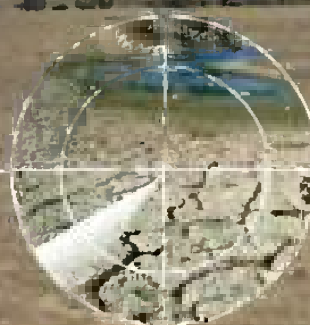


ESTUDIO DEL IMPACTO  
DEL CAMBIO CLIMÁTICO  
SOBRE LA AGRICULTURA  
Y LA SEGURIDAD ALIMENTARIA  
EN LA REPÚBLICA BOLIVARIANA  
DE VENEZUELA



2010

***Estudio del impacto del cambio climático sobre la agricultura y la seguridad alimentaria en la República Bolivariana de Venezuela.***

**AUTORES**

Ing. MSc. Maria Teresa Martelo  
Dra. Mercedes Pérez Macias  
INIA

Dr. Iván Gil  
Presidente del INIA

**EQUIPO COORDINADOR**

Dr. Orlando Moreno.  
Gerente General INIA

Representante de la FAO  
en Venezuela

Ing MSc. Carlos Mendoza.  
FAO

Embajada del Reino Unido  
en Venezuela

El proyecto *Estudio del impacto del cambio climático sobre la agricultura y la seguridad alimentaria en la República Bolivariana de Venezuela* (GCP/VEN/010/UK), ha sido posible gracias al apoyo financiero de la Embajada del Reino Unido en Venezuela, administrado por la Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO) en Venezuela

Marzo 2010



# ESTUDIO DEL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LA AGRICULTURA Y LA SEGURIDAD ALIMENTARIA EN LA REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA



INDICE

<b>Preámbulo.</b>	5
<b>Resumen Ejecutivo.</b>	6
<b>1. Introducción.</b>	18
<b>2. Diagnóstico de Vulnerabilidad actual del sector agrícola respecto al clima.</b>	21
2.1 Relaciones generales clima – sector agrícola.	22
2.1.1 Períodos de crecimiento.	23
2.1.2 Indicadores de producción animal.	25
2.1.3 Indicadores de sequía.	25
2.2 Características del clima de Venezuela y sus relaciones con la agricultura.	26
2.2.1 Características agroclimáticas de las principales regiones del país.	32
2.2.2 Lluvias extremas.	36
2.2.3 Sequías.	37
2.2.4 Relaciones con el evento El Niño y otras variables macroclimáticas.	38
2.2.5 Características hidrológicas de importancia agrícola.	40
2.3 Condiciones socioeconómicas y tecnológicas del sector agrícola.	44
2.3.1 Características de los sistemas de producción agrícolas en el país.	45
2.3.2 Condiciones de las infraestructuras hidráulicas para agricultura.	47
2.3.3 Distribución y Producción de los principales rubros.	51
<b>3. Escenarios climáticos futuros e impactos plausibles en el sector agrícola.</b>	64
3.1 Consideraciones sobre el análisis del cambio climático.	64
3.2 Cambios plausibles en temperatura, precipitación y eventos extremos.	66
3.3 Cambios plausibles en algunas cuencas de importancia agrícola.	73
3.4 Cambios plausibles en los Períodos de Crecimiento y en los Rendimientos.	75
3.5 Cambios plausibles en los Indicadores de producción animal.	78
3.6 Cambios plausibles en los sistemas de producción.	79
<b>4. Indicadores para monitoreo de impactos climáticos.</b>	83
4.1 Ejemplos de Indicadores.	83
4.2 Requerimientos para Monitoreo y Sistemas de Alerta Temprana.	86
<b>5. Recomendaciones para el sector agrícola en el Plan de Acción Nacional para el Cambio Climático.</b>	88
5.1 Aspectos generales de Vulnerabilidad, Adaptación y Mitigación.	89
5.2 Condiciones sistémicas actuales: Marcos legal, económico e institucional.	91
5.3 Requerimientos de Información e Investigación.	95
5.4 Lineamientos para Adaptación por sistemas de producción.	97
5.5 Recomendaciones del sector agrícola para un Plan Nacional en Cambio Climático.	106
<b>6. Referencias bibliograficas</b>	108

## **PREÁMBULO**

Desde su fundación en 1945 la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) tiene como misión es alcanzar la seguridad alimentaria para todos y asegurar que las personas tengan acceso regular a alimentos de buena calidad, los cuales les permitan llevar una vida activa y saludable. Entre otras actividades, ayuda a los países miembros, en particular a los países en desarrollo, más vulnerables a la variabilidad del clima, a mejorar sus capacidades para enfrentar los impactos negativos del cambio climático sobre la agricultura y la soberanía y seguridad alimentaria.

