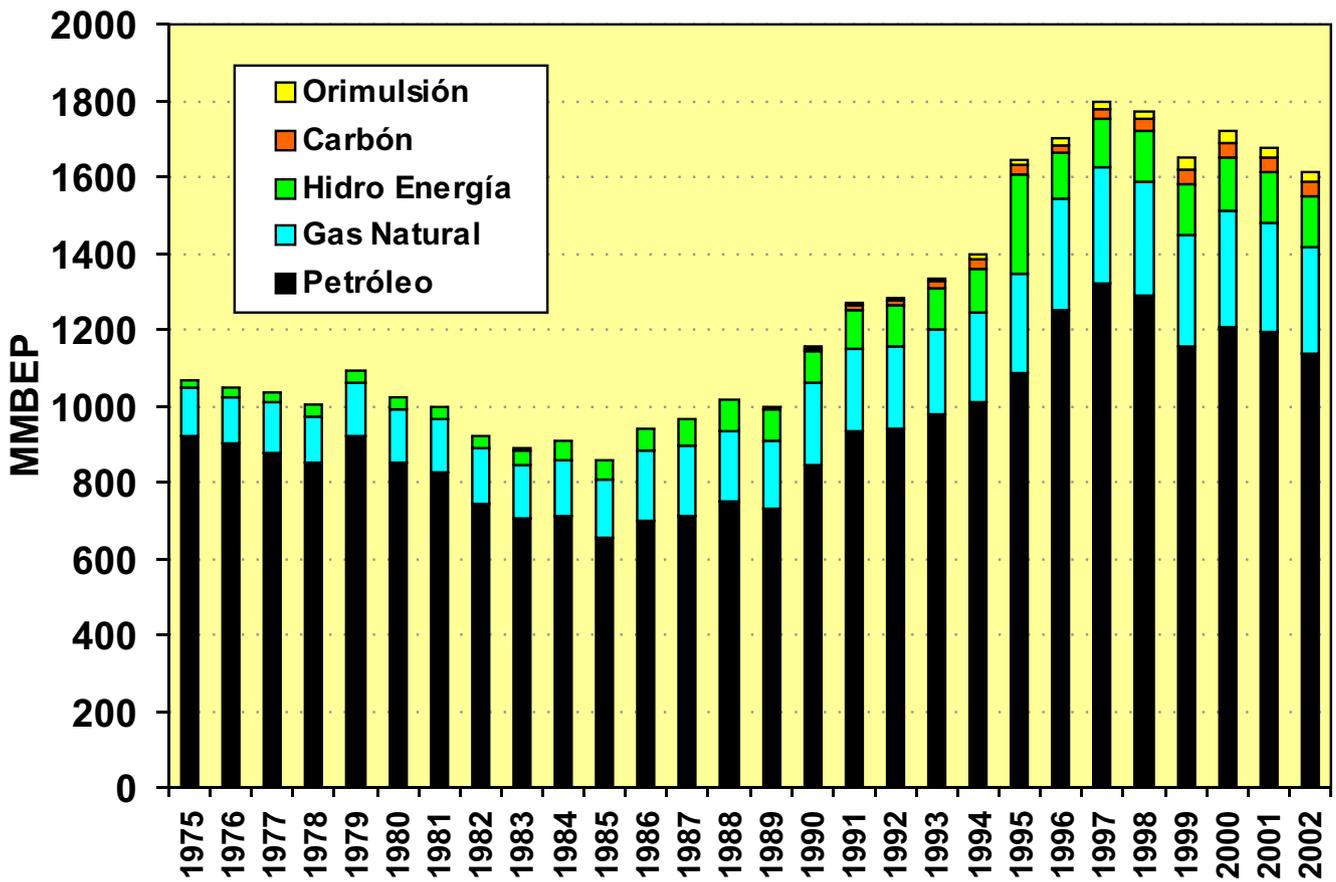


Figura N° 6.2. Usos del petróleo (MMBBL)

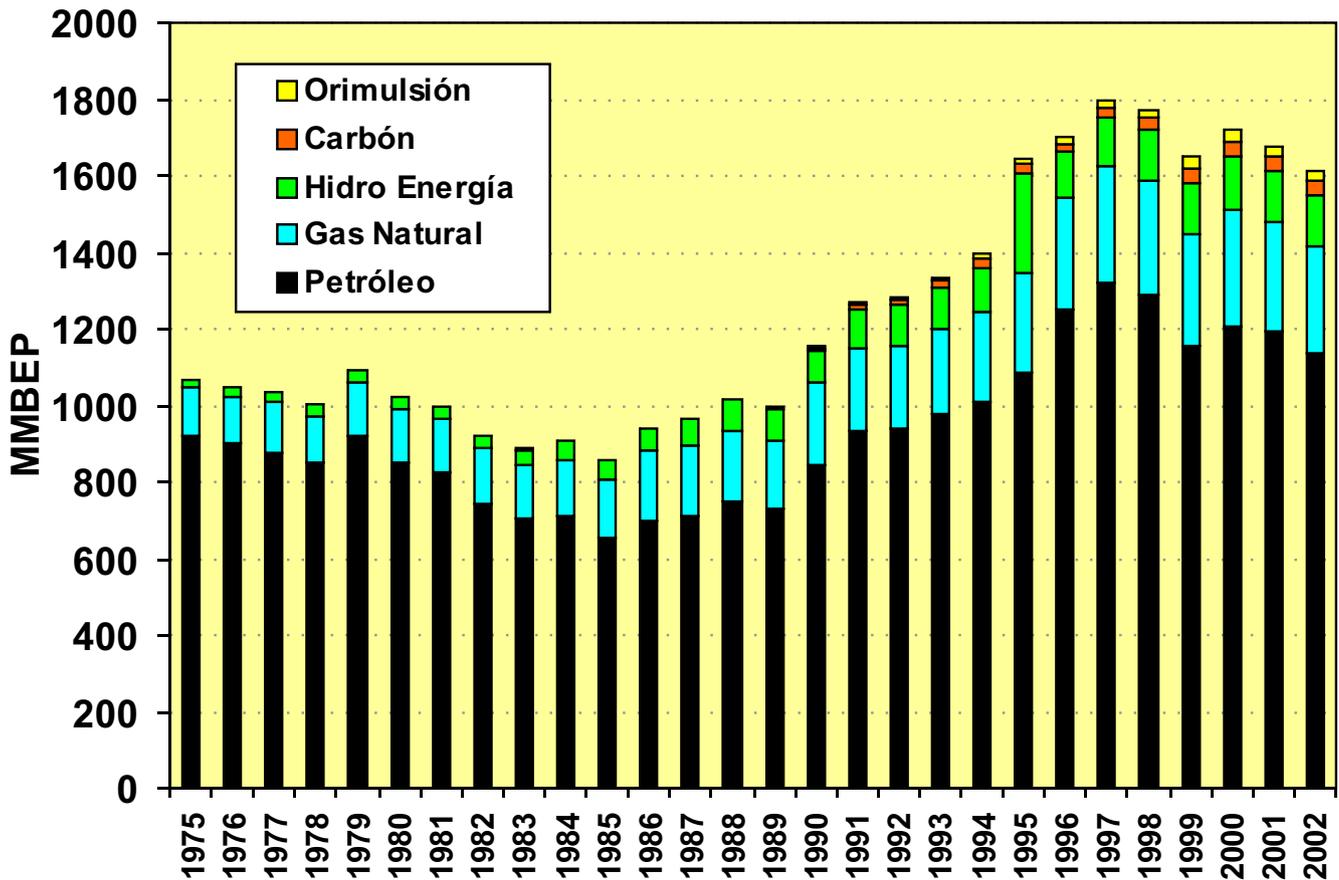


Figura N° 6.3. Usos de los hidrocarburos (MMBBL)

La relación del consumo interno de productos de hidrocarburos con respecto a la producción petrolera se incrementó de 15,1% en 1993 a 18,0% en el año 2002.

La Figura 6.4 muestra los diferentes usos del gas natural en Venezuela. La cantidad de gas arrojado anualmente a la atmósfera (gas venteado) en el período entre 1975 y 2002 osciló entre 5 y 10% del total de gas producido. Esta cantidad es significativamente inferior al gas venteado durante las décadas de los años 50, 60 y comienzos de los 70, cuando se alcanzaron proporciones de hasta 60% del gas producido, ello fue el resultado de la política de preservación del recurso, adoptada en el país, mediante la re-inyección del gas en los yacimientos.

El servicio eléctrico es provisto en Venezuela por cinco empresas del sector público y ocho del sector privado. El crecimiento sostenido de la generación hidroeléctrica desde 1975 hasta el presente ha permitido que la generación termoeléctrica se mantenga estable en el periodo, como se observa en la Figura 6.5. En esta figura se puede apreciar que a mediados de la década de los años 80 la preponderancia de la generación térmica sobre la generación hidroeléctrica se invirtió y ello tuvo lugar

gracias al desarrollo de la central hidroeléctrica Raúl Leoni, construida en el río Caroní, que posee una capacidad instalada de 10.000 MW.

La capacidad instalada total de generación hidroeléctrica del país asciende a 13.224 MW, mientras que la capacidad de generación termoeléctrica fue 7.409 MW, para el año 2000. La relación generación hidroeléctrica/generación termoeléctrica para este mismo año fue 74/26. El esfuerzo realizado en Venezuela para llevar el servicio eléctrico a la población ha sido significativo, actualmente 92% de la población tiene acceso a la electricidad; todos los asentamientos humanos de más de 500 habitantes están servidos.

En la Figura 6.6 se muestra el consumo total de energía por sectores entre 1993 y 2002.

La tasa de crecimiento promedio interanual del consumo de energía en las décadas de los años 80 y 90 fue apenas 2,2%, una proporción muy inferior al crecimiento de 6% experimentado en la década de los 70. Esta disminución se atribuye a la recesión económica de las últimas dos décadas y no a la mejora de la eficiencia energética. En el período la intensidad energética más bien se incrementó ligeramente.

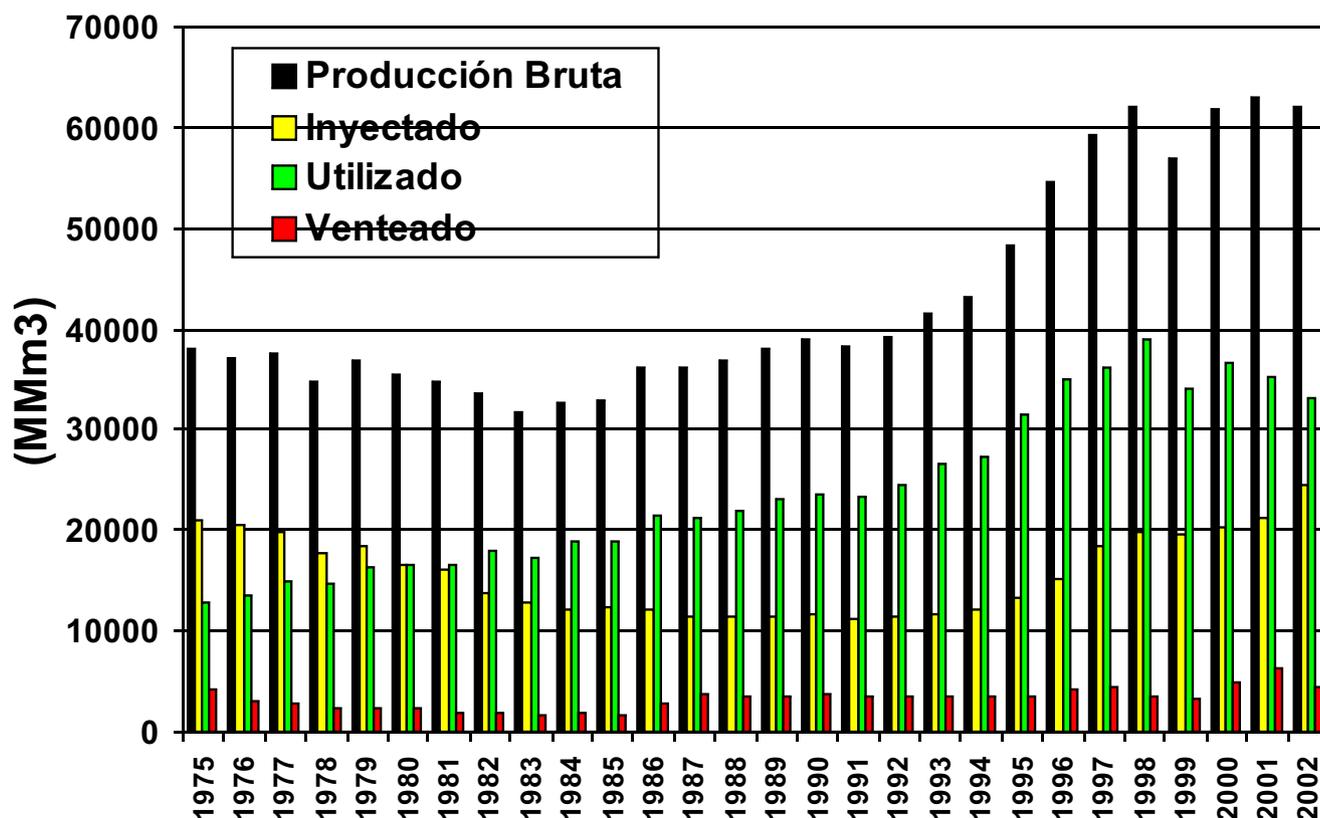


Figura N° 6.4. Usos del gas natural en Venezuela (Mmm³)

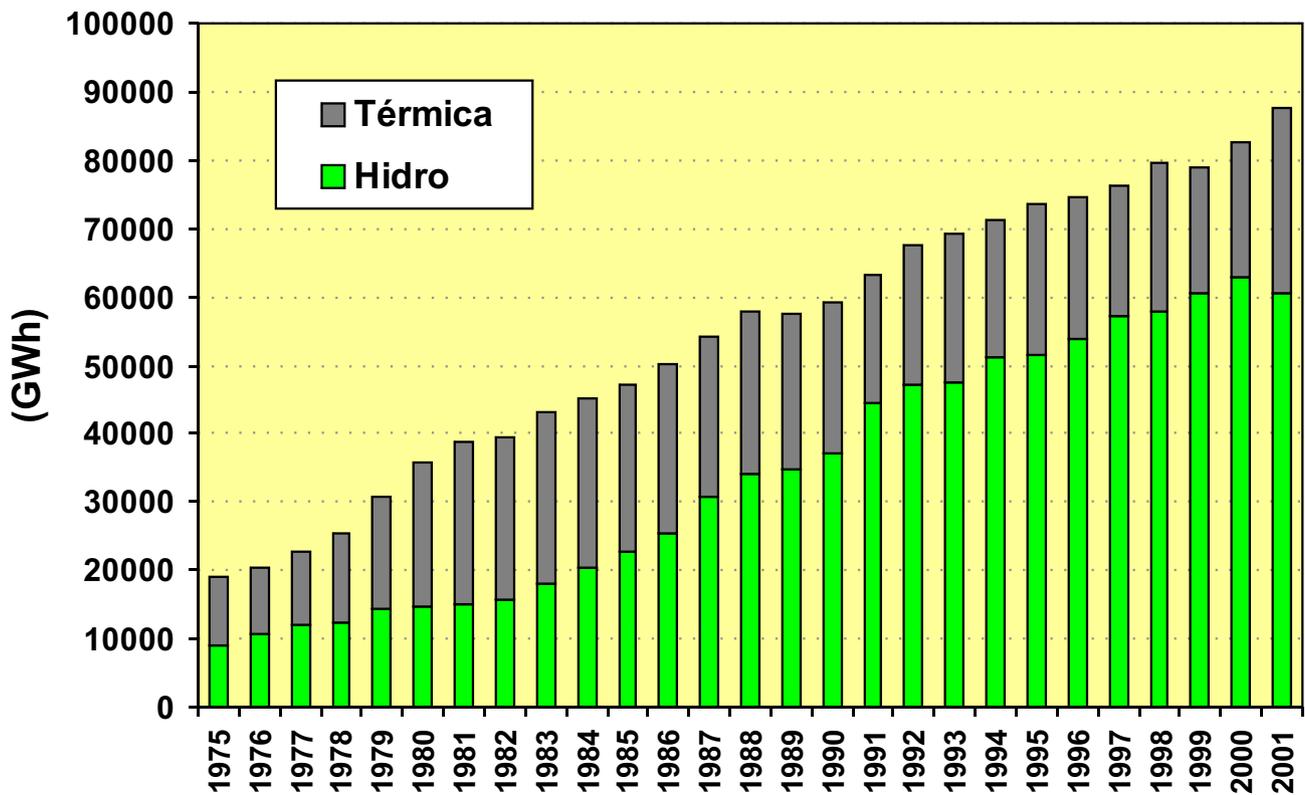


Figura N° 6.5. Generación de energía eléctrica en Venezuela (Gwh)