El presente documento ha sido una iniciativa de la FAO para fortalecer la colaboración en esta materia con el Gobierno de la República Bolivariana de Venezuela, en el marco del proyecto de cooperación técnica GCP/VEN/010/UK "Estudio del impacto del cambio climático sobre la agricultura y la seguridad alimentaria en la República Bolivariana de Venezuela", financiado por la Embajada del Reino Unido en el país, en estrecha cooperación con el Ministerio del Poder Popular para Agricultura y Tierras y la conducción del estudio por parte del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA).

Nuestro agradecimiento a todas aquellas instituciones y personas que con sus aportes enriquecieron este documento, el cual está sujeto, todavía, a recibir comentarios e insumos para obtener el mayor provecho de la experticia que existe en el país en aras de marcar pautas para la adaptación de la agricultura al cambio climático y apoyar los esfuerzos nacionales de lograr los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM).

Las denominaciones empleadas en este producto informativo y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, de parte de la FAO juicio alguno sobre la condición jurídica o nivel de desarrollo de los países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. La mención de empresas, productos de fabricantes en particular, estén o no patentados, no implica que la Organización los apruebe o recomiende de preferencia a otros de naturaleza similar que no se mencionan.

Representación de la FAO en Venezuela

FAO-VE@fao.org

## RESUMEN EJECUTIVO

### **Estudio del impacto del cambio climático sobre la agricultura y la seguridad alimentaria en la República Bolivariana de Venezuela**

#### **1. Introducción.**

La variabilidad natural del clima origina riesgos para las actividades socioeconómicas. *El cambio climático puede ser entendido como un incremento de la variabilidad natural, así que los riesgos serán cada vez mayores.* La agricultura de secano se ve afectada tanto en los seres vivos como en la oportunidad de realizar labores; la agricultura regada depende de embalses y pozos cuya capacidad también será alterada por el cambio climático. Por otro lado, el sector agrícola emitió 17,2% de los gases de efecto invernadero del país en 1999, especialmente CH<sub>4</sub> (casi el 28%) y N<sub>2</sub>O (96%). El sector agrícola debe discutir medidas de **adaptación** y de **mitigación**, de manera sinérgica con aquellas que se toman para disminuir los demás impactos ambientales de la agricultura, para ser incluidas en los planes que el Gobierno Nacional diseñe para enfrentar el cambio climático. La Primera Comunicación en Cambio Climático concluyó que *el clima futuro más plausible para el país es más seco y cálido que el actual*, y algunos de los impactos más importantes incluyen: Mayor riesgo de sequías e incendios forestales. *El área bajo riesgo de desertificación se expandiría del 39% actual a un 47% en 2060*; Debido al incremento en la intensidad de la precipitación, *se estima que aunque llueva menos las lluvias serán más agresivas, aumentando el riesgo de inundaciones repentinas y deslaves en las zonas montañosas, y disminuirá su efectividad agrícola (menor infiltración)*; Dado el incremento de los eventos ENOS en sus fases cálida (Niño) y fría (Niña), *se espera que sus respectivos impactos (déficit de lluvia El Niño, excesos La Niña) sean a su vez más frecuentes e intensos*; *La capacidad de recuperación estacional de los embalses disminuirá, aumentando los conflictos por uso del agua, y disminuirá la calidad del agua*; *El café (Táchira), la caña (Yaracuy) y las musáceas (Zulia) pasarían a ser cultivos marginalmente aptos, y la producción de pollos y cerdos disminuirá.*

#### **2. Diagnóstico de Vulnerabilidad actual del sector agrícola respecto al clima.**

En muchos casos, las actividades agrícolas en Venezuela presentan alta **vulnerabilidad** por ubicarse en regiones y/o ser realizadas en momentos cuyas condiciones climáticas no son las más adecuadas para los procesos biológicos, o para manipular el suelo, de modo que se reduce la productividad del organismo, o se degrada la tierra. Las condiciones socioeconómicas y tecnológicas también afectan la vulnerabilidad: *para un mismo nivel de amenaza dado por la variabilidad climática, una región será más vulnerable que otra según las características socio tecnológicas bajo las que se desarrolla la producción.* Es muy probable que los impactos negativos de la agricultura (alteración del hábitat; contaminación por agroquímicos; sobreexplotación) *augmenten la vulnerabilidad de una región para el futuro, amplificando los efectos del cambio climático.*

Venezuela presenta los 9 tipos climáticos de Thornthwaite, que implica gran potencialidad para situar diferentes rubros agrícolas, pero el ciclo de los cultivos anuales es menor que el Período de Crecimiento a partir de los climas Subhúmedos húmedos; esto crea una situación de degradación de tierras por manejo de suelos muy húmedos. *Una alta proporción de la agricultura y la producción animal se encuentra bajo climas Subhúmedos secos y Semiáridos, lo que hace más vulnerable a la agricultura en estas zonas.* La intensidad de la lluvia (lámina caída por unidad de tiempo, mm/hora) es muy alta; el 95% de las lluvias en el país caen como chaparrones de 15 a 30 minutos. Las Fechas de Inicio del Período de Crecimiento varían de inicios de abril en los Llanos Occidentales a finales de junio en zonas de la Cuenca de Unare. El Período Húmedo se inicia en los Llanos Occidentales a finales de abril, y en los Orientales es relativamente común que no se presente. La diferencia en días entre esas dos Fechas equivale a la época de siembra, varía de menos de 10 días en zonas de los Llanos Occidentales a más de 40 en algunas zonas de los Orientales. En los Llanos Occidentales el Período Húmedo es casi tan largo como el de Crecimiento, lo que genera un problema estructural de manejo de tierras: las labores se realizan en condiciones de humedad que afectan al suelo (compactación, formación de piso de arado). En los Llanos Orientales, en el 75 % de los años la duración del Período Húmedo es muy pequeña, y hay zonas donde no se presenta ni

siquiera la mitad de los años. En términos prácticos de oportunidad climática para realizar labores, en los Llanos Orientales el mayor riesgo es la resiembra, mientras que en los Occidentales es la pérdida pura y simple de la oportunidad de sembrar a inicio de la época lluviosa. La erraticidad de la precipitación (su muy irregular distribución diaria) implica altos riesgos de veranitos, especialmente hacia los Llanos Centrales y Orientales.

Temperaturas nocturnas  $> 21^{\circ}\text{C}$  ya son incómodas para los animales, y una enorme proporción del país (excepto en zonas altas) tiene mínimas medias superiores a  $22^{\circ}\text{C}$ . Las temperaturas máximas son elevadas, sobrepasando los  $32^{\circ}\text{C}$  e incluso los  $34^{\circ}\text{C}$ , por lo que a primeras horas de la tarde la situación no sólo es incómoda, sino peligrosa. Las temperaturas mínimas elevadas aumentan la respiración nocturna, disminuyendo la asimilación neta; también acortan las fases fenológicas, pero al sobrepasar cierto umbral éstas comienzan a alargarse, llegando a inhibir la floración.

Las lluvias extremas ocurren localizadamente y en diferentes meses. La diferencia del acumulado de lluvias diarias extremas entre 5 y 10 días es pequeña, indicando que 5 días seguidos de lluvias intensas representan un riesgo muy alto. Presentan diferencias regionales y temporales, siendo los valores extremos para el Período de Retorno de 100 años: (a) en los Llanos Orientales menores a  $200\text{ mm/día}$  y de unos  $350\text{ mm/día}$  en los Occidentales; (b) En zonas secas (Margarita) de casi  $300\text{ mm/día}$ ; (c) En zonas muy lluviosas (Barlovento y Delta del Orinoco), de  $200\text{--}250\text{ mm/día}$ ; (d) En algunos lugares de la Cordillera de la Costa y Lara, de  $150\text{--}250\text{ mm/día}$ ; valor extraordinario de casi  $400\text{ mm/día}$  en una estación del estado Miranda.