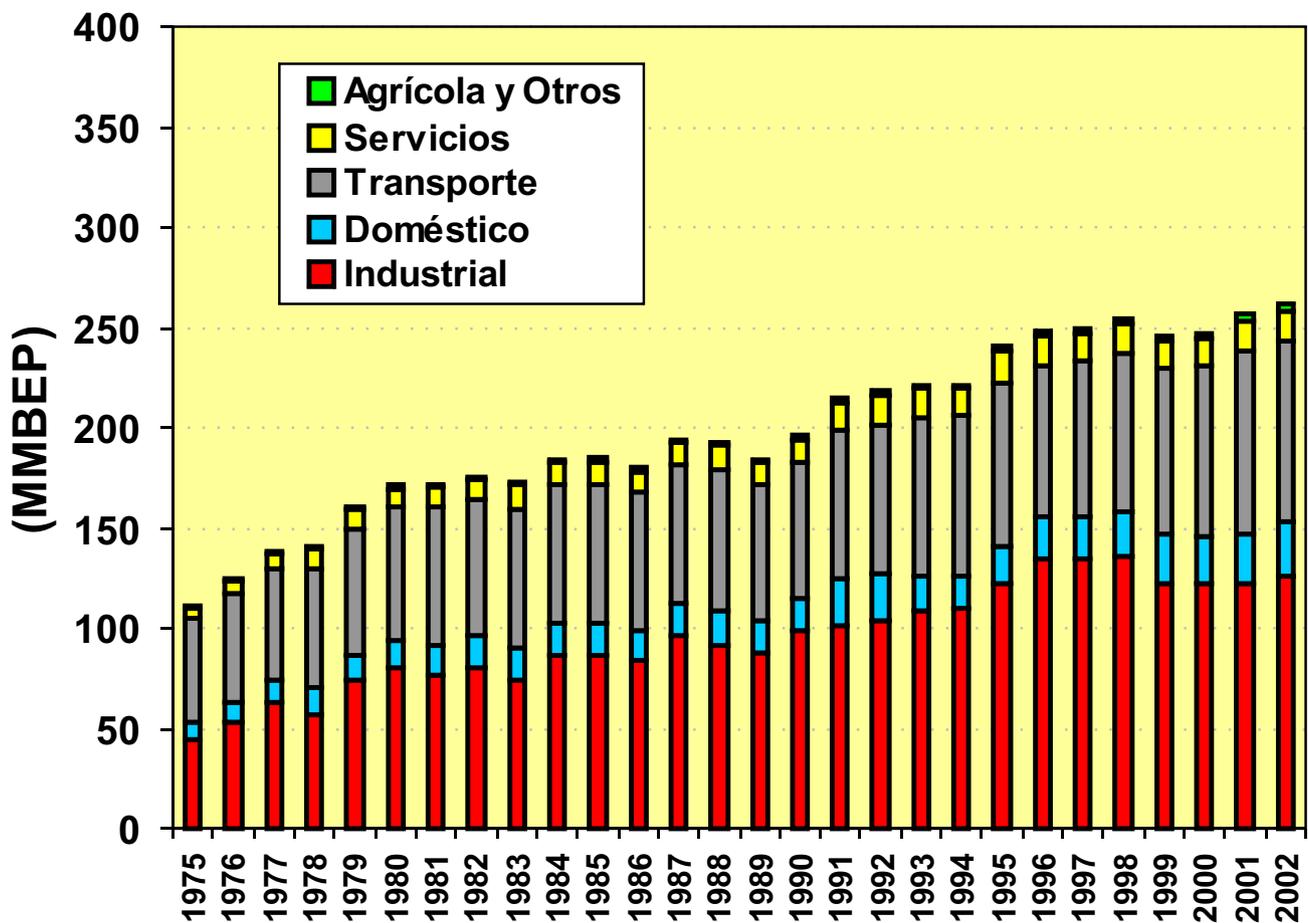


Figura N° 6.6. Consumo total de energía por sectores (MMBEP)

### 6.3 Opciones de mitigación de emisiones del sector energía

La mitigación o reducción de emisiones requiere de la elaboración de uno o varios escenarios de línea base de emisiones futuras de Gases de Efecto Invernadero, contra la(s) cual(es) se pueda contrastar o cuantificar la reducción efectiva esperada de cada opción. Por ejemplo, una línea base típica sería la correspondiente a las emisiones que se producirán en ausencia de cualquier iniciativa de reducción de emisiones en un determinado período de tiempo.

Para establecer esta línea base se necesita disponer de las expectativas oficiales de oferta y demanda interna de energía a futuro, las cuales, a su vez, están vinculadas con las decisiones políticas, económicas y sociales previsibles conexas al sector energético. Las consultas realizadas para obtener las expectativas oficiales de oferta y demanda energéticas dieron como resultado que, a la fecha de elaboración de la presente Comunicación, estas no estaban aún disponibles, por encontrarse en proceso de actualización. Las últimas estimaciones realizadas al respecto datan de 1995 y por tanto no recogen las tendencias de la última década, siendo por ello poco útiles para el propósito de establecer escenarios de la línea base de emisiones futuras.

Es por ello que no fue posible establecer una línea base de emisiones futuras de Gases de Efecto Invernadero, ni tampoco de escenarios de

mitigación. Debido a esta limitación, el presente análisis se limitará a la identificación de los sub-sectores energéticos en los que en una primera aproximación pueden encontrarse oportunidades significativas de reducción de emisiones.

Estos sub-sectores serán aquellos cuyas emisiones representen una proporción elevada del total del sector y/o posean una tasa elevada de crecimiento de sus emisiones en el tiempo. El establecimiento de escenarios de mitigación y de las opciones de mitigación más eficaces en función de sus costos es una tarea que quedará pendiente para la elaboración de la Segunda Comunicación Nacional, ocasión en la cual, se espera estén disponibles estimaciones actualizadas de la proyección de la oferta y demanda de energía y de las políticas económicas, sociales y ambientales conexas.

En el Cuadro N° 6.1 se aprecia que las industrias de la energía son las que más aportan emisiones de CO<sub>2</sub> por consumo de combustibles dentro del sector energético, seguido del sector transporte y luego la industria manufacturera. También son significativas en esta distribución, aunque en menor grado, las emisiones del sector residencial y los venteos de gas a la atmósfera que se producen como parte de las actividades de la industria petrolera. En cuanto a la evolución de estas emisiones en el período transcurrido entre 1971 y 1999, esta se muestra en la Figura 6.7.

De acuerdo a ésta gráfica, el incremento de las

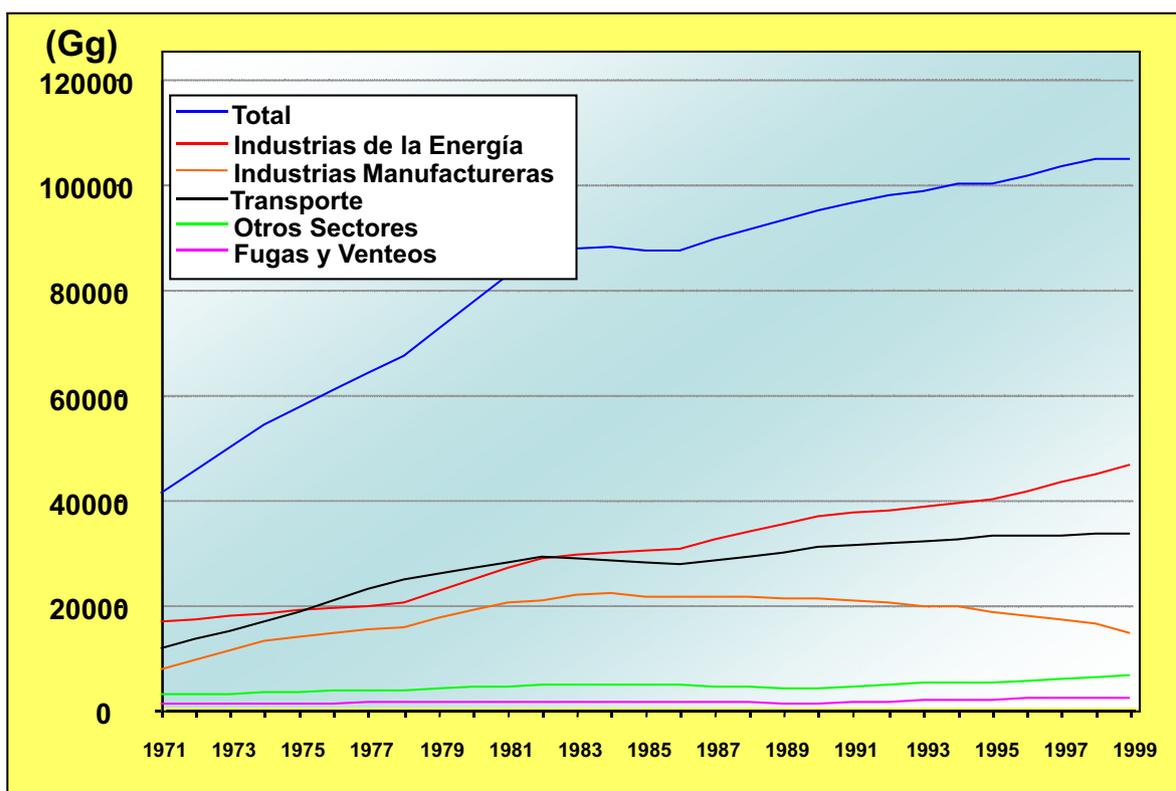


Figura N° 6.7. Evolución de las emisiones de CO<sub>2</sub> de Venezuela por el uso de combustibles fósiles (Gg)

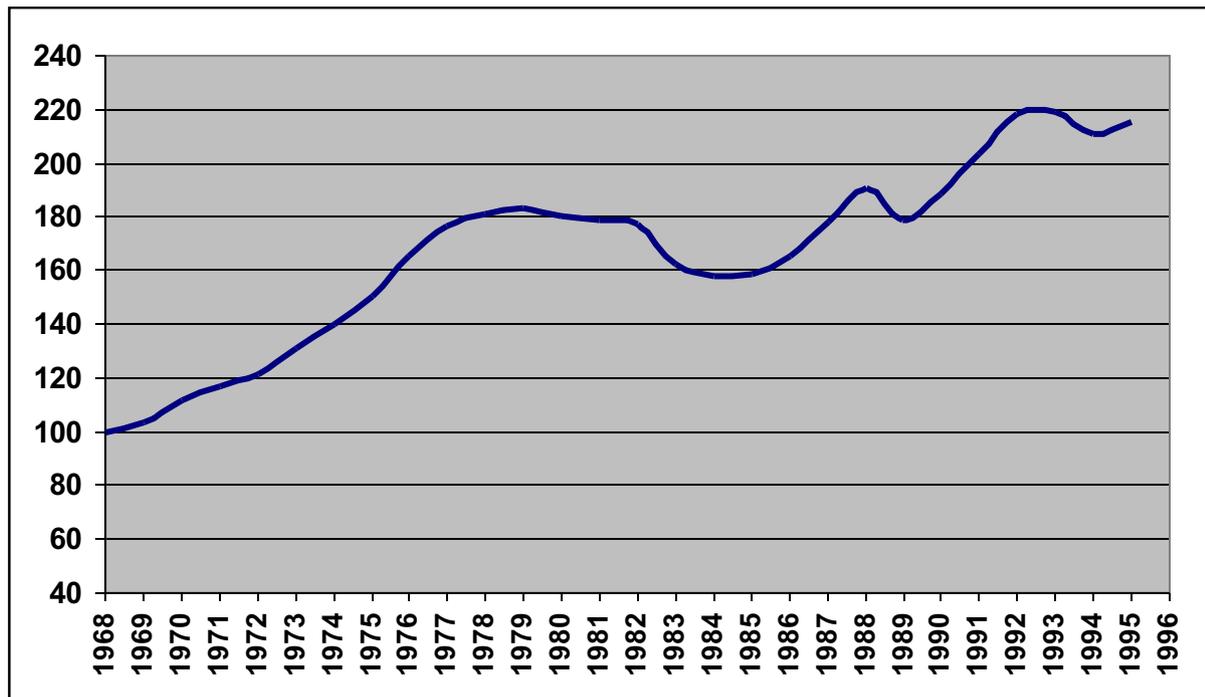


Figura N° 6.8. Índice de actividad económica en Venezuela (1968 = 100)

emisiones totales de CO<sub>2</sub> del sector energía en el período muestra claramente dos comportamientos distintos: entre 1971 y 1982 las emisiones crecieron a una tasa superior a la observada entre 1986 y 1999, con una transición de cuatro años en los que la emisión de CO<sub>2</sub> permaneció más o menos constante. En términos generales, esta evolución pudiera ser atribuida a la variación de la actividad económica en el país: entre 1971 y 1982 la economía propulsada principalmente por el incremento del precio del petróleo, creció constantemente y a una tasa superior a la del período entre 1986 y 1999. Durante este último período, la evolución de la actividad económica ha sido irregular, con altibajos y en promedio a una tasa de crecimiento inferior, como se puede apreciar en la Figura 6.8. Este crecimiento irregular se corresponde con las condiciones recesivas de la economía observadas desde 1985.

Conforme a la Figura 6.8 y al Cuadro N° 6.1, las oportunidades de reducción de emisiones son más propicias en los sub-sectores industrias de la energía y transporte, que en la industria manufacturera, cuyas emisiones han retrocedido durante la última década. Las emisiones de otros sub-sectores, que incluyen el doméstico y comercial, presentan sólo una ligera tasa de incremento, al igual que las emisiones por fugas y venteos a la atmósfera, pero ello no impide que también puedan ofrecer oportunidades para la mitigación.

Las empresas de energía contribuyen con el 32,8% de las emisiones del sector energético, totalizando 46,91 millones de toneladas métricas (MM ton) de CO<sub>2</sub>, repartidos entre la industria petrolera, que emite 32,53

MM ton y la generación eléctrica y de calor con 14,38 MM ton. Las opciones de mitigación en el sector energía son posibles bien sea mediante la sustitución de fuentes energéticas, la incorporación de tecnologías que permiten un aprovechamiento energético más eficiente o por la adopción de prácticas de ahorro y conservación de energía.

Las emisiones de CO<sub>2</sub> de la industria petrolera provienen de la combustión de gas natural en los hornos, calderas, compresores, generadores y motobombas de las instalaciones industriales. La industria petrolera también emite CH<sub>4</sub> cuando se arroja a la atmósfera parte del gas natural que se produce simultáneamente con el petróleo, y también por la fugas de gas natural que ocurren en los compresores.

La mayor parte de estas emisiones tienen lugar en las operaciones de producción de crudo y de refinación. Las oportunidades de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> por el uso de gas en las actividades de extracción y separación de petróleo están en el mejoramiento de la eficiencia energética de equipos tales como las calderas industriales, calentadores, compresores, motobombas y otros equipos operados con gas. En un complejo industrial de las dimensiones y características de la industria petrolera venezolana, es común que existan en operación equipos antiguos, energéticamente ineficientes, cuya vida útil se ha logrado prolongar gracias a las prácticas de mantenimiento adoptadas. Sin embargo, estos equipos también representan una muy buena oportunidad para la reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero, mediante su reemplazo por instalaciones modernas. Ello implica la realización de

una auditoría energética a tales equipos, para identificar aquellos que ofrecen oportunidades para mejora de la eficiencia y a la vez están próximos a completar su vida útil, por lo cual pudiera adelantarse su reemplazo por unidades más eficientes, con el fin de reducir las emisiones. Tal auditoría debería permitir establecer el ahorro de combustible inherente al reemplazo del equipo.

En cuanto a las emisiones de metano, su distribución entre las actividades de la industria petrolera se muestra en el Cuadro N° 6.2, donde se puede apreciar que prácticamente la totalidad de las emisiones se producen en los campos de producción petrolera, debido a la práctica de arrojar el gas a la atmósfera y por las fugas que se producen en los compresores y tanques de almacenamiento de crudo, entre otros equipos.

El 75,7% de las emisiones de metano de la industria petrolera se producen por los venteos de gas. Con frecuencia el gas pobre o de baja presión se arroja a la atmósfera en las estaciones de flujo donde no se dispone de capacidad para su compresión, recolección y transporte (ver Cuadro N° 6.3). Esta representa una muy buena oportunidad para la reducción de las emisiones de metano, bien sea dotando a las estaciones de la infraestructura requerida o, cuando ello no resulte factible, instalar un mechurrio y quemar el gas antes de arrojarlo a la atmósfera, porque de esta manera el metano es convertido en CO<sub>2</sub> que es un gas de menor poder radiativo.

Asimismo, las emisiones de gas en los pozos del Occidente del país emiten el 21,2% de las emisiones de metano de la industria petrolera. Ello ocurre en los

**Cuadro N° 6.2**  
**Emisiones de CH<sub>4</sub> de la industria petrolera según actividades**

	<b>Mton</b>	<b>%</b>
Producción petrolera	1779	98,5
Producción de gas	7	0,4
Producción de Orimulsion	2	0,1
Refinación	14	0,8
Producción de carbón	4	0,2
<b>Total</b>	<b>1806</b>	

**Cuadro N° 6.3**  
**Distribución de las emisiones de CH<sub>4</sub> de la industria petrolera según sus fuentes**

	<b>Mton</b>	<b>%</b>
Venteos de gas por chimenea	1368	75,7
Venteos en pozos de occidente	383	21,2
Mechurrios o quemadores de gas	25	1,4
Compresores a gas	12	0,7
Fugas en estaciones de flujo	7	0,4
Tanques de crudo con techo fijo	5	0,3
Extracción de carbón	4	0,2
Carga de buques tanqueros	2	0,1
<b>Total:</b>	<b>1806</b>	

yacimientos que por haber estado en explotación durante varias décadas, su presión se ha reducido considerablemente y para poder extraer el crudo, se hace necesario estimular el yacimiento mediante la inyección de vapor de agua y, para obtener condiciones óptimas de extracción, los pozos deben operar con la tubería de revestimiento abierta "open casing" produciéndose fugas de gas. Para recoger este gas, se hace necesaria la instalación de una infraestructura compleja y costosa, considerando que el poder calorífico de este gas apenas oscila entre 700 y 900 BTU/pie cúbico y su presión debe aumentarse de 2 a 65 pie/pulgada<sup>2</sup>. Esta situación tiene lugar en los yacimientos de la costa oriental del Lago de Maracaibo (Costa Bolívar), pero es posible que en décadas futuras, a medida que se agote la presión en otros yacimientos, se repita esta situación en otras localidades.