En las zonas con climas Áridos, Semiáridos y Subhúmedos secos en los Llanos Centrales y Orientales ocurre en promedio una sequía con duración mínima de un mes cada 10 años; las más largas duraron  $> 18$  meses. Los embalses Guanapito, Camatagua, Calabozo, Tiznados, Tamanaco y La Estancia están en zonas donde ocurrieron entre 15 y 30 eventos de sequía en los últimos 30 años. Las sequías más comunes son de Magnitud Leve, seguidas curiosamente por las Extremadamente Fuertes. Los embalses Guanapito, Calabozo, Tamanaco y La Estancia están en áreas bajo riesgo de 20% a 30% de ocurrencia de sequías Extremadamente Fuertes.

El Niño–Oscilación del Sur (ENOS) tiene una fase cálida (El Niño) y una fría (La Niña), según la temperatura del Pacífico, y altera el clima mundial; en Venezuela, El Niño tiende a reducir la lluvia y La Niña a aumentarla. A lo largo del año el efecto del ENOS cambia entre regiones: de Diciembre a Marzo afecta casi todo el país, excepto la Costa Oriental del Lago; de Abril a Junio no se diferencia su impacto respecto a la variabilidad natural; de Julio a Octubre sólo no se nota su efecto hacia Falcón, y es poco evidente en Cordillera de la Costa; en Noviembre sólo afecta Amazonas. El ENOS se ve a su vez afectado por la Oscilación Quasi–Bianual (QBO), que es el cambio de dirección y velocidad del viento entre 15 y 32 Km. de altura. Cuando ocurre un ENOS, la QBO lo influencia de forma compleja, variando con la fase (Tabla 1). El Niño aumenta las temperaturas máximas “Tx” y mínimas “Tn”, (más la primera que la segunda). La Niña en general tiende a disminuirlas, pero hay excepciones; su impacto es mayor sobre Tn que sobre Tx.

El recurso hídrico superficial está muy desigualmente distribuido. *Algunas de las principales cuencas del país están severamente afectadas, lo cual incrementa la vulnerabilidad del sector agrícola de riego*, especialmente las de los ríos Guárico, El Tocuyo, Neverí y Chama, que alimentan a los embalses Camatagua, Calabozo, Dos Cerritos y Clavellinos. Con relación al agua subterránea, *hay un alto grado de deterioro de muchos acuíferos*. En los de Coro y del Lago de Valencia la sobreexplotación produjo la intrusión de la cuña salina y la recarga del lago hacia el acuífero, respectivamente, dañando su calidad. El acuífero de Quibor desde los años 60 ha descendido hasta 38 m al norte y hasta 98 m al sur, y su calidad ha mermado. Se ha estimado en forma muy gruesa que *más del 50% del abastecimiento para satisfacer los diferentes usos del agua proviene de fuentes subterráneas*. Si el cambio climático disminuye el agua superficial, aumentará proporcionalmente el uso de la subterránea, pero la degradación de su calidad por las malas prácticas actuales puede hacer insostenible el uso futuro. Los recursos hídricos disponibles permiten

regar 387.500 ha, a pesar del nivel de consumo per cápita del país (424 l/d en agua potable y 1 l/s/ha en riego), que cuadruplica los promedios de América Latina. Aunque el balance global del país es positivo, a nivel regional y local ya hay situaciones de estrés hídrico, debidos a sobre desarrollo de algunas áreas, mal uso del agua y cambios de uso de la tierra. *Es muy probable que los conflictos se incrementen debido al cambio climático, y a las retroalimentaciones de los demás problemas ambientales sobre la vulnerabilidad de áreas agrícolas.*

**Tabla 1.** Tipo de influencia pura de la QBO, El Niño y la Niña sobre la lluvia en Venezuela, y efectos de la QBO sobre El Niño y La Niña.

EFEECTO PURO DEL ENSO Y LA QBO EN LA LLUVIA.	QBO ALTA VELOCIDAD DEL OESTE = EXCESOS	QBO BAJA VELOCIDAD EN CUALQUIER DIRECCIÓN = DÉFICIT	QBO ALTA VELOCIDAD DEL ESTE. Sin influencia.
NIÑO = DÉFICIT	Déficit "normal" producido por el Niño, es decir, no se nota efecto de la QBO.	Efecto marcado de la QBO. Se incrementa mucho el déficit "normal" producido por el Niño.	–
NIÑA = EXCESO	Efecto marcado de la QBO. Casi duplica el exceso "normal" producido por la Niña.	Disminuye mucho el exceso "normal" producido por la Niña. En Cordillera de la Costa el efecto es tan marcado, que puede incluso cambiar de signo, y presentarse un déficit.	Igual que el de la QBO baja. Se ignora el porqué, dado el mínimo efecto directo de esta condición de la QBO sobre la lluvia.

Las áreas sin limitaciones para agricultura ocupan sólo el 2% del territorio, teniendo limitaciones de relieve el 44%, de baja fertilidad el 32%, de mal drenaje el 18% y de aridez el 4%. Excepto la zona en el límite Portuguesa–Cojedes, todas las demás áreas de uso actual agrícola se encuentran en zonas con limitaciones más o menos severas por drenaje, fertilidad y relieve; en las zonas de riego se suma la fragilidad debida a la salinización. *Bajo esas condiciones inadecuadas, la actividad agrícola: (a) incrementa sus costos; (b) disminuye su productividad, su efectividad o ambas; (c) incrementa el daño ambiental. Esta negativa situación se verá incrementada por el cambio climático.* Existen 7.950.000 ha para cultivos (se usan menos de 2.500.000 ha). Casi la mitad de las explotaciones ocupan menos de 5 ha, lo cual en muchas regiones probablemente no permite una adecuada relación costo–beneficio; apenas el 4,4% de la superficie sembrada se dedica a cultivos anuales, que son los básicos para garantizar la seguridad alimentaria. Los rendimientos mejoraron en los últimos 15 años, pero aún son bajos respecto a los potenciales y a los de otros países. En los sistemas de producción vegetal predomina el monocultivo con poca diversidad genética, gran vulnerabilidad a plagas y enfermedades, y deficiente manejo que contribuye a la degradación y contaminación de suelos y aguas, especialmente los cultivos anuales mecanizados (cereales y oleaginosas). En ganadería bovina hay 3 sistemas de producción: el extensivo, caracterizado por baja eficiencia productiva y reproductiva y casi inexistente manejo sanitario, lo que se traduce en alta mortalidad; El doble propósito produce más del 60% de la leche y más del 40% de la carne en el país; también tiene muy baja productividad, tiende a colonizar nuevas tierras, y es común la escasez de recursos en las fincas (muy pocas instalaciones, animales de diferente nivel productivo, pobres alimentación y manejo); El intensivo usa razas mas especializadas hacia leche y/o mejoramiento productivo del doble propósito; se ubica en valles de zonas montañosas, y algunas zonas de la región zuliana y centro–occidental.

Del total nacional de superficie cultivada, 94,3% es agricultura de secano y 5,7% bajo riego. *La agricultura de riego en el país sufre problemas de: subutilización y deterioro de la infraestructura física de los sistemas públicos; insuficiente organización de los usuarios; bajos niveles de producción y productividad.* En el país hay 1.187 sistemas que irrigan 392.077 ha; de ellos, 33 son grandes sistemas que irrigan 224.259 ha en Guárico, Anzoátegui, Lara y Aragua. Los pequeños sistemas irrigan 167.818 ha, la mayoría en los Andes. *El volumen de agua proveniente de pozos es prácticamente el triple que el proveniente de embalses,* lo que señala una vez más las interconexiones de la vulnerabilidad de los sectores agrícola e hídrico. Muchas infraestructuras de



riego están en malas condiciones, entre ellas: el sistema de riego del embalse Matícora es subutilizado; el embalse Agua Viva tiene alta tasa de sedimentación y el sistema de riego no ha sido completado; los embalses Camatagua y Calabozo son muy vulnerables a sequías, y el acuífero es sobreexplotado; los embalses Dos Cerritos y Atarigua sufren sedimentación, y Atarigua tiene mala calidad de agua; muchos pozos asociados a los acuíferos sobreexplotados se dañan cuando el nivel piezométrico baja excesivamente.