Las emisiones de metano en los compresores pueden provenir de pérdidas en los sellos, en las válvulas y durante el arranque y las paradas de los mismos. Los compresores viejos usan sellos de aceite, los cuales pueden emitir de 5 a 10 veces más metano que los sellos de gas. Por otra parte, es posible encontrar que las válvulas que utilizan estos compresores sean de tecnología obsoleta y con altas tasas de fuga. El control de estas emisiones se puede lograr a través del reemplazo (cuando la economía y las condiciones de los compresores así lo requieran) de estos compresores, los sellos de los mismos y sus válvulas por tecnologías más modernas. Con ello se puede lograr disminuir las fugas hasta en un 90%.

En cuanto al sector eléctrico nacional, éste está conformado por empresas propiedad del Estado y empresas públicas. El 72% de la generación eléctrica en Venezuela proviene de fuentes hidrías. Las empresas del Estado suplen más del 80% de la generación eléctrica nacional y controlan la totalidad de la producción hidroeléctrica. Las emisiones de CO<sub>2</sub> de este sector provienen de las plantas térmicas de generación de electricidad y calor por la combustión de gas natural y fuel oil.

Las oportunidades de reducción de emisiones en estas instalaciones derivan del cambio de combustible o sustitución del fuel oil por gas y de la incorporación de tecnologías que permitan un aprovechamiento más eficiente de la energía. Debido a que la generación eléctrica en Venezuela proviene mayoritariamente de fuentes hidro, las oportunidades de reducción de emisiones en este sector son escasas. Las posibilidades de sustitución del fuel oil por gas como combustible de las plantas termoeléctricas existentes son bastante limitadas, por cuanto la gran mayoría de estas plantas (81%) actualmente operan a gas. Sin embargo, de las plantas existentes, muy pocas utilizan la tecnología de cogeneración, o ciclos combinados, de donde se

deduce la existencia de posibilidades de mejora de la eficiencia energética mediante la modernización de los equipos.

Una iniciativa en estudio es el desarrollo de un Plan Nacional de Etanol para la sustitución del tetraetilo de plomo como un aditivo de origen vegetal. Para ello, se analizan los cultivos de caña de azúcar, yuca, arroz y sorgo, en cifras que al menos duplican las superficies actuales. Se espera un importante impacto en desarrollos endógenos de nuestra agricultura, así como una reducción significativa de la contaminación en aire y agua.

#### **6.4 Oportunidades de mitigación de emisiones en el sub-sector transporte**

El sub-sector transporte es el segundo en importancia en cuanto a emisiones, detrás de las emisiones de las industrias de la energía. Según el balance energético del país, en el año 1999 el sector transporte consumió 82 millones de barriles equivalentes de petróleo (MMBEP) que representaron el 33% del consumo total de energía. Los combustibles utilizados para el transporte en Venezuela son las gasolinas de motor, que representa el 79,8% del consumo total y el diesel oil que participa con 15,8%, mientras que el gas natural y el turbo querosén tienen una participación minoritaria. El transporte terrestre representa el 97% de las emisiones totales del sector, mientras que el transporte aéreo emite el 2,4% del total. Por consiguiente, es en el transporte terrestre donde pueden identificarse oportunidades de mitigación de las emisiones.

El último estimado oficial del tamaño del parque automotor data de 1995, según éste, el parque de vehículos de todo tipo censado ascendía a 2.711.000 unidades. De este total, el mayor número corresponde al Distrito Federal (607.496), seguido del estado Miranda (algo más de 274.000) y de Zulia (266.000). A partir de mediados de los 80 el desmejoramiento paulatino de la calidad de la vida, el continuo proceso de devaluación del bolívar y la dolarización de la economía nacional ha mermado el poder adquisitivo de los venezolanos produciendo una sensible reducción del crecimiento de la producción y adquisición nacional de vehículos. La dificultad para adquirir vehículos nuevos ha obligado a prolongar su vida útil, trayendo como consecuencia la circulación de vehículos con elevada antigüedad y, a menudo, en mal estado debido a la escasa y mal formada mano de obra encargada del mantenimiento y reparación de los mismos.

Para 1995 la fuerza laboral dedicada al mantenimiento y reparación de vehículos era de 130.000 trabajadores, aproximadamente. De estos, 85.000 trabajadores eran latoneros, pintores, tapiceros y ayudantes, por lo que sólo unos 45.000 eran mecánicos encargados del mantenimiento y reparación del motor, del sistema de alimentación de combustibles, o electricistas. Por otro

lado, para satisfacer las necesidades de mantenimiento del parque automotor venezolano, se estimó que para el mismo año era necesario contar con unos 60.000 especialistas, tomando como una relación óptima el valor 40:1 entre números de vehículos y encargados de mantenimiento. Por lo tanto, a la fecha se detectó un déficit de unos 15.000 especialistas. Adicionalmente, sólo el 55% de los mecánicos había recibido alguna formación relativamente sistemática en su oficio.

La implantación de un programa de inspección y mantenimiento periódico de los vehículos automotores es una opción que permitiría reducir moderadamente las emisiones de Gases de Efecto Invernadero del sector transporte. La reducción de emisiones que cabría esperar viene dada por la economía de combustible del vehículo bien mantenido, en comparación con la del mismo vehículo carente de mantenimiento. Mediciones realizadas en 1994 por el INTEVEP (filial de investigación y desarrollo de Petróleos de Venezuela) a este respecto, dieron como resultado un incremento de la economía de combustible de 5,6%.

La puesta en práctica de un programa de inspección y mantenimiento de vehículos deberá enfrentar la barrera del natural rechazo de los propietarios a incurrir en el costo de las reparaciones mecánicas a que hubiere lugar, sobretodo en los sectores de bajos ingresos.

En Venezuela, algo más del 80% de los vehículos del parque automotor utilizan gasolina como combustible, alrededor del 2% utiliza gas natural comprimido, y el resto son vehículos a Diesel. La conversión de vehículos a gasolina por vehículos a gas natural reduce las emisiones de los mismos entre 15 y 20%, debido a que el gas natural posee un menor contenido de carbono por unidad de energía. La permanencia de un programa de uso del gas natural como combustible vehicular estaría garantizada por las enormes reservas de gas que posee Venezuela, estimadas en 148 billones de pies cúbicos.

Cabe mencionar como elemento a considerar, que a mediados de los años 90, se ensayó la iniciativa de usar gas como combustible vehicular, principalmente en Caracas, pero la misma no llegó a contar con el respaldo de un suficiente número de consumidores. Entre los aspectos que actuaron en su contra estuvieron: la insuficiencia de estaciones de servicio que ofrecieran el gas, lo que creaba incomodidades y disminuía la autonomía de los vehículos, la pérdida de espacio en la maleta de los vehículos por la colocación del tanque de gas, el mayor tiempo que toma la carga del tanque de gas y, por último, el bajo precio de la gasolina, que todavía no hace suficientemente atractivo el consumo de gas. En la actualidad, en Venezuela hay unos 60.000 vehículos a gas, que se sirven en poco más de 130 estaciones.

En cuanto a los servicios de transporte público vehicular en Venezuela, estos están orientados fundamentalmente hacia las personas de menores recursos económicos. Muchos de estos servicios son poco eficientes, irregulares y en algunos casos sólo satisfacen parcialmente las necesidades de desplazamiento de los usuarios. Ello incide en que los propietarios de vehículos personales no estén motivados al uso de los servicios de transporte público. Las mejoras que se realicen en términos de hacer más atractivo el transporte público, de manera que los propietarios lo prefieran con mayor frecuencia y, probablemente en las horas de mayor congestión, sobre sus vehículos particulares, redundaría en una reducción apreciable de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero, de la contaminación local provocada por los vehículos y representaría un ahorro de tiempo para los usuarios.

El mejoramiento de los servicios públicos de transporte no se limita a la dotación de unidades más eficientes y cómodas, sino que involucra un conjunto de factores, que incluyen el respeto de los horarios, el diseño óptimo de las rutas, su operación eficaz y el mejoramiento de la infraestructura vial, entre otros aspectos.

Cabe mencionar que en Venezuela se llevan a cabo varios proyectos de desarrollo de sistemas de transporte masivo de personas y mercancías, que por se representan formas significativas de reducción de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero del sector transporte. Ellas son el metro de la Ciudad de Maracaibo, el metro de Valencia, la extensión del metro de Caracas y el proyecto ferrocarrilero.

### 6.5 Opciones de mitigación de emisiones por manejo de desechos sólidos

La descomposición de desechos orgánicos aporta el 9,7% del total de las emisiones de metano en Venezuela. Se ha estimado que la participación porcentual promedio de los componentes orgánicos contenidos en los residuos sólidos municipales en Venezuela es la siguiente:

Papel y cartón: .....	20,3%
Textiles:.....	3,6%
Desechos de jardines: .....	12,9%
Restos de alimentos:.....	19,5%
Desechos de madera y paja:.....	0,3%
Total desechos orgánicos:.....	56,6%

Conforme a esta distribución, existen oportunidades de reducción de las emisiones de metano, mediante prácticas de gestión de los residuos de papel y cartón, desechos de jardines y restos de alimentos. Sin embargo, en Venezuela no existen sistemas de recolección separada de los desechos en el sitio de su generación y, al permitirse la mezcla de los mismos se reduce las posibilidades de manejo segregado. Una excepción pudiera estar en el manejo de los desechos

de papel y cartón, cuya segregación es menos problemática.

En los últimos veinte años se ha incrementado en Venezuela la construcción de rellenos sanitarios y vertederos de residuos sólidos. Esta tendencia se ha visto favorecida por el proceso de descentralización y la transferencia de competencias al nivel municipal, instituido en la Carta Magna y en la Ley Orgánica de Régimen Municipal, la cual establece, entre otros aspectos, que son competencias propias de los municipios las actividades vinculadas a los residuos sólidos, la protección del ambiente, la cooperación con el saneamiento ambiental y el aseo urbano domiciliario, comprendidos los servicios de limpieza, de recogida y tratamiento de residuos. No obstante, con base en la información disponible sobre generación, recolección, composición y disposición de residuos sólidos a nivel municipal, se estimó que la tasa de generación de residuos sólidos urbanos en Venezuela es 0,79 Kg./habitante/día, lo que representa, para una población urbana de 20.653.220 habitantes una generación de 16.316.044 Kg/día de residuos sólidos urbanos. Siendo la participación porcentual promedio de desechos de papel y cartón en el total de residuos sólidos urbanos 20,27%, ello que representa una generación diaria de:

$16.316.044 \times 0,2027 = 3.307.262 \text{ Kg. (1.207.150 Ton/año)}$   
Estos desechos son de naturaleza orgánica, y una vez depositados en el relleno sanitario, se descomponen en un ambiente anaeróbico, generando metano, el cual es un GEI de gran potencial de calentamiento (21 veces el potencial del CO<sub>2</sub>). De ser ellos reciclados, se evitaría su contribución a las emisiones de metano.

El cálculo de la generación de metano proveniente de la disposición de los desechos de papel y cartón en los vertederos del país, siguiendo la metodología del IPCC, arroja un valor de 149.000 Ton/año. Esta cifra pone en evidencia la existencia de una buena oportunidad de mitigación de emisiones en el reciclaje de papel y cartón.

Desde hace algún tiempo, en la ciudad de Caracas se han venido realizando esfuerzos para el reciclaje de papel, pero ellos han sido ajenos a un plan integral, concertado entre autoridades municipales y empresas interesadas, que haga óptima la operación de recolección.

## **6.6 Opciones de mitigación de emisiones del sector forestal**

El tratamiento multifactorial de las fuentes de los gases de efecto invernadero (GEI) ha sido la estrategia tradicional para afrontar las emisiones. Sin embargo, el conocimiento complementario, relacionado con los sumideros de GEI, nos permitiría el manejo integral de los mismos. En tal sentido, las Conferencias de las Partes (COP) de la CMNUCC han venido trabajando sobre modalidades y procedimientos forestales

relacionados con el desenvolvimiento de los Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL). Al propio tiempo, las investigaciones han venido ponderando la importancia de los sistemas nativos en el balance global de los GEI; esta nueva tendencia es apoyada por las recientes mediciones de los sumideros del bosque amazónico y las masas forestales templadas.

Los bosques y terrenos arbolados son sumideros de CO<sub>2</sub>, pues mediante la fotosíntesis absorben este gas del aire y lo convierten en carbohidratos que almacenan en sus tejidos y fibras. En otras palabras, las plantas son depósitos de carbono. Por tanto, la plantación de árboles (reforestación y forestación) y el incremento de la productividad de los bosques existentes contribuyen a retirar parte del CO<sub>2</sub> de la atmósfera. Este es un mecanismo natural que funciona mientras los árboles están en fase de crecimiento.

La superficie en hectáreas de los bosques plantados, bosques naturales y vegetación arbustiva en el país, para 1999, conforme a los datos recopilados a través de información bibliográfica por el Instituto Forestal Latinoamericano (IFLA) totaliza 57.6622.515 hectáreas. El cálculo de la absorción de CO<sub>2</sub> derivada de esta masa forestal, siguiendo la metodología del IPCC, es de 40.308 Gg de CO<sub>2</sub> para el año 1999. Se trata de una cifra que por su magnitud refleja la importancia significativa de los bosques y vegetación arbustiva como sumidero de CO<sub>2</sub> en Venezuela.

En principio existen dos categorías de oportunidades para la mitigación del cambio climático en el sector forestal. Estas son:

1) El manejo forestal sostenible con el fin de reducir la degradación de los bosques y en cierta forma disminuir la tasa de deforestación e incrementar la absorción, mediante actividades de reforestación y conservación de bosques naturales.

2) El desarrollo de nuevas plantaciones de bosques.

De estas dos categorías sólo se considerará la segunda, debido a la carencia actual de cifras precisas relativas a las tasas de deforestación. Ello deberá ser tenido en cuenta en futuras actualizaciones de la Comunicación Nacional de Venezuela en materia de cambio climático.

Las áreas para el desarrollo de plantaciones forestales en Venezuela fueron establecidas según decreto de ley el 12 de junio de 1992 (Gaceta Oficial N° 34.984). Este decreto designa 21 áreas en todo el territorio nacional, que totalizan una superficie de 9.190.034 ha. Asumiendo un almacenamiento de carbón promedio de 55 ton C/ha, la superficie total disponible para plantaciones forestales en Venezuela poseería una capacidad teórica de absorción de hasta 505,45 millones de toneladas de carbón durante 15 a 20 años, dependiendo del tipo de especies a ser plantadas.



## REQUERIMIENTOS NACIONALES PARA AFRONTAR EL CAMBIO CLIMÁTICO

Para afrontar el cambio climático, los países en vías de desarrollo en general, y Venezuela en particular, tienen una serie de requerimientos específicos que abarcan una amplia gama de campos de acción, aunque pueden resumirse en algunas categorías generales, que se superponen con las grandes debilidades referidas en el Capítulo 3: la escasez de personal especializado, las limitaciones tecnológicas e institucionales y la escasa disponibilidad de recursos financieros.

Venezuela se verá afectada no sólo por los impactos directos del Cambio Climático sobre el ambiente y la producción de bienes y servicios, con el consecuente incremento de los gastos corriente y de inversión asociados a las medidas de adaptación, sino que por su calidad de país exportador de petróleo, también sufrirá los efectos de contracción de la economía (spill over) por la disminución de las ventas del petróleo.

Bajo esta consideración, además de los requerimientos comunes a la mayoría de los países en desarrollo, Venezuela como país OPEP sostiene la posición de que deben concretarse las provisiones establecidas en los Artículos 4.8° y 4.9° de la Convención y 3.14° del Protocolo, que establecen la necesidad de que se adopten medidas para atender las necesidades específicas de los países en desarrollo, derivadas de los efectos sociales, ambientales y económicos adversos del cambio climático, pero también la consideración de los impactos que ocasionarán las medidas de reducción

de emisiones de Gases de Efecto Invernadero que asuman los países desarrollados. Estos artículos incluso destacan el caso de los países que como Venezuela, dependen en gran medida de los ingresos económicos generados por la producción, el procesamiento y la exportación de combustibles fósiles y de productos derivados de energía intensiva, tales como los productos metalúrgicos. Concretamente, la atención que reclama Venezuela se expresa en términos de ayuda para la diversificación de su economía, mediante la facilitación de conocimientos, transferencia de tecnología y mejoramiento de la capacidad de sus instituciones. Para Venezuela este tema es de gran importancia.

### **7.1 Incremento de capacidades técnicas personales e institucionales**

Uno de los principales requerimientos del país es el incremento de las capacidades técnicas, tanto personales como institucionales en el tema del cambio climático.

Dada la complejidad intrínseca del problema, que es multifactorial, se requiere un alto número de profesionales en muy diferentes áreas de las ciencias físicas y sociales, puras y aplicadas, para realizar labores tan disímiles como: medición sistemática; investigación (en agricultura, recursos hídricos, salud humana, eventos meteorológicos extremos, entre otras); desarrollo tecnológico para adaptación y

mitigación; planificación estratégica, incluyendo el manejo de modelos para la construcción de escenarios de crecimiento económico, su correspondiente demanda energética y emisión de Gases de Efecto Invernadero; manejo integrado de riesgos; manejo económico y financiero del mercado de carbono; negociación ante la CMNUCC y el Protocolo de Kyoto; educación y difusión de información al público, entre otras. Este listado, obviamente, es sólo un ejemplo, de ninguna manera constituye una revisión exhaustiva.

La escasez de recurso humano especializado tanto en las diversas instituciones del Estado como en el resto de los sectores (empresas, comunidades, sector educativo) es uno de los elementos que más dificultan la tarea de enfrentar el cambio climático, ya que aunque se dispone de especialistas de alta calificación (médicos con estudios de cuarto nivel, por ejemplo), son muy escasos los que manejan las relaciones cambio climático-salud humana, y en consecuencia, es casi imposible organizar de manera eficiente un trabajo *institucionalizado* en el sector salud. De esta situación se deriva que el país requiere un programa sostenido de formación de capacidades en el tema de cambio climático. La formación de capacidades obviamente incluye la capacitación de personal en temas específicos, pero ésta va mucho más allá, ya que facilita además el conocimiento y las herramientas para desarrollar estructuras organizacionales que permitan un trabajo institucionalizado de dichos temas específicos, enmarcándolos en un plan más general que, a su vez, forme parte de los programas nacionales en desarrollo sustentable.

El país requiere con urgencia creación de capacidades personales e institucionales, entre otras alternativas, en los siguientes aspectos:

- Programas de formación en los aspectos económico-financieros del cambio climático, a nivel de los altos gerentes del Estado (todos los Ministerios del sector económico).
- Programas de formación en los aspectos institucionales del cambio climático, para los tomadores de decisión en los niveles local y regional (Oficinas Ambientales de las Alcaldías y Gobernaciones; Jefes de División y Directores en todos los Ministerios).
- Programas de formación en los aspectos técnico-científicos de evaluación integrada de vulnerabilidad y adaptación, en los niveles local y regional (Oficinas Ambientales de las Alcaldías y Gobernaciones; Profesionales y Gerentes Medios en los Ministerios relacionados).
- Programas de formación en los aspectos económico-financieros de la evaluación de vulnerabilidades y costos de las medidas de

adaptación, para los tomadores de decisión en los niveles local y regional (Oficinas Ambientales de las Alcaldías y Gobernaciones; Jefes de División y Directores en los Ministerios relacionados).

- Programas de formación en el mercado de carbono, tanto para los tomadores de decisiones como para personal del sector educativo, que servirían como multiplicadores para las empresas privadas, las comunidades y otros actores de la vida nacional.
- Programas de formación en los aspectos económicos, financieros, institucionales y técnico científicos del Cambio Climático a nivel de técnicos e investigadores dentro de la programación del sistema de formación de recursos humanos del programa VENEHMET.

## **7.2 Reforzamiento de capacidades interinstitucionales para el manejo integrado del Cambio Climático**

Como aspecto transversal a las grandes líneas de actividades socioeconómicas, el Cambio Climático implica que, prácticamente, todos los organismos del Estado, a los diferentes niveles, en conjunto con los grupos principales (empresas, sociedad civil, comunidades, ONG's, entre otros) deben primero involucrarse en el conocimiento del tema de modo tal que permita definir las grandes estrategias de respuesta al problema, y segundo en la operativización de las actividades específicas que de manera sistemática se requerirán en el futuro.

Un esfuerzo de esta magnitud requiere no sólo recursos financieros, sino también un tiempo mínimo, que puede ser de varios años, para que la maquinaria sociopolítica de Venezuela esté realmente en capacidad de enfrentar los retos que impone el cambio climático. De este modo, la cooperación internacional para reforzar la capacidad de los países para enfrentar las consecuencias del Cambio Climático debe ser también un esfuerzo sostenido en el tiempo. Se requiere reforzar la capacidad del país en el área de evaluación integrada de vulnerabilidad y adaptación, así como en los aspectos referidos a la negociación. Ambos temas, por su esencia misma, involucran a un gran número de instituciones, no sólo del Estado, sino también a otras representativas de los demás actores en la vida nacional; en este sentido, involucrar a la Comisión Nacional de Gestión de Riesgo.

El concertar mecanismos de trabajo entre varios organismos requiere de efectivas capacidades organizacionales, a fin de evitar la creación de nuevas instancias y el consiguiente aumento de la burocracia, así como para aprovechar la infraestructura comunicacional que representan las redes computarizadas. El país requiere apoyo en transferencia de tecnología en este tipo de conocimientos.

## 7.3 Transferencia de tecnología

### 7.3.1 Los Requerimientos de tecnología en Venezuela

La economía venezolana es altamente dependiente de los ingresos provenientes de las exportaciones de petróleo, productos de hidrocarburos, hierro, acero y aluminio. Las actividades industriales conexas incluyen la exploración, producción y refinación del petróleo, la manufactura de productos petroquímicos, químicos y cemento, la minería y la siderurgia, entre otras. La disponibilidad de recursos energéticos diversos y abundantes facilitó el desarrollo de esas actividades industriales. El volumen total de reservas probadas de energía de Venezuela asciende a 115.000 millones de barriles equivalente de petróleo, de las cuales el petróleo convencional representa el 64% del total, el gas natural 28%, la hidroenergía el 0,2% y el carbón 7,8%. La producción total de energía primaria asciende a 4,9 millones de barriles equivalente de petróleo por día (bep/d) y el consumo doméstico total de energía es 0,75 millones de bep/d (15% de la producción total de energía primaria).

La generación de electricidad es 0,5 millones de bep/d, y la distribución por fuente es 72% hidro y 28% térmica. Actualmente 92% de la población tiene acceso al servicio eléctrico.

El cumplimiento de las regulaciones para la protección del ambiente en las actividades de producción de energía, procesos industriales y en las prácticas de uso de la tierra, requiere de una gestión eficiente de los riesgos ambientales inherentes a tales actividades, lo cual representa un reto significativo. Más del 54% del territorio nacional está sujeto a un régimen de protección legal de sus recursos naturales y los bosques naturales, que cubren algo más del 50% de la superficie del territorio venezolano, albergan recursos genéticos valiosos y diversos (Venezuela es uno de los primeros países mega-diversos del mundo). El riesgo de degradación y pérdida de esos ecosistemas es objeto de una preocupación creciente. Existe en el país la necesidad de identificar, evaluar, adquirir, desarrollar, adaptar e integrar tecnologías para la prevención y control de los riesgos ambientales, para enfrentar el reto de proteger los recursos naturales, y ello crea las oportunidades para la transferencia de tecnologías de protección del ambiente, en los sectores públicos y privados. Tales oportunidades se incrementarán en las próximas décadas, debidas principalmente al aumento y mejora esperada de los servicios públicos, a la expansión de la producción de petróleo y gas, así como de la minería, la agricultura y las actividades forestales.

Una muestra de las actividades específicas de protección ambiental necesarias, que representan oportunidades para la cooperación y transferencia

de tecnología, y mucho de las cuales contribuirían a reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero, incluye las siguientes:

- Minimización y disposición de desechos sólidos y semi-sólidos generados por la exploración, producción y refinación del petróleo.
- Reducción de los venteos de gas natural a la atmósfera, mayormente metano, un Gas de Efecto Invernadero, en las instalaciones de producción de petróleo y gas.
- Reducción de las fugas de vapores y recuperación de los compuestos orgánicos volátiles, con presencia importante de compuestos distintos del metano, considerados también Gases de Efecto Invernadero, en las instalaciones de almacenamiento de petróleo y productos de hidrocarburos.
- Extensión y mejora de las redes de distribución de gas.
- Reciclaje y disposición final adecuada de desechos domésticos sólidos, en los cuales cerca del 50% son desechos orgánicos, que al descomponerse en el relleno sanitario genera metano.
- Mejora en la eficiencia de la generación, transmisión y distribución de la electricidad.
- Mejora de la eficiencia energética en calderas, calentadores, y motores, así como un uso más eficiente de la electricidad en el sector industrial.
- Conversión de calderas que utilizan combustibles líquidos a gas, en la industria manufacturera.
- Renovación de las flotas de transporte público.
- Uso de procesos catalíticos avanzados para producir combustibles más limpios en refinería.
- Suministro de energía renovable a las comunidades remotas.
- Mejor selección y control de uso de agroquímicos.
- Reforzamiento de la protección y gestión de los bosques naturales.
- Desarrollo de sistemas agro-forestales sustentables.

### 7.3.2 Necesidad de mejora de la capacitación

Algunos de los requerimientos específicos de mejora de la capacitación identificados en Venezuela incluyen:

- Preparación de personal capacitado en la formulación de políticas de transferencia de tecnología
- Preparación de personal capacitado en gestión ambiental de las oficinas gubernamentales encargadas de las relaciones económicas internacionales.
- Desarrollo de políticas y lineamientos más específicos en materia de transferencia de tecnología, para los sectores productivos y centros de investigación y desarrollo.
- Mejor acceso a las redes de información internacional sobre de la investigación, desarrollo y aplicaciones de tecnologías ambientales.
- Mejoramiento de las redes de información locales sobre el desarrollo, aplicación y uso de las tecnologías, para incrementar el conocimiento de las opciones tecnológicas disponibles que satisfacen los requerimientos específicos de los sectores productivos.

### **7.3.3 Barreras identificadas en la transferencia de tecnología**

El valor que la tecnología aporta a la mayoría de los procesos productivos, se entiende que es clave para el desarrollo exitoso de los negocios. Además, el control adecuado de los riesgos ambientales en los procesos productivos, la manufactura de productos limpios y el suministro de servicios limpios, son un factor de competitividad importante para numerosas empresas industriales.

En Venezuela las Universidades públicas y privadas, y los centros de investigación ofrecen servicios de apoyo para el desarrollo, adaptación y adopción de tecnologías.

Algunas corporaciones grandes han desarrollado sus propias organizaciones de investigación y desarrollo. Sin embargo, los mecanismos de interacción existentes entre las instituciones públicas y los sectores productivos deben mejorarse. Algunos de los requerimientos identificados son:

- Desarrollo de un mejor mecanismo de información acerca de las necesidades tecnológicas específicas de los sectores productivos.
- Mejor difusión de la información acerca de los esfuerzos relativos a los estudios que realizan las instituciones públicas de investigación.
- Incremento del intercambio de recursos humanos entre las instituciones públicas y las empresas públicas y privadas.

Tal situación ha contribuido al individualismo en los esfuerzos de desarrollo tecnológico, lo cual representa una barrera significativa para la transferencia internacional de tecnología, particularmente en aquellas áreas industriales que requieren de la participación de grupos multidisciplinarios consolidados, para poder progresar. La industria petrolera nacional, Petróleos de Venezuela, S. A. es una excepción, al haber desarrollado su propio centro de investigación y desarrollo, el cual ha establecido una red de intercambio de información con Universidades y otros centros de investigación, tanto locales como en el exterior.

Además del limitado interés y los escasos recursos disponibles en las instituciones locales para difundir los esfuerzos tecnológicos, los medios de comunicación dedican muy poca atención a informar al público acerca de las tecnologías e innovaciones científicas relevantes. Como consecuencia de ello, los ciudadanos no valorizan suficientemente las actividades científicas y de investigación y, como consumidores, no tienen un claro conocimiento acerca de la información y las exigencias de los productos y servicios que incorporan un alto componente tecnológico.

A pesar de las barreras existentes, las necesidades y los limitados recursos, en las últimas dos décadas se han producido en Venezuela experiencias exitosas de cooperación y transferencia de tecnología, en varios sectores.

Esas experiencias están vinculadas principalmente con las políticas de privatización de algunos servicios públicos y, en ciertos casos, la apertura de la economía a las condiciones de libre mercado. Los sectores de las telecomunicaciones, transporte público, servicios médicos y construcción, pueden dar cuenta de ejemplos exitosos de transferencia tecnológica. Estos ejemplos estimulan el desarrollo de nuevas iniciativas gubernamentales, en los sectores público y privado, las instituciones multilaterales y las organizaciones no-gubernamentales, para facilitar el acceso a nuevas tecnologías que sustenten los esfuerzos de desarrollo.

### **7.3.4. Elementos clave para la transferencia de tecnología**

Algunas acciones clave identificadas a nivel gubernamental, como elementos facilitadores de la transferencia de tecnología, son los siguientes:

- Mejora de las políticas industriales, económicas y ambientales que facilitan la cooperación tecnológica.
- Establecimiento de estrategias que promuevan una mayor participación del sector privado en los esfuerzos cooperativos.

- Establecer iniciativas de asociación para financiar los esfuerzos cooperativos de desarrollo y adaptación de tecnologías ambientales, así como el adiestramiento local en la gestión de proyectos, conocimiento técnico y mantenimiento de instalaciones.
- Asegurar la alineación de las actividades de transferencia tecnológica, con los objetivos nacionales de desarrollo sustentable.
- Concentrar más esfuerzos en la difusión de tecnologías ambientales comercialmente probadas y mejores prácticas.
- Tomar en cuenta las opiniones concernientes a los desarrollos tecnológicos específicos de los sectores privados y las instituciones públicas.

Entre las acciones clave para el sector industrial, están las siguientes:

- Adopción de políticas y lineamientos corporativos de gestión ambiental, estableciendo criterios ambientales que faciliten la transferencia de tecnología
- Asegurar el cumplimiento de las regulaciones ambientales y el control de los riesgos en las adquisiciones de conocimientos técnicos y gerenciales, cuando ello sea necesario.
- Armonizar los objetivos económicos y ambientales de la cooperación tecnológica. Los beneficios

económicos y ambientales mutuos han de ser los objetivos claves de la cooperación tecnológica.

- Promover asociaciones de negocios que ayuden a difundir el uso de tecnologías ambientales y la implantación de prácticas operativas orientadas al uso más eficiente de los recursos naturales y a la prevención de la contaminación.

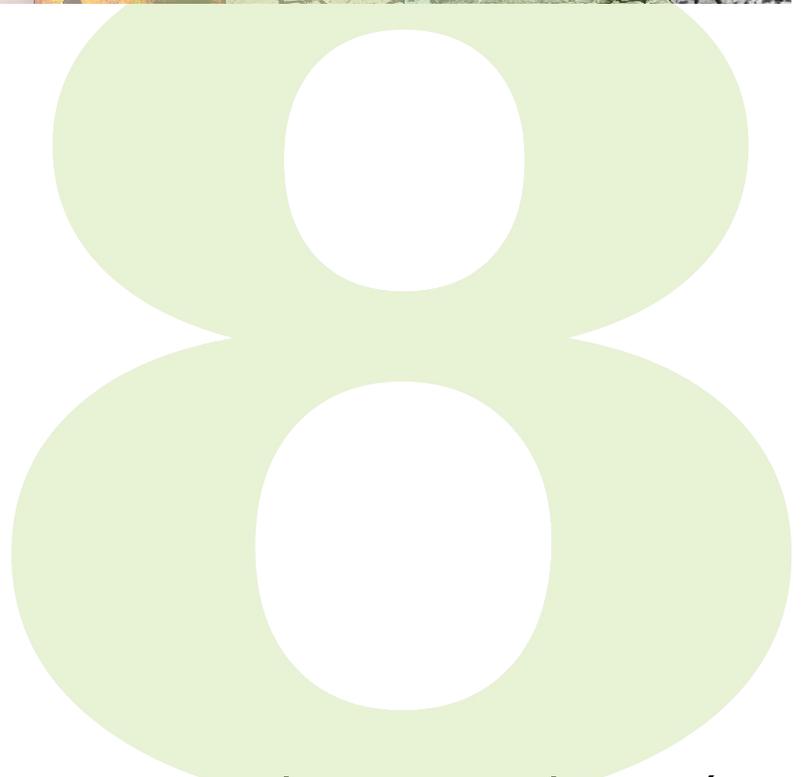
- Considerar la cooperación tecnológica como un proceso que aporta valor a los negocios medulares, y no como una actividad de relaciones públicas.

El logro de una transferencia tecnológica satisfactoria requiere no sólo del acceso a la información, el desarrollo de habilidades gerenciales locales y adiestramiento. Otros aspectos importantes son los términos del financiamiento, las dificultades en la obtención de licencias, la protección de la propiedad intelectual y las regulaciones del comercio también pueden limitar el acceso a las tecnologías.

En tal sentido, la interacción entre los gobiernos de distintos países, para facilitar la transferencia de tecnología, debe basarse en el reconocimiento de los intereses mutuos y en la consideración de las necesidades particulares de las instituciones participantes, incluyendo las instituciones públicas y privadas, las instituciones financieras y las organizaciones no-gubernamentales.

Cuando la transferencia de tecnologías ambientales se lleva a cabo sin tener la debida atención de las necesidades ambientales y condiciones particulares del país receptor, por lo general falla o conduce a pobres resultados.





## INVESTIGACIÓN Y OBSERVACIÓN SISTEMÁTICA

La observación sistemática de los elementos climáticos y del comportamiento de los océanos, cuerpos de aguas superficiales y subterráneas y de los ecosistemas, es una actividad fundamental a fin de hacer seguimiento a los impactos que la variabilidad natural y el Cambio Climático tienen sobre los ecosistemas y las actividades socioeconómicas.

Por otro lado, la investigación en el tema de Cambio Climático está muy lejos de haber concluido; ciertamente para un país como Venezuela es muy difícil la investigación básica en los aspectos físicos del cambio climático, pero la investigación aplicada sobre el tema es un campo prácticamente virgen, que es fundamental desarrollar, especialmente en lo que a los impactos físicos y socioeconómicos se refiere.

### **8.1 La organización de las mediciones climáticas en Venezuela**

En Venezuela, varias instituciones del Estado realizan mediciones climáticas, hidrométricas e hidrogeológicas para fines específicos, y todas ellas se relacionaban a través de la Comisión Nacional de Meteorología e Hidrología, del Ministerio de Ciencia y Tecnología. Actualmente se espera la aprobación de la Asamblea Nacional para la Ley de Meteorología e Hidrología, que contempla la regulación, coordinación y sistematización de la función meteorológica e hidrológica a través del Sistema Nacional de Meteorología e Hidrología (SINAMEH), y

la creación del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH), adscrito al Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales.

El SINAMEH tiene como funciones, entre otras: estimular y promover programas de formación y capacitación, y programas de incentivos a la actividad de investigación y desarrollo; eliminar la duplicidad de funciones entre los órganos que conforman al Sistema; promover la creación de instrumentos jurídicos para optimizar el desarrollo del Sistema y asegurar el crecimiento y fortalecimiento de la red hidrometeorológica nacional. Por su parte, el INAMEH tiene como funciones, entre otras: coordinar y ejecutar las políticas nacionales en materia meteorológica e hidrológica; ser la voz oficial con relación a los pronósticos, avisos y alertas meteorológicos e hidrológicos para el Sistema Nacional de Protección Civil; gerenciar los programas para la divulgación de la información básica; ser el órgano auxiliar de los tribunales en materia meteorológica e hidrológica; promover la participación ciudadana en la formación de conciencia ante los eventos meteorológicos e hidrológicos adversos y en la necesidad de preservar las redes de medición; promover la participación de un voluntariado que contribuya al cumplimiento de la función meteorológica e hidrológica. Los organismos que constituyen el SINAMEH son:

- Servicio de Meteorología de la Fuerza Aérea : su función principal es producir los pronósticos meteorológicos para la aviación civil y militar; maneja

la red sinóptica y contribuye al Programa de Vigilancia Meteorológica Mundial (VMM) de la OMM. Tradicionalmente ha llevado la Representaduría Permanente ante la OMM.

- Dirección de Hidrografía y Navegación de la Armada: su función principal es producir los pronósticos marinos para la navegación civil y militar. Su estación en el Observatorio Cajigal (Caracas) es la más antigua del país, con más de 100 años de registro.
- Dirección de Hidrología y Meteorología del Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (pasa a formar parte del INAMEH): su función principal es generar información hidroclimática bruta y procesada a diferentes niveles espaciotemporales para servir a los fines de planificación, manejo y conservación de los recursos naturales en Venezuela, y como información básica para fines de planificación y ordenamiento territorial en otras instancias del Estado. Maneja las mayores redes del país (la climatológica y pluviográfica, la hidrométrica y la hidrogeológica).
- Gerencia de Gestión Ambiental de CVG, Electrificación del Caroni-Edelca: esta compañía del Estado se encarga del aprovechamiento hidroeléctrico del río Caroní, generando el 70% de la energía que se consume en el país, y también la exportan hacia Colombia y Brasil. Su red está concentrada en las cuencas de los ríos Caroní y Paragua.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA): tiene como función investigar y prestar servicios especializados para generar conocimientos y tecnologías por las cadenas agroalimentarias prioritarias para el Estado Venezolano, con miras a contribuir con el desarrollo sostenible y competitivo del sector agrícola, pecuario, forestal, pesquero y del medio rural. Es responsable de la red de estaciones agrometeorológicas en sus estaciones experimentales de las principales zonas agrícolas del país, que respalda la investigación en agricultura y la industria agrícola con investigación destinada al mejoramiento de la eficiencia de la agricultura, con más de 40 años de registros.
- Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela: cuenta con 70 estaciones meteorológicas que están ubicadas en áreas estratégicas desde el punto de vista agrícola y ambiental, ubicadas dentro de las estaciones experimentales, con registros de más de 30 años de buena calidad, que podrían servir de centro de investigación de impacto del Cambio Climático en el área agroambiental.
- Departamento de Ingeniería Hidrometeorológica, Facultad de Ingeniería de la

Universidad Central de Venezuela: forma a la base profesional para las actividades hidrometeorológicas del país; es Centro Regional de Formación de la OMM. Se prevé también la creación del Consejo Nacional Asesor, que estará integrado por representantes de los organismos del SINAMEH y otras instituciones: la Fundación Venezolana de Investigación Sísmica (FUNVISIS) del Ministerio de Ciencia y Tecnología; la Dirección Nacional de Protección Civil y Administración de Desastres; el Instituto de Canalizaciones; el Instituto Nacional de Tierras; y los Ministerios del Ambiente y de los Recursos Naturales, Producción y Comercio, Infraestructura y Educación Superior.

## **8.2 La capacidad de medición sistemática de Venezuela**

Una de las mayores debilidades del país para enfrentar los impactos negativos tanto de la variabilidad climática natural como del Cambio Climático está en su capacidad de medición sistemática. Considerando la superficie del país (916.445 km<sup>2</sup>), la red hidrometeorológica nacional (todos los puntos de medición de las instituciones del SINAMEH) es poco densa. Considerando los varios tipos de redes, se tiene que la red climática es proporcionalmente alta (alrededor de 160 estaciones climáticas completas) y está razonablemente bien distribuida, sin embargo hay déficit de información en zonas altas y al sur del país, excepto en la cuenca del Caroní, debido a las dificultades de acceso; la red pluviográfica es proporcionalmente la de menor cobertura, ya que sólo se dispone de aproximadamente mil (1000) pluviógrafos a nivel nacional, y con relación a las redes hidrométrica e hidrogeológica, en estos momentos son muy débiles, concentrándose las mediciones en los mayores ríos (Orinoco, Apure, Caroní, Guárico) y en dos grandes acuíferos (Guárico y Quibor).

En un esfuerzo por mejorar la capacidad de pronóstico en el país, desde 1992 la Comisión Nacional de Meteorología e Hidrología comenzó a tomar acciones para desarrollar un Programa de Modernización de la red nacional; con apoyo del gobierno de USA se finalizó el estudio de factibilidad en 1995, obteniéndose un costo estimado de 84 millones de dólares. En 1997 se obtuvo el permiso del Congreso Nacional para el endeudamiento, y se comenzó la búsqueda de financiamiento, materializada a finales de 1998 con la Corporación Andina de Fomento (CAF). A este programa se lo denomina, por las siglas en inglés del estudio de factibilidad, VENEHMET, y se estima que finalice, al estar completamente operativos todos los sistemas, para finales del año 2006. Se compone de los siguientes elementos:

- *Radars doppler e imágenes satelitales*: están en proceso de instalación ocho radares, y se

adquirirán las antenas receptoras para el TIROS-NOAA y el GOES13.

- *Redes de observación de superficie, altura y de aeropuertos:* un total de 675 puntos de medición (todas las estaciones sinópticas y climáticas, 400 pluviográficas y 95 hidrométricas) se someterán a un proceso de automatización y transmisión en tiempo real; se contemplan 11 boyas oceanográficas, 6 estaciones para lanzamiento de radiosondas y 13 sistemas de observación para aeropuertos.
- *Sistema de comunicaciones:* recibirá la información de todos los sistemas de medición, radares y satélites, los transmitirá al sistema de procesadores en el INAMEH y luego, a través de una red WAN, retransmitirá a los miembros del SINAMEH los datos medidos, información procesada y productos terminados.
- *Sistema de procesadores:* llevará a cabo el procesamiento de los datos para diferentes aplicaciones, y correrá los *Modelos Numéricos* para el pronóstico meteorológico, *Modelos Regionales* para pronósticos meteorológicos y climáticos, así como los *Modelos hidrológicos*, para los pronósticos de crecientes e inundaciones.
- *Plan de Formación del Recurso Humano:* el proyecto contempla un *Plan de Formación Profesional* en todos los aspectos técnico-científicos requeridos para garantizar el funcionamiento del sistema, y un *Plan de Desarrollo de Carrera*, que contribuirá al desarrollo de una capacidad de gestión institucional del tema meteorológico e hidrológico en el país.

El VENEHMET es un enorme esfuerzo del país, fundamental para minimizar el impacto de los eventos extremos de origen meteorológico, y aceptando que el Cambio Climático aumentará este tipo de eventos, que ciertamente son los que producen los mayores daños en vidas y bienes, es un gran paso para disminuir la vulnerabilidad de Venezuela ante el cambio climático.

Ahora bien, dado que VENEHMET fue diseñado para modernizar la red nacional y no para aumentar significativamente su densidad, se mantiene la debilidad de la falta de información climática (no meteorológica) e hidrométrica con una adecuada resolución espacial. Esto es una gran desventaja para realizar adecuadamente los análisis de vulnerabilidad a nivel regional y local, y en consecuencia para poder definir las más efectivas medidas de adaptación, que por su esencia misma deben ser tanto sectoriales como de aplicación local. En este sentido deben tomarse en cuenta las recomendaciones internacionales de la OMM en cuanto a la densidad de estaciones por tipos climáticos determinados.

### 8.3 La investigación en las áreas relacionadas con el Cambio Climático en Venezuela

En el país, la investigación sobre el Cambio Climático es, hasta los momentos, reducida. Los estudios sobre el tema comenzaron a finales de los años 80, en el marco del Proyecto PAN-EARTH, y en 1990 se realizó en Mérida un Taller Internacional de Clima y Cambios Climáticos, donde se desarrollaron una serie de Escenarios Climáticos para el país, que sirvieron de base para otros estudios de aplicación (análisis de impactos). Entre éstos destacan los siguientes: Robock *et al* (1993) sobre Escenarios incrementales; Andressen y Rincón (1992) para la cuenca del río Catatumbo, en el cual usaron el modelo hidrológico de simulación paramétrica mensual desarrollado en el CIDIAT por Duque y Barrios; Maytin *et al* (1995) analizaron los impactos en agricultura (maíz); Andressen *et al* (1996), sobre simulación de cambios en la precipitación usando el Modelo UKMO en 9 cuadrículas de 1° x 1° al occidente del país.

Entre 1994 y 1997 se desarrollaron otros estudios con apoyo internacional del US Country Studies Programme, entre ellos el Primer Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (MARNR-PNUMA-GEF, 1996) y el análisis del impacto del ascenso del nivel del mar (MARNRMEM, 1996); para este último se llegó incluso a un análisis de pérdidas económicas.

En el marco de esta Primera Comunicación Nacional de Venezuela, financiados por el Global Environmental Fund (GEF) a través del PNUD (Proyecto MARN-PNUD VEN/00/G31), se desarrollaron una serie de estudios que muestran los cambios que han experimentado la temperatura, la precipitación y los eventos extremos de precipitación diaria a lo largo del siglo XX en el país, el impacto sobre la agricultura, los recursos hídricos, y el nivel del mar, y los impactos socioeconómicos generales.

En general, la investigación en el área climática/hidrológica la realizan las Universidades, el Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial (CIDIAT), la Dirección de Hidrología, Meteorología y Oceanología del Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales, la Gerencia de Gestión Ambiental de EDELCA y, para las aplicaciones agrícolas, el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). A raíz de su participación en este trabajo, tanto el CIDIAT como el INIA han incluido al Cambio Climático oficialmente entre sus líneas de investigación.

En el Centro de Estadística y Modelos Matemáticos (CESMA) de la Universidad Simón Bolívar, se han desarrollado una serie de trabajos sobre características estadístico-matemáticas de las series climáticas, análisis de eventos extremos, modelaje matemático del riesgo, y actualmente se trabaja en los modelos estadísticos para pronóstico climático.

El Instituto de Mecánica de Fluidos y el Departamento de Ingeniería Hidrometeorológica de la Universidad Central de Venezuela han desarrollado una serie de estudios sobre el impacto de lluvias extremas en la ocurrencia de flujos de laderas, así como en modelaje hidrológico.

Con respecto a la investigación en el área de ecología de sabanas, ciclo del carbono y química atmosférica, el Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC) tiene una larga y reconocida trayectoria a nivel mundial.

Con relación a las relaciones entre el clima y los ecosistemas, trabajan en el tema, entre otras instituciones, la Facultad de Ciencias de la Universidad de los Andes y el Laboratorio de Sistemas de Información y Modelaje Ecológico Ambiental (SIMEA) del Instituto de Zoología Tropical, de la Facultad de Ciencias de la Universidad Central de Venezuela.

En el Instituto de Geografía y Desarrollo Regional (IGDR) de la Escuela de Geografía de la Universidad Central de Venezuela se han desarrollado estudios sobre los impactos del clima, la variabilidad climática y el Cambio Climático sobre la salud humana, especialmente sobre la transmisión de enfermedades metaxénicas, en el contexto de la Red de Intercambio de Información sobre Clima y Salud ([www.chiex.net](http://www.chiex.net)).

Con relación a la grave situación del proceso erosivo en algunas playas de la Isla de Margarita, se realizarán, entre otros, estudios sobre dinámica sedimentaria, perfiles de playa, corrientes marinas, evaluaciones de los bancos de Thalassia, y evolución

morfológica de Playa El Yaque.

En cuanto a la investigación sobre medidas de mitigación es muy escasa en el país, aunque si se han desarrollado diferentes estudios, por ejemplo, sobre biodigestores en las facultades de Agronomía de varias universidades nacionales y sobre la ecoeficiencia energética industrial: sector alimentos y bebidas, parcialmente financiado por la Cámara Venezolana de Industrias de Alimentos (Cavidea).

Varias de las universidades e institutos de investigación (los AndesULA, Simón BolívarUSB, IVIC) mantienen relaciones con los grandes proyectos y centros de investigación internacionales, como el Programa Internacional de la Geósfera-Biósfera (IGBP) y el Instituto Interamericano de Cambio Global (IAI).

A pesar de estos esfuerzos de investigación, una de las debilidades en el área del conocimiento sobre el Cambio Climático es que aún no se cuenta con un programa coordinado de investigaciones. Una de las principales tareas a realizar es la organización de un Programa Nacional de Investigación en Cambio Global, que formaría parte de la Estrategia General para el cambio climático, en lo relativo al fomento de la investigación orientada a la toma de decisiones. Es necesaria una línea estratégica donde convergan todas las instituciones que hagan este tipo de labor.



# 9

## DIVULGACIÓN Y CONCIENCIACIÓN

A fin de promover y apoyar la educación, la capacitación y la sensibilización del público respecto del cambio climático, el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARN) desarrollará un Plan Nacional de Difusión en materia de Cambio Climático dirigido a ampliar el conocimiento del tema en todos los sectores de la sociedad, a través de un intenso programa de divulgación.

Este Plan está orientado hacia lo siguiente:

- I. La elaboración e implantación de programas de sensibilización del público sobre el Cambio Climático y sus efectos;
- II. Facilitar el acceso del público a la información sobre el Cambio Climático y sus efectos;
- III. La participación del público en foros sobre el cambio climático, sus efectos y en la elaboración de respuestas adecuadas a sus consecuencias; y,
- IV. El estímulo a la formación de personal científico, técnico y directivo;

Enmarcado en estos objetivos se preparará e intercambiará material de divulgación y sensibilización al público sobre el Cambio Climático y sus efectos. Asimismo, la elaboración y aplicación de programa de educación y formación, incluido el fortalecimiento de las instituciones nacionales.

### 9.1 Plan Nacional de Divulgación de Información sobre Cambio Climático

El Plan Nacional de Difusión en materia de Cambio Climático relativo a esta Primera Comunicación

Nacional está dirigido a ampliar el conocimiento del tema de Cambio Climático en la sociedad en general, a través de un intenso programa de divulgación, con el fin de inducir modificaciones en la cultura ambiental de la población, tendientes a generar calidad de vida. Para el cumplimiento del objetivo citado, y en coordinación con los distintos actores involucrados en la elaboración de la Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático de Venezuela, se desarrollarán los siguientes puntos:

- Propuestas de estrategias comunicacionales e instrumentos de divulgación pública (Plan Nacional de Divulgación), así como de los contenidos temáticos a ser divulgados y determinación de los sectores de la población específicos a los que se atenderá en cada propuesta o programa sectorizado del Plan.
- Las estrategias de articulación de redes interinstitucionales a escala local, municipal, regional, nacional e internacional que permita a la población utilizar adecuadamente todos los servicios públicos y privados a su alcance, para mejorar su ambiente y por tanto su calidad de vida.

A título de ejemplo, algunos de los temas a ser difundidos son:

- En qué consiste el cambio climático, que lo origina y sus consecuencias
- Las emisiones de Gases de Efecto Invernadero de los sectores petrolero, eléctrico, manufacturero, transporte y agrícola, y las emisiones por al manejo de desechos.

- La vulnerabilidad de las costas venezolanas al Cambio Climático
- La vulnerabilidad de los recursos hídricos
- Incidencia potencial del cambio de clima sobre la producción agrícola de distintos rubros
- La vulnerabilidad de áreas pobladas a fenómenos climáticos extremos
- El rol protector de las plantaciones forestales y de la cobertura boscosa del país
- ¿Qué oportunidades existen para reducir las emisiones?
- ¿Cómo adaptarse al cambio climático?

Para desarrollar el Plan se procederá a conceptualizar, producir y ejecutar una campaña de medios y también validar el impacto de esta campaña en la población destinataria.

Para la creación y diseño de las piezas, productos y actividades de divulgación, se llevarán a cabo:

- Entrevistas en profundidad con expertos del tema
- Entrevistas vivenciales con pobladores de espacios significativamente afectados por problemáticas de cambio climático
- Conformación de un equipo interdisciplinario de discusión

Las entrevistas en profundidad serán encuentros cara a cara entre el experto y los informantes, dirigidos a la comprensión de las perspectivas de los expertos en torno al tema Cambio Climático y para la recolección de datos que sirvan de insumo para la elaboración de los materiales de apoyo de la Campaña de Medios. Las entrevistas han de realizarse con expertos ambientales, expertos en materia de energía y personal del Ministerio de Relaciones Exteriores que haya participado en las negociaciones internacionales de acuerdos relativos al cambio climático.

El equipo interdisciplinario de discusión se hará con la participación de 6 ó 7 personas y su finalidad es la obtención de informaciones o datos que se hayan escapado de las entrevistas y la validación de los borradores del material de apoyo de la Campaña de Medios.

En cuanto al material de apoyo a ser preparado, éste consistirá en:

- Una estrategia de información
- Un folleto informativo general encartable
- Folleto informativo infantil encartable
- Material para medios interactivos (Internet)
- Videos informativos (micros)
- Micros radiales acerca de distintos aspectos: emisiones del sector energético, agrícola, hídrico, impacto socioeconómico, elevación del nivel del mar, Gases de Efecto Invernadero. La estrategia de información contendrá los siguientes elementos:
- Un material razonado de prensa, para uso de los

medios de comunicación social impresos y radiofónicos, en el que se aborde, como mínimo, los siguientes aspectos: importancia del tema para Venezuela; amenazas para el país en el ámbito ambiental, económico y social; significado de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y del Protocolo de Kyoto, oportunidades que este último ofrece; como pueden contribuir las empresas públicas y privadas en la reducción de emisiones, como puede contribuir el ciudadano a mitigar las emisiones de Gases de Efecto Invernadero.

- Programa de presentaciones a editores y medios de comunicación.
- Plan de elaboración de reportajes especiales para medios impresos de todo el país.
- Participación de voceros del Ministerio del Ambiente y expertos ambientales en programas de televisión y radio de todo el país.
- Publicación de artículos de opinión sobre el tema.
- Plan de reuniones con columnistas.

El folleto informativo será una pieza que resumirá la importancia del tema y contendrá la opinión precisa y calificada de expertos, acompañada de diagramas y fotos.

El material para medios interactivos consistirá en dos elementos: en primer término, un sitio Web informativo para estudiantes y público en general, en el que estos puedan localizar información sobre el tema. La herramienta se apoyará en la política del Estado Venezolano acerca del uso de Internet para la educación, y la promoción de Infocentros para la democratización del uso de la red. El segundo elemento es un boletín electrónico para audiencias clave (grupos de bases sociales, grupos ambientalistas, medios de comunicación, parlamentarios de la Asamblea Nacional, autoridades regionales, funcionarios del Poder Ejecutivo, empresas del Estado y empresas privadas). Se elaborará una base de datos para el envío del boletín.

Los videos (micros) serán de tipo informativo. Estos serán piezas complementarias, capaces de cumplir con dar a conocer la importancia del tema a la población en general.

Los micros radiales serán de carácter informativo relacionados con los contenidos de los micros televisivos, construidos en torno a la campaña de medios sobre el Cambio Climático y la evaluación su impacto, desde la perspectiva de estos expertos. La información recogida como resultado del panel será vertida en un informe de seguimiento que se ha de confrontar con el objetivo propuesto. La Promoción en la implantación de programa de conocimiento y sensibilización del público sobre cambio climático, puede ser también realizado por la participación activa en Comisiones nacionales tales como:

- La Comisión Técnica de Suelos y Aguas (COTESAGUAS)
- La Comisión de Calidad Ambiental del Valle de Quíbor.
- Comités Regionales de Lucha Contra la Desertificación y la Sequía.

A través de las actividades realizadas en estas comisiones donde hay participación de agricultores, asociaciones de productores y público en general, se puede lograr la ampliación de conocimiento de materia de Cambio Climático que les permita mejorar el ambiente y por tanto su calidad de vida.

En el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales

se llevan a cabo, a nivel regional, diferentes actividades en las cuales se puede introducir los temas a difundir sobre Cambio Climático. Entre las actividades se pueden mencionar:

- Proyectos Agroforestales
- Mantenimiento y Evaluación de Plantaciones
- Instalación de Viveros Comunitarios
- Recuperación de Áreas Degradadas con Participación de los Productores
- Formación de Voluntarios Ambientales
- Programa de Educación Ambiental y Participación Comunitaria en el Área Formal y No Formal y en las Escuelas Bolivarianas.



## BIBLIOGRAFÍA Y OTRAS REFERENCIAS

- Ahmad, N. (2004). *The agricultural environment in Latin America and the Caribbean and the greenhouse effect*. St. Augustine, Trinidad.
- Álvarez, L. (2003). *Optimización de la fertilización nitrogenada y del manejo del agua de riego en la producción de arroz mediante el modelo de simulación CERES-rice*. Tesis Doctoral. Doctorado en Ciencias Agrícola, Postgrado en Agronomía. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. 243 p.
- Arismendi, J., Volonté, C. (1992). *The impact of sea level rise on the coastline of Venezuela*. Proceedings of the International Workshop held on Margarita Island, Venezuela. Coastal Zone Management Subgroup, Response Strategies Working Group. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change).
- Bradbury, J.P., Leyden, B., Salgado-Laboriau, M.L., Lewis, W., Schubert, C., Binford, N., Frey, D.G., Whiteheads, P. R., Weibenzahn, F.H. (1981). Late Quaternary Environmental history of Lake Valencia, Venezuela. En: *Science*. 214:p. 1299-1305.
- Bradley, R.S. y Eddy, J.A. (1990). Records of past global changes. En: Bradley, R.S. (Ed.). *Global changes of the past*. Boulder, CO. / UCAR. Office for Interdisciplinary Earth Science. p. 5-10.
- Cambio Climático Global. 2004. En: <http://www.monografias.com>
- Cárdenas, P., C. Gil y García, L. (2002). *Impacto de los eventos El Niño Oscilación del Sur (ENOS) en Venezuela*. Parte I. Corporación Andina de Fomento. 130 p.
- Cárdenas, P., Alonso, R. (2003). *Variaciones de la Temperatura del Aire en Venezuela*. Proyecto MARNPNUD VEN/00/G31 Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático de Venezuela. Caracas, Venezuela. 57 p.
- Cárdenas, P., y E. De Grazy. (2003). *Tendencia a largo plazo en la Precipitación para Venezuela*. Proyecto MARNPNUD VEN/00/G31 Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático de Venezuela. Caracas, Venezuela. 43 p.
- Cárdenas, P., y C. Gil. (2003). *Impacto de los eventos El Niño Oscilación del Sur en Venezuela*. Proyecto MARNPNUD VEN/00/G31 Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático de Venezuela. Caracas, Venezuela. 46 p.
- Cárdenas, P., M.T. Martelo, L.F. García, y A. Gil. (2003). *Impacto de los eventos El Niño Oscilación Sur en Venezuela*. Parte II. Corporación Andina de Fomento - CAF. Caracas, Venezuela. 187 p.
- Chorley, R.J., S.A. Schumm, y D.E. Sugden. (1984). *Geomorphology*. London, Methuen.
- Comerma J., L. Guenni, y G. Medina. (1985). Validación del balance hídrico del modelo CERES-maíz, en la zona de Maracay. En: *Agronomía Tropical*. 35: 115-132.
- Comerma, J.A., y R. Paredes. (1978). Principales limitaciones y potencial de las tierras en Venezuela. En: *Agronomía Tropical* 28 (2): 71-85.
- COPLANARH (Comisión Planificación Nacional de los Recursos Hidráulicos). (1972). *Plan Nacional de Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos*. Tomo II. Documentación Básica. COPLANARH, Caracas.
- Duque, R., y A. Barrios. (1988). *Modelo de Simulación Hidrológica a escala mensual*, Serie Hidrología (H-23), CIDIAT. 130 p.
- Duque, R., A. Henao, y R. Anderssen. (2004). *Análisis de los posibles impactos de los cambios climáticos sobre los recursos hídricos en Venezuela*. Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial CIDIAT. Mérida, Venezuela. Proyecto MARNPNUD VEN/00/G31 Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático de Venezuela. 236 p.
- Friend J., y A. Hickling. (2002). *Planificando bajo presión. El enfoque de escogencia estratégica*. Instituto Venezolano de Planificación IVEPLAN.
- Gable, F.; J. Gentle, y D. Aubrey. (1990). Global Climatic Issues in the Coastal Wider Caribbean Region. En: *Environmental Conservation*, 12, 1. Suiza.
- Gaceta Oficial N° 38.132, martes 22 de febrero, 2005. Decreto N° 3481, 17 de febrero de 2005, mediante el cual se crea la Comisión Nacional de Gestión de Riesgos.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático. OMM. *III Informe de Evaluación Cambio Climático 2001. Impactos, adaptación y vulnerabilidad*. PNUMA.
- Hands, E. B. (1983). The Great Lakes as a Test Model for Profile Response to Sea Level Changes. Chapter 8. En: *Handbook of Coastal Processes and Erosion*, P. D. Komar, ed., CRC Press, Inc., Boca Raton, FL. (Reimpreso en CERC-84-14, Coastal Engineering Research Center, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.)
- Hüber, O. Ambientes fitogeográficos de Venezuela. En: *Serie Catálogo Zoológico de Venezuela*. Vol. 279-298. Lamaraca (Ed.). Caracas, Venezuela.
- Hulme, M., Wigley, T.M.L., Barrow, E.M., Raper, S.C.B., Centella, A., Smith, S. and Chipanshi, A.C. (2000). *Using a Climate Scenario Generator for vulnerability and adaptation assessments: MAGICC and SCENGEN Versión 2.4 Workbook*. Climate Research Unit, Norwich, UK. 52 p.
- Instituto Nacional de Estadística, INE (2004). Atlas de Desarrollo Humano de Venezuela. Caracas, Venezuela.
- IESA, (2003a). *Producción vegetal: cereales*. <https://servicios.iesa.edu.ve/agronegocios/PPDVegetal/PPDCereales.htm>. Consultada el 03/Oct/03.
- IESA, (2003b). *Producción vegetal: leguminosas*. <https://servicios.iesa.edu.ve/agronegocios/PPDVegetal/PPDleguminosas.htm>. Consultada el 03/Oct/03.
- IGBP (1990). *The International Geosphere-Biosphere Programme: A Study of Global Change*. The Initial Core Projects, IGBP Report No. 12, Stockholm, 330 p.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), (1991). *The Seven Steps to the Vulnerability Assessment of Coastal Areas to Sea-Level Rise A Common Methodology*, Intergovernmental Panel on Climate Change, Response Strategies Working Group, 20 September 1991, Revision No. 1, 27p + 3 appendices.

- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (1992). *Climate change 1992*. WMO / UNEP. Cambridge University Press, 200 p.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (1998). *IPCC Special Report on the regional impacts of climate change. An assessment of vulnerability*, Chapter 6, The regional impacts of climate change, Ed. R. T. Watson, M. C. Zinyowera, R. H. Moss y D. J. Dokken.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (2001a). *The Scientific Basis Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report (TAR) of the IPCC*. Cambridge University Press, United Kingdom. 881 p.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (2001b). *Impacts, Adaptation and Vulnerability Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report (TAR) of the IPCC*. Cambridge University Press, United Kingdom. 1032 p.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (2001c). *Mitigation Summary for Policymakers and Technical Summary of the Working Group III Report for the TAR*. Cambridge University Press, United Kingdom. 82 p.
- Instituto Nacional de Estadística INE 2004. *Anuario Estadístico de Venezuela 2002* Disco Compacto. Digital Data
- Instituto Nacional de Estadística INE Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD (2001) *Informe de Desarrollo Humano en Venezuela*. Prerensa e Impresión La Galaxia Caracas.
- Instituto Nacional de Estadística INE Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD (2004). *Atlas del Desarrollo Humano*. Instituto Nacional de Estadística Disco Compacto. Digital Data
- Lewis, W. M., y F.H. Weibezahn. (1981). Chemistry of 7.5 core from Lake Valencia, Venezuela. En: *Limnol. Oceanog.* 26:p. 907-924.
- Lisboa, E., y M.T. Martelo. (2003). *Análisis de eventos extremos de precipitación diaria mediante la Distribución Generalizada de Pareto*. Centro de Análisis Estadístico y Matemático CESMA Universidad Simón Bolívar - Dirección de Hidrología, Meteorología y Oceanología MARN. Caracas, Venezuela.
- Manduca, J. (2005). *Actualización del estudio Vulnerabilidad al incremento del nivel del mar originado por el Cambio Climático global (1996), considerando tres escenarios (2015, 2040 y 2060)*. Informe Final del estudio. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales. Dirección de Cuencas Hidrográficas. Proyecto MARNPNUD VEN/00/G31 Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático de Venezuela Caracas, Venezuela.
- MARNR (1996). *Balance Ambiental de Venezuela: apéndice 1996*. Caracas, Venezuela.
- MARNR (1995). *Balance Ambiental de Venezuela: 1994-1995*. Caracas, Venezuela.
- MARNRMEM. (1996). *Vulnerabilidad al incremento del nivel del mar originado por el Cambio Climático global Caso estudio Venezuela*. Financiado por el United States Country Studies Program. Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales, Venezuela. 130 p.
- MARNRPNUMAGEF. (1996). *Inventario de Emisión de Gases de Efecto Invernadero Caso estudio Venezuela*. Financiado por el United States Country Studies Program. Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales, Venezuela. 188 p.
- MARN. Dirección General de Cuencas Hidrográficas (2004). *Programa de Acción Nacional de Lucha contra la Desertificación y Mitigación de la Sequía de la República Bolivariana de Venezuela*. Fondo Editorial FUNDAMBIENTE. Caracas, Venezuela.
- MARN (2001) *Estrategia Nacional para la Diversidad Biológica y su Plan de Acción*. (Editores Eduardo Szeplaki et al). Caracas, Venezuela.
- Martelo, M.T., y M.Puche. (1997). Cálculo del Balance Hídrico. En: *Cursillo Regional de Trabajos Prácticos sobre Técnicas Agrometeorológicas en la Agricultura Operativa de América Latina*, 17-21 de marzo, Paipa, Colombia. Organización Meteorológica Mundial, Ginebra, Suiza. 270 p.
- Martelo, M.T. (2002). *Influencia de las Variables Macroclimáticas en el clima de Venezuela*. Trabajo de Ascenso para Optar a la categoría de Profesor Asistente, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela. 192 p. más anexos.
- Martelo, M. T. (2003). *Metodología para la Selección de Modelos de Circulación General de la Atmósfera y Escenarios Climáticos a incluir en la Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático de Venezuela*. Proyecto MARN-PNUD VEN/00/G31, Dirección de Hidrología y Meteorología del Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales. 51p. Caracas.
- Maytin, C.E., M.F. Acevedo, R. Jaimez, R. Andressen, M.A. Harwell, A. Robock y A. Azócar (1995). Potential effects of global climatic change on the phenology and yield of maize in Venezuela. A report of the PAN-EARTH Project, Venezuela Case Study. En: *Climatic Change* 29: 189-211. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.
- Ministerio de Agricultura y Cría (MAC), *VI Censo Agrícola 1998*. Material Digital.
- Oficina Central de Estadística e Informática OCEI. *Mapa de la Pobreza* (Talleres de la OCEI Caracas).
- Oficina Central de Estadística e Informática OCEI Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2000). *Informe de Desarrollo Humano en Venezuela*. Editorial Torino. Caracas.
- Oficina Técnica Zuleta. (2004). *Evaluación general de impactos económicos y sociales derivados del Cambio Climático y posibles medidas de adaptación en Venezuela*. 2do. Informe. Resultados del Análisis de Información en Términos de Vulnerabilidad e Impactos y Planteamiento Estratégico General. Proyecto MARNPNUD VEN/00/G31 Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático de Venezuela. Caracas, Venezuela.
- OMS, OMM, PNUMA. *Cambio climático y salud Humana- riesgos y Respuestas*.
- OMS. *Resolución sobre Cambio Climático*.
- Ovalles, F., E. Cabrera, A. Cortez, M.F. Rodríguez, J.C. Rey, y J. Comerma. (2005) *Formulación de Lineamientos Generales para un Programa de Adaptación a los Posibles Impactos de los Cambios Climáticos sobre el Sector Agrícola en Venezuela, considerando tres escenarios (2015, 2040 y 2060). Aproximación a los Escenarios de Adaptación al Cambio Climático del Sector Agrícola*. República Bolivariana de Venezuela. Ministerio de Ciencia y Tecnología. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, INIA. Proyecto MARNPNUD VEN/00/G31 Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático de Venezuela Caracas, Venezuela.
- Puche, M., O. Silva, y R., Warnock. (2004). *Evaluación del efecto del Cambio Climático sobre cultivos anuales en Venezuela*. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía. Postgrado en Agronomía, Programa de Modelos Agroambientales. Proyecto MARNPNUD VEN/00/G31 Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático de Venezuela. Maracay, Venezuela.
- PNUMA-UNEP. (1997). *Informe especial del IPCC. Impactos regionales del Cambio climático: Evaluación de la vulnerabilidad*. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. David J. Dokken et al. (Ed.). New York.
- Reseña de Venezuela. Aplicación del Programa 21. (1997). *Examen de los Adelantos Realizados desde la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, 1992*. Información presentada por el Gobierno de Venezuela ante la Comisión de Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas, Quinta Sesión del 7 al 25 de abril de 1997. Nueva York. USA.
- Richardson, C.W. y D.A. Wright. (1984). *WGEN: A model for generating daily weather variables*. US Department of Agriculture. Agricultural Research Service. ARS-8. 83 p.
- Rull, V. (1998). *The IGBP PAGES Project in Venezuela: background Information. Pole equator pole : Paleoclimate Conference of the Americas*. Mérida, Venezuela 16-20 March, 1998. Poster session.

- Rull, V.; Vegas-Vilarrubia; y N. Espinoza. 1990. Palynological record of an early-mid Holocen mangrove in eastern Venezuela. Implications for sea-level rise and disturbance history. En: *Journal Coastal Research*, 15. 2. Palm Beach, Florida, USA.
- Salgado-Laboriau, M.L. (1980). A pollen diagram of the Pleistocene-Holocene boundary of Lake Valencia, Venezuela. En: *Rev. Palaeobotany, Palynology*. 30:p. 297-312.
- Sánchez, J.C. (2004). *Opciones de Mitigación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en Venezuela*. Proyecto MARNPNUD VEN/00/G31 Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático de Venezuela Caracas, Venezuela. 50 p.
- Schubert, C. (1979). La zona del páramo: morfología glacial y periglacial de los Andes de Venezuela. En: Salgado-Laboriau, M. L. (Ed.) *El medio ambiente páramo*. Caracas: IVIC, Centro de Estudios Avanzados, p. 11 - 27.
- Salgado-Laboriau, M. L., Schubert, y C. Valastro, S. (1977). Paleocologic analysis of a Late Quaternary terrace from Mucubají, Venezuelan Andes. En: *Jour. Biogeography*, 4: p. 313 - 325.
- Schubert, C. y E. Medina. (1982). Evidence of Quaternary glaciation in the Dominican Republic: some implications for Caribbean paleoclimatology. En: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 39: p. 281 - 294.
- Schubert, C. (1988). Climatic Changes during the last Glacial Maximum in northern South America and The Caribbean: a review. En: *Interciencia*, 13(3): p.128-137.
- Schubert, C., y L. Vivas. (1993). *El Cuaternario de la Cordillera de Mérida, Andes Venezolanos*. Mérida, Venezuela: Universidad de Los Andes. Fundación Polar, 345 p.
- Smith, R. T. 1982. Quaternary environmental change in equatorial regions with particular reference to vegetation history: a bibliography. En: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 39: p. 331 - 345.
- Tricart, J. (1985). Evidence of Upper Pleistocene dry climate in northern South America. En: Douglas, I., T. Spencer (Eds.) *Environmental change and tropical geomorphology*. London: Allen & Unwin, p. 197-217.
- Van der Hammen, T. (1974). The Pleistocene changes in vegetation and climate in tropical South America. En: *Jour. Biogeography*, 1: p.3-26.
- Warnock, R. (1999). *Uso del modelo CROPGRO-bean para impulsar la producción de caraota (Phaseolus vulgaris L.) en Aragua*. Trabajo de Ascenso. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. 85 p.
- Yuretich, R. (1991). *Late Quaternary climatic fluctuations in the Venezuelan Andes*. Contribution No. 65. Dept. Geology & Geography. Univ. of Massachusetts. Final Report to National Science Foundation. ATM 83-03171.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Absy, M. L. (1985). Palynology of Amazonia: the history of forests as revealed by the palynological record. En: Prance, G. T. y T. E. Lovejoy (Eds.) *Amazonia*. Oxford: Pergamon Press, p. 72 - 82.
- Aceituno, P. (1988): On the Functioning of the Southern Oscillation in the South American Sector. Part I. Surface Climate. En: *Monthly Weather Review* 116, 505-524.
- Alvarado, J. (1989). *Estudio del sistema Hidrogeológico del Valle de Quíbor*. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables. Caracas.
- Alvarado, J. 1990. *Regiones y características hidrogeológicas de Venezuela*, Caracas, MARNR.
- Allen, R.G., Smith, M., Perrier, A. y Pereira, L.S. (1994). *An Update for the Calculation of Reference Evapotranspiration*. International Commission on Irrigation and Drainage (ICID) Bulletin, Vol. 43, N° 2.
- Andressen, R., y B. Rincón. (1992). Consecuencias hidrológicas del Efecto Invernadero en una cuenca perhúmeda tropical (río Catatumbo). En: *Memorias del IV Encuentro Nacional de Clima, Agua y Tierra*, 213220. Colegio de Ingenieros de Venezuela, Caracas.
- Andressen, R., A. Robock, y M. Acevedo. (1996). Escenarios de Cambio Climático por Efecto Invernadero y deforestación para Venezuela. En: *Revista Geográfica Venezolana* 37: 221249. Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales. Mérida, Venezuela.
- Andressen, R. y B. Rincón, (1999). *Posibles efectos de los cambios climáticos sobre la hidrología de tres cuencas hidrográficas del occidente de Venezuela*. Primer Congreso de Meteorología Tropical, La Habana, Cuba.
- Ballester, M. y C. González (1995): *Variabilidad de la Ciclogénesis Tropical en el Atlántico Norte*. Biblioteca Instituto de Meteorología. 88 pp.
- Barrios, J. y A. Rojas. (1996). *Crecimiento y rendimiento de caraota (Phaseolus vulgaris L.) en un suelo franco durante la época de salida de lluvias (septiembre-diciembre)*. Tesis de grado Ing. Agrónomo. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela. 91 p.
- Barrios, M. y M. Adams. (1996). Uso de fertilizantes nitrogenados en arroz irrigado en un suelo de la serie Calabozo. En: *VENESUELOS* 4(1 y 2):28-35.
- Belizzia, A., N. Pimentel y R. Bajo. (1976). *Mapa Geológico Estructural de Venezuela*. Ministerio de Minas e Hidrocarburos. Ediciones Foninves.
- Benacchio, S. y W. Pineda. (1975). Análisis del primer ciclo de siembras en una rotación intensiva de cuatro cultivos. 1 aspectos fenológicos y rendimientos. En: *Agronomía Tropical* 25(1):49-71.
- Bruce, J. P. 1992. *La meteorología y la hidrología para el desarrollo sostenible*. Ginebra: Organización Meteorológica Mundial (OMM-No. 769), 53 p.
- Buonaccorsi, J. and J. Elkintan (2002): Regression Analysis in a Spatial-Temporal. En: *Journal of Agricultural, Biological and Environmental Statistics*, Volumen 7, Número 1, Páginas 4-19.
- Cabrera, S; A. Pérez y F. Morillo. (1997). Evaluación del rendimiento de cultivares de maíz bajo tres densidades de siembra. En: *Revista Investigación Agrícola*. Volumen 2. <http://www.redpav-fpolar.info.ve/danac/volumen2/art3/index.html>
- Caraballo, L. (1990). Manejo del riego en soya sembrada en un suelo arenoso de la Mesa de Guanipa, Venezuela. En: *Agronomía Tropical*. Serie Edafológica. 40 (1-3): 35-56.
- Cárdenas, P., y M. Pérez. (1991): *Eventos ENOS y anomalías de lluvia en Cuba*. Biblioteca Instituto de Meteorología. La Habana, Cuba. 24 pp.
- Cárdenas P., y M. Pérez. (1992): *Pronósticos de totales anuales de lluvia para áreas cañeras de la provincia de Villa Clara*. Biblioteca Instituto de Meteorología. La Habana, Cuba. 13 pp.
- Cárdenas P., y M. Pérez. (1993): *Pronósticos de totales estacionales de lluvia para áreas cañeras de la provincia de Villa Clara*. Biblioteca Instituto de Meteorología. La Habana, Cuba. 15 pp.
- Cárdenas, P.; A. Centella, y L. Naranjo. (1995): Teleconnection Pacific Caribbean. ENSO and QBO as forcing climate variability elements. En: *Proceeding Sixth International Meeting of Statistical Climatology*, Galway, Ireland.

- Cárdenas P.; L. Naranjo, y A. Centella. (1995): Monthly total rain and temperature forecast by statistical-climatological methods. En: *Proceeding Sixth International Meeting of Statistical Climatology*, Galway, Ireland.
- Cárdenas P., y L. Naranjo. (1997): *El Niño, La Oscilación del Sur y el ENOS. Papel en la predecibilidad de elementos climáticos*. Aprobada su publicación en Anales de Física. España.
- Cárdenas, P. (1998): Un índice empírico de ocurrencia del ENOS. Papel en la predictabilidad de elementos climáticos. En: *Rev. Elect. Soc. Met. Cuba*. No. 1
- Cárdenas, P., A. Gil y E. Colón (1999): *Impacto de los eventos El Niño y La Niña en los caudales de la cuenca del río Caroní*. EDELCA, Caracas, 33 pp.
- Cárdenas, P. (1999a): Impacto en Cuba del Evento El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) 97/98. En: *Revista Cuba Medio Ambiente y Desarrollo*. Febrero 1999.
- Cárdenas, P. (1999b): *Pronóstico a Largo Plazo de Lluvia en Cuba. Modelos Físico-Estadísticos*. Aprobada su publicación en *Rev. Ciencia Información y Desarrollo*.
- Cárdenas, P. (1999c): Pronóstico de totales mensuales de lluvia en Cuba. Un modelo con varios meses de adelanto. En: *Rev. Cubana de Meteorología*. Vol. 6 No. 1.
- Cárdenas, P. (1999d): Papel de los índices del ENOS y de Teleconexiones en la predictibilidad de la lluvia en Cuba. En: *Revista Electrónica Sometcuba*.
- Cárdenas, P. (2000a): *Cronología de eventos ENOS*. Aprobada su publicación en *Rev. Cubana de Meteorología*. (Enero 2000).
- Cárdenas, P. (2000b): *Impacto del ENOS en la precipitación en la región del Gran Caribe*. (Inédito).
- Cardenas, P. Jo, I. (2000): *Obtención de ecuaciones de estimación de totales mensuales de lluvia para tres regiones de la Provincia de Camaguey, Cuba*. Tesis presentada para optar por el título Académico de Master en Ciencias Meteorológicas.
- Cárdenas, P. (2001): *Cronologías de eventos El Niño y ENOS para cada una de las regiones Niño*. (Inédito).
- Carrasco J. R. (1982). *Estrategia de explotación del agua subterránea en el valle de Quíbor, Estado Lara*. Tesis MSc. CIDIAT, Mérida.
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe), (1996). *Progresos en América Latina y el Caribe en materia de implementación de las recomendaciones contenidas en el capítulo 18 del Programa 21 sobre gestión integral de los recursos hídricos (LC/G.1917)*, Santiago de Chile, 19 de junio.
- Caviedes, C., (1977): *Influencia de ENOS sobre las Variaciones Interanuales de Ríos en América del Sur*, Universidad de Florida.
- Chen, G. (1990): *A Study of Interrelation between El Niño, Precipitation and Astronomical Motion*. WMO/TD No. 363, pp 15-18.
- Chu, P-S., Yu, Z-P., y S. Hastenrath. (1994). Detecting climatic change concurrent with deforestation in the Amazon basin: Which way has it gone?, En: *Bull. Amer. Met. Soc.*, 75, 579-583.
- CLIMAP Project Members. (1976). The surface of ice-age earth. En: *Science*, 191: p. 1131 - 1137.
- CLIMAP Project Members. (1981). Seasonal reconstructions of the earth's surface at the Last Glacial Maximum. En: *Geol. Soc. America - Map and Chart Series*. MC-36: p. 1 - 18.
- CNUMAD, Naciones Unidas. (1992). Informe de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo.
- Colón E. (1993): *Desarrollo de un sistema de predicción de Caudales para el río Caroní utilizando Filtros de Karman*. C.V.G. Edelca., pp 24-25
- Comerma J. y A. Chirinos. (1977). Características de algunos suelos con y sin horizonte argílico en las Mesas Orientales de Venezuela. En: *Agronomía Tropical*. 37(2):181-206.
- Comerma J. (1985). *Validación del balance hídrico del modelo CERES-maíz, en la zona de Maracay, Edo. Aragua, Venezuela*. FONAIAP, Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. 11 p.
- Comerma, J., S. Torres, D. Lobo, N. Fernández, R. Delgado y L. Madero. (1988). *Aplicación del Sistema de Evaluación de Tierras de la FAO, 1985, en la zona de Turén, Venezuela*. Cuadernos de Agronomía. UCV. Maracay. 26p. 14 mapas.
- Consejo Interinstitucional del Cambio Climático Bolivia (2000). *Primera Comunicación Nacional ante la Convención de Cambio Climático*. La Paz, Bolivia. 114 p.
- Corpoandes ECOSA. (1975). *Estudio Hidrológico semi-detallado. Planicie Aluvial Caus-Poco. Estado Trujillo*, Venezuela
- Corpoandes-ILPES, (1971). *Plan de Desarrollo Integral de la Planicie Aluvial del Río Motatán*. Estado Trujillo, Venezuela
- Corporación Andina de Fomento CAF (2000). *Las Lecciones de El Niño Memorias del Fenómeno El Niño 1997-1998: Retos y Propuestas para la región Andina. Vol 6: Venezuela*. Caracas, Venezuela. 248 p.
- CPC, NCEP, NOAA (1998): Sitio de Internet <http://www.cpc.necvp.noaa.gov/>
- Crawford, N. H. y Lindsay, R. K. (1966). *Digital simulation in Hidrology. The Stanford watershed model IV*. Deo. Civ. Eng., Standford Univ., Standford, California, Tech. Rep. 39, 212 p.
- Emiliani, C. y N. J. Shackleton. (1974). The Brunhes epoch: isotopic paleotemperatures and geochronology. En: *Science*, 183: p. 511 - 514.
- Flenley, J. R. (1979). The Late Quaternary vegetational history of the equatorial mountains. En: *Progress in Physical Geography*, 3(4): p. 488 - 509.
- Díaz, C.; N. Figueroa y R. Warnock. (2000). Estudio del crecimiento y desarrollo de la caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo diferentes densidades de población. III. Rendimiento y sus componentes. En: *Revista de la Facultad de Agronomía*. 27(2):105-117. Maracay, Venezuela.
- Díaz, H. F., y V. Markgraf. (1993): *El Niño. Historical and Paleoclimatic Aspects of the Southern Oscillation*. Cambridge University Press.
- Drosowsky, W. (1994): Analog (Nonlinear) Forecast of the Southern Oscillation Index Time Series. En: *Wea. Forecasting*, 9. 78-84.
- Enfiel, D. and D. A. Mayer (1995): *Tropical Atlantic SST Variability and its Relation to El Niño-Southern Oscillation*. Submitted to *Geophys. Res. (Oceans)*. October 1995. Preprint, 37 pp.
- Folland, T. K. y T. R. Kart. (2001). Observed Climate Variability and Change. En: *Climate Change 2001. The Scientific Basis*. Eds: J. T. Houghton, Y. Ding, D. J. Griggs, M. Noguer, P. J. van der Linden, D. Xiaosu y K. Maskell. University Press, Cambridge. Great Britain. Pp.99-182.
- FONAIAP. (1995). *Taller: Aspectos físicos de los suelos de las sabanas orientales y su efecto sobre la productividad*. Compilado por M. Sindoni; L. Caraballo y T. Rodríguez. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Publicación especial N° 30. El Tigre. 56 p.
- Frómata, L., B. Rodríguez; M. Caballero y L. Rangel. (1979). Descripción y estudio de la interrelación de algunos factores físicos en los suelos de la Estación Biológica de los Llanos cerca de Calabozo, Venezuela. En: *Agronomía Tropical*, 29(4) 349-365.

- García, J. (1996). *Fenología de cuatro variedades de caraota (Phaseolus vulgaris L.) sembrada en dos localidades y dos fechas del periodo septiembre-enero*. Tesis de grado Ing. Agrónomo. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela. 56 p.
- García, L. F., y E. Perdomo. (1998): *Situaciones Meteorológicas en Venezuela, con especial énfasis en la Región Guayana*. CVG-EDELCA. Caracas, 34 pp.
- Glantz, M. H.; R. W. Katz and N. Nicholls (1991): *Teleconnections linking worldwide climate anomalies*. Cambridge University Press. 535 pp.
- Godoi R; V. Barrientos, y R. Paterniani. (1996). Tres Ciclos de la metodología de selección recurrente entre y dentro de familias de medios hermanos con semillas remanentes en una variedad experimental de maíz (Zea Mays L.). En: *Revista Investigación Agrícola DANAC*. Volumen 1. <http://www.redpav-fpolar.info.ve/danac/volumen1/art5/index.html>.
- Gonzalez, A. B. (2000). *Informe Nacional sobre la gestión del agua en Venezuela, Informe SAMTAC (South American Technical Advisory Committee)*, Asociación Mundial del Agua.
- Gray, W., (1984): Atlantic seasonal hurricane frequency. Part II: Forecasting its variability. En: *Mon. Wea. Rev.*, 112, 1669-1683.
- Gray, W. M. (1986): *Factors influencing the unusual low frequency of Atlantic hurricane activity during 1982-83-84*. WMO/TD No. 87, pp 228-235.
- Guerra, A. y G. Landaeta. (1996). *Crecimiento y rendimiento de cuatro variedades de caraota (Phaseolus vulgaris L.) a diferentes poblaciones durante la época de sequía*. Tesis de grado. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela. 42 p.
- Grupo Nacional de Cambio Climático Cuba (2001). *Primera Comunicación Nacional a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. La Habana, Cuba. 169 p.
- Hastenrath, S. (1976): Variations in low-latitude circulations and extreme climatic events in the tropical Americas. En: *Jour. Atmos. Sci.*, 33, 202-215.
- Hastenrath, S. and L. Greischar. (1993): Further work on the prediction of Northeast Brazil rainfall anomalies. En: *Jour. Climate*, 6, 743-758.
- Hydrocapital, (s.f.) Página informativa, [www.hidrocapital.com.ve](http://www.hidrocapital.com.ve), [Consulta: Febrero, 2004].
- Horel, J. D. and J. M. Wallace (1981): Planetary scale atmospheric phenomena associated with the Southern Oscillation. En: *Monthly Weather Review*, 109, 813-829.
- Hulme, M. (1992). A 1951-80 global land precipitation climatology for the evaluation of General Circulation Models. En: *Climate Dynamics*, 7, 57-72
- Hulme, M. (1994). *Validation of large-scale precipitation fields in General Circulation Models*. pp.387-406 in, Global precipitations and climate change (eds.) Desbois, M. and Desalmand, F., NATO ASI Series, Springer-Verlag, Berlin, 466p.
- Hulme, M., T.J. Osborn, and T.C. Johns. (1998). Precipitation sensitivity to global warming: Comparison of observations with HadCM2 simulations. En: *Geophys. Res. Letts.*, 25, 3379-3382.
- Isaaks, E.H., and R.M. Srivastava. (1989). *An introduction to Applied Geostatistics*. Oxford University Press, New York, E.U.A. 561 p.
- Kendall, M. and A. Stuart. (1979). *The advanced theory of Statistics. Vol. 2. Inference and relationship*, New-York, Ch. Griffin and Co. Ltd.
- Kiehl, J. T., and V. Ramanathan. (1983). CO<sub>2</sub> radiative parameterization used in climate models. En: *Journal Geophysics Res.*, 88: p. 5191 5202.
- Lewis, W. M., and F.H. Weibezahn. (1981). Chemistry of a 7.5 m core from Lake Valencia, Venezuela. En: *Limnol. Oceanog.*, 26:p. 907 - 924.
- Linares, M., (2003). *Evaluación de la Disponibilidad del Recurso Agua Subterránea en el Acuífero de la Planicie Aluvial del Río Motatán*, Tesis de Grado para optar al Título de Ingeniero Geólogo, Facultad de Ingeniería, Universidad de Los Andes, Mérida.
- Livingstone, D.A., and T. Van der Hammen. (1978). Palaeogeography and palaeoclimatology. En: *Tropical Forest Ecosystems: A State of Knowledge Report*. UNESCO/UNEP/FAO, Paris, France, p. 61-85.
- Luque O., y R. Avilán. (1976). Clasificación con fines de fertilidad de los suelos de la mesa de Guanipa, estado Anzoátegui. En: IV Congreso Venezolano de la Ciencia del Suelo. Maturín. Venezuela.
- Luque O. y J. Tenías. (1974). *Avance de un estudio agrológico semidetallado de la Mesa de Guanipa, sector El Tigre San José de Guanipa*. En: II Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Mérida. Venezuela.
- MacCracken, M. C. y M. I. Budyko. (1990). *Prospects of future climate: a special US / USSR report on climate and climate change*. Lewis Publ. Inc. 270 p.
- Marcano, F; C. OPEP, y D. Francisco. (1995). Efecto de la labranza y del nitrógeno en algunos componentes del rendimiento, macroporosidad del suelo, densidad radical y producción del maíz Zea mays L. En: *Agronomía Trop.* 44(1):5-22.
- MARNR, (1994-95): Balance Ambiental de Venezuela ISBN: 980-04-1073-2, <http://www.marnr.gov.ve/dc1.html>.
- Ministerio de Agricultura y Cria. (1979). *Seis años de pruebas regionales de maíz en Venezuela (1971-1976)*. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Boletín Técnico No. 9. 52 p.
- Mireles, M y M. Escobar (1993). *Sistemas de producción agrícola en el área de influencia del sistema de riego de río Guárico*. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Serie C. 84 p.
- Ministerio de Minas e Hidrocarburos. (1970). *Léxico estratigráfico de Venezuela*. Publicación especial 4. Editorial Sucre. 757 p.
- Mora, L. (2000). *Definición de criterios y parámetros para el aprovechamiento de las aguas subterráneas en el Valle de Quibor*, APROSELA-CIDIAT. Venezuela
- Naciones Unidas, Aspectos del Desarrollo Sostenible referente a los recursos naturales en Venezuela. Información presentada por el Gobierno de Venezuela ante la Comisión de Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas, Quinta y Novena Sesión, Última revisión: 6/2001, <[www.un.org/esa/agenda21/natlinfo/countr/Venez/natur.htm](http://www.un.org/esa/agenda21/natlinfo/countr/Venez/natur.htm)> [Consulta: Enero 2004]
- Olivo, M. L., E. Lettner, C. Platt, y M. Sosa. (2001). *Pérdidas de tierra en la costa venezolana debido al incremento de nivel del mar*. INCI, 26(10), p. 463-468. Caracas.
- Páez, D. (2005). Primer ejercicio de Prospectiva Tecnológica de PDVSA en Combustibles Futuros y Vehículos Avanzados. PDVSA - INTEVEP, Centro de Investigación y Apoyo Tecnológico de Petróleos de Venezuela, S. A. En: Primer Simposio Nacional de Prospectiva y Planificación. Febrero 2005. IVEPLAN, Disco Compacto.
- Peixoto, J. and A. Oort. (1992). *Physics of Climate*. American Institute of Physics, New York. 519pp.
- Pérez, C.A., G. Poveda, O. Mesa, y L. Carvajal. (2001). *Evidencias de Cambio Climático en Colombia: Tendencias y cambios de fase y amplitud de los ciclos anual y semianual*. Postgrado en Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos, Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Medellín Colombia 15 pp

- Pérez, R. (1996): *El evento ENOS y los Ciclones Tropicales del Atlántico*. Centro Nacional del Clima / Instituto de Meteorología / CITMA. Taller "ENOS y Eventos Extremos en la Región del Gran Caribe", La Habana.
- Poveda, G., y O. Mesa. (1997). Feedbacks between Hydrological Processes in Tropical South America and large Scale. En: *Ocean Atmospheric Phenomena* J. C2690-2702.
- Pettit, A. N. (1979). A non-parametric approach to the change-point problem. En: *Appl. Statist.*, 28, 126-135.
- Puche, M. (2000). *Guías de Práctica de Climatología Agroambiental : Práctica 4. Temperatura del Aire. Aplicaciones : THI y GradosDía*. Postgrado de Ingeniería Agrícola, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela.
- Pulwarty, R., y H. Diaz. (1993). A study of the seasonal cycle and its perturbation by ENSO in the tropical Americas. En: *IV Internatl. Conf. South. Hem. Isph. Met. Ocean*, American Meteorological Society, 262-263.
- Pulwarty, R., R. Barry, R., H. Riehl, et al. (1992). Annual and Seasonal Patterns of Rainfall Variability over Venezuela. En: *Erdkunde*. 46: 273-289.
- Pulwarty, R., R. Barry et al. (1998). Precipitation in the Venezuelan Andes in the Context of Regional Climate. En: *Meteorology and Atmospheric Physics*. 67: 217-237.
- Quinn, W. H. (1993): *A study of Southern Oscillation-related climatic activity for A. D. 622 - 1900 incorporating Nile River flood data*. Historical and Paleoclimatic Aspects of the Southern Oscillation. Cambridge University Press. Edited by Diaz and Markgraf. pp 119-149.
- Rangel, Y. y E. Perdomo. (2003). *Cambio en las condiciones climáticas debido al embalse Guri. Cuenca Baja del Caroní, Estado Bolívar*. Edelca, 77 pp.
- Rasmusson, E. M. (1991): *Obsevational aspects of ENSO cycle teleconnections*. Teleconnections linking worldwide climate anomalies. Chapter 10. Cambridge University Press . pp 309-344.
- Rasmusson, E. M. and T. H. Carpenter. (1982). Variations in tropical sea surface temperature and surface wind fields associated with the Southern Oscillation/El Niño. En: *Monthly Weather Review*, 110, 354-384.
- Ritchie, J.T. (1994). *Classification of crop simulation models*. In: Crop modeling and related data requirements. P.F. Uhlir and G.C. Carter Ed. 3-14.
- Rao, S.S. (1978). *Optimization: Theory and applications*. John Wiley and Sons Ltd. 711 p.
- Roa, P. (1979). Estudio de los médanos de los Llanos centrales de Venezuela: evidencias de un clima desértico. En: *Acta Biol. Venez.*, 10: p. 19-49.
- Robock, A., R.P. Turco, M.A. Harwell, T.P. Ackerman, R. Andressen, H. Chang y M.V.K. Sivakumar. (1993). Use of General Circulation Model Output in the creation of climate change Scenarios for impact analysis. En: *Climatic Change* 23: 293-335. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.
- Roger, J. C. (1988). Precipitation variability over the Caribbean and Tropical Americas associated with the SOI. En: *Jour. Climate* 1, 172-182.
- Rojas, M. I., P. Luciano y C. Repelli. (1999). *Influencia de los Océanos Pacíficos y Atlántico sobre el comportamiento de la precipitación en Venezuela*. Mimeografiado.
- Rojas, E, ed. (1981). *Identificación y caracterización preliminar de los principales sistemas de producción agrícola de Turén*. CIDIAT, Mérida, Venezuela. 51 p.
- Ropelewski, C. F. and M. S. Halpert. (1987). Global and regional scale precipitation pattern associated with the El Niño/Southern Oscillation. En: *Monthly Weather Review*, 15, 1606-1626.
- Rosenzweig, C. and A. Iglesias. (1998). *The use of crop models for international climate change impact assessment*. In Understanding options for agriculture production. Tsuji, Hoogenboom and Thornton, Eds. Kluwer Academia Publishers. 267-292. The Netherlands
- Rubiera, J. (1997). *Eventos del Tiempo Severo Inducidos por el ENOS en la Temporada Invernal Cubana y Desarrollo de un Sistema de Alerta Temprana para Prevenir y Minimizar sus Efectos*. Instituto de Meteorología, La Habana.
- Shaowu, W. (1991). Historical Aspects of ENSO Events. En: *Proceeding of the International Conference on Climate Impact on the Environment and Society* (CIES). WCP/TD No. 435
- Shapiro, L. (1982a). Hurricane climatic fluctuations. Part I: Patterns and Cycles. En: *Mon. Wea. Rev.*, 110, 1007-1013.
- Shapiro, L. (1982b). Hurricane climatic fluctuations. Part II: Relations to large-scale circulation. En: *Mon. Wea. Rev.*, 110, 1014-1023.
- Shapiro, L. (1987). Month-to-month variability of the Atlantic tropical circulation and its relationship to tropical storm formation. En: *Mon. Wea. Rev.*, 115, 2598-2614.
- Silva, O. (1996a). *Caracterización territorial de la Altiplanicie Oriental*. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. CIAE Anzoátegui. El Tigre. Venezuela. Mimeo. 42 p.
- Silva, O. (1996b). *Caracterización de los sistemas de producción en el sistema agrario Alto Río Tigre. Área de mesas del estado Anzoátegui*. Informe de Avance. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. CIAE Anzoátegui. El Tigre. Venezuela. Mimeo. 13 p.
- Silva, O. (1999). *Evaluación hidrológica y agronómica de tres suelos con diverso espesor de horizonte arenoso mediante simulación*. Congreso Latinoamericano de Ciencia del Suelo. Pucón, Chile. Disco compacto para PC.
- Singh., B. (1997). Climate-related global changes in southern Caribbean: Trinidad y Tobago. En: *Globe and Planetary Change. Quebec, Canadá*.
- Sneyers R. (1990). *On the Statistical Analysis of Series of Observations*. Technical Note N° 143, WMO-N° 415, Pag. 11-14, Geneva-Switzerland.
- Stoker, H.; y S. Seager. (1981). *Química Ambiental: contaminación del aire y del agua*. Editorial Blume. Barcelona, España.
- Torres. G. A. (1993). *Evaluación de los recursos de agua subterránea en el Valle de Quíbor, Estado Lara*. Tesis MSc. CIDIAT. Mérida, Venezuela.
- Trenberth, K. E. (1984). Signal versus noise in the Southern Oscillation. En: *Monthly Weather Review*, 112, 326/332.
- Trenberth, K. E. (1997). The definition of El Niño. En: *Bulletin of the American Meteorological Society*, 78, 2771-2177.
- Tsuji, G.Y., G. Uehara, and S. Balas. (1994). *DSSAT v3*. University of Hawaii, Honolulu, Hawaii. 244 p.
- Urbina C. (1998). Información suministrada en reunión de la Dirección de Hidrología y Meteorología del Ministerio del Ambiente, en la oportunidad de discutir los impactos de El Niño en la temperatura en Venezuela.
- Useche R., A. Rodríguez, y J. Lugo. (1976). Dos formas de aplicación de N, P y K en arroz de riego sembrado en un Vertisol. En: *Agronomía Tropical*. 26(5): 383-391
- US Global Change Research Programm. (2001). *Climate Change Impacts on The United States. The potential consequences of Climate Variability and Change*. Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom. 537 p. Más apéndices.

- United Nations. (1994). *Groundwater Software for Windows*. 460 p. New York.
- Valenzuela, J. (2002). *Evolución del área foliar y captación de energía solar en Phaseolus*. Facultad de Agronomía. UCV. Tesis de Grado Ing. Agrónomo. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela. 91 p.
- Velásquez, R. (2002a). *Algunos mecanismos físicos que modulan el clima en Venezuela*. Mimeografiado. Caracas 4 pp.
- Velásquez, R. (2002b). *Variabilidad Interanual de la Precipitación y las Temperaturas Extremas en Venezuela y su Correlación con los Eventos Cálidos y Fríos en los Océanos Pacífico y Atlántico*. Mimeografiado. Caracas 26 pp.
- Venezuela-MARN. (1995). *Balance Hídrico de Venezuel.*, Dirección de Hidrología, Meteorología y Oceanología, Caracas.
- Venezuela-MARN. (2003). Reforma Parcial del Decreto sobre Organización y Funcionamiento de la Administración Pública Central, decreto 2360 del 15 de Abril, Gaceta Oficial No. 37.672.
- Venezuela-MARNR (s.f.) *Programa de modernización del sistema de medición y pronóstico hidrometeorológico nacional*, "Programa Venehmet", [Consulta:21-01-2004] <<http://www.marnr.gov.ve/venehmet/contenido%20venehmet.htm>>
- Wagner, M; A. Barrios; G. Medina y L. Guenni. (1988). Evaluación de un modelo de riego en caraota en la estación experimental de Santa Cruz, estado Aragua. En: *Agronomía Tropical*. 38 (1-3): 109-133.
- Walker, G. T. and E.W. Bliss. (1932). World Weather V. En: *Mem. Royal Meteorological Society*, 4(36), 53-84.
- Walker, G. T. and E. W. Bliss. (1937). World Weather VI. En: *Mem. Royal Meteorological Society*, 4(39), 119-139.
- Waller-Hunter, J. Informando sobre Cambio Climático. *Manual del usuario para las directrices sobre comunicaciones de las Partes no Anexo I de la CMNUCC*. UNFCCC.
- Warnock, R. (1999). *Uso del modelo CROPGRO-bean para impulsar la producción de caraota (Phaseolus vulgaris L.) en Aragua*. Trabajo de Ascenso. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. 85 p.
- Wilks, D. (1995). *Statistical Methods in the Atmospheric Science*. Academic Press. Internacional Geophysic Series. 467 pp.
- Wolter, K. And Trimlin, M.S. (1998). Measuring the strength of ENSO how does 1997/98 rank? En: *Weather*, 53, 315-324.
- XIII CVCS. (1995). Giras de campo. *XIII Congreso Venezolano de la Ciencia del Suelo*. Maracay, Venezuela, 15 al 20 de Octubre de 1995.
- Zinck, A. (1988). *Descripción del ambiente geomorfológico con fines de caracterización de perfiles de suelo*. CIDIAT, Mérida.
- Zoppi, P. (2002). *Evaluación de posibilidades de uso del modelo FAO de seguimiento y pronóstico agrometeorológico de cosecha, en la Colonia Agrícola de Turén*. Tesis de Pregrado. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. 106 p.







MARN

Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales



Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo



GEF Fondo para el Medio Ambiente Mundial