*En muchos casos, las áreas actualmente ocupadas por ciertos cultivos no son las más adecuadas desde el punto de vista climático y/o de conservación de tierras.* Los rubros básicos para la economía nacional son los Cereales, Hortalizas, Oleaginosas y Frutas. Los sistemas de producción que ocupan más superficie son Ganadería Extensiva y Agricultura de Subsistencia; aunque su aporte al PIB es pequeño, involucran a la seguridad alimentaria. Las diferencias regionales en la producción afectan la agroindustria y el mercado; en cereales, los Llanos Occidentales y Centrales les proveen altas cantidades pero una sola vez al año, mientras que en los Llanos Orientales las dotan de materia prima por muchos meses aunque con menores cantidades. Hay cultivos muy eficientes económicamente, en los que un área pequeña genera gran valor económico; por ejemplo la Palma Africana genera casi el 49% del valor económico total del rubro Textiles y Oleaginosas en un 5% del área sembrada. La producción de pollos y huevos se concentra en Aragua, Carabobo y Zulia (69% de los huevos y 73% de los pollos de engorde a nivel nacional); esos 3 estados más Miranda concentran 80% del rebaño porcino nacional. Los estados agrícolas por excelencia son Portuguesa y Guárico; concentran 72% de la producción nacional de maíz, 90% de la de arroz, 80% de la de sorgo, 30% de la de caña, 87% de la de ajonjolí, 64% de la de mango y 48% de la de tomate. El estado Lara concentra la producción de hortalizas (74% de cebolla y 69% de pimentón), y 65% de la piña; Yaracuy concentra 51% de la producción nacional de naranja. En resumen, *los estados fundamentales para la producción actual de alimentos básicos (cereales, aves y cerdos) son seis: Aragua, Carabobo, Miranda, Zulia, Guárico y Portuguesa, donde también producen 53% del plátano, 37% del cambur y 38% de las naranjas; los principales productores de fruta para agroindustria (piña y naranja) son Lara y Yaracuy.*

### **3. Escenarios climáticos futuros e impactos plausibles en el sector agrícola.**

Para trabajar en cambio climático se establecen *escenarios* bajo los cuales se corren los *modelos climáticos* para obtener, considerando las *incertidumbres*, un abanico de posibles comportamientos futuros del clima. *Si varios modelos, corridos bajo escenarios diferentes apuntan todos en la misma dirección, la incertidumbre disminuye.* Para la Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático se usaron dos Modelos Climáticos: **UKTR** y **CCC-EQ**; Escenario Climático Intermedio (Escenario de Emisión de GEI SRES-A2 y Sensitividad Climática Media); Tres lapsos futuros centrados en 2020, 2040 y 2060. La precipitación variaría de un -5% en 2020 a -25% en 2060. Los cambios de temperatura irían de +0,3°C en 2020 a +3,5°C en 2060. Aún no se puede decidir cuál modelo representa mejor el futuro, pero contar con al menos dos ayuda a definir estrategias de adaptación; donde coincidan hay más confianza en el tipo de medida a tomar, y donde difieran, las estrategias deberán ser más flexibles.

Los modelos presentan las mayores diferencias espaciales al norte, y las mayores diferencias temporales en el trimestre Marzo-Mayo. *Ambos modelos señalan un futuro más seco de Junio a Febrero en la franja central del país, de los Andes a los Llanos Orientales y norte de Bolívar, en el extremo sur de Bolívar y extremo norte de Zulia.* En la zona norte-costera, que concentra la mayoría de la población y las industrias del país, el futuro es preocupante; según el UKTR pasaría a llover menos de 1.200 mm/año, situación hoy limitada a zonas secas como norte de Zulia, Depresión Lara-Falcón y Cuenca de Unare. El CCC-EQ, por el contrario, señala un ligero aumento de la lluvia en esa zona, pero simula menos lluvia al occidente del país. *Ambos modelos simulan menos lluvia al sur, lo que pudiera implicar un cambio severo en el ecosistema de selva tropical.* El trimestre Junio-Agosto es el más lluvioso al sur, centro y oriente del país, pero en occidente, con patrón de lluvia bimodal, ésta disminuye. *Ambos modelos simulan menos lluvia en casi todo el país, excepto en la costa central y oriental, donde CCC-EQ señala un ligero aumento, no mayor al 7% en*

2060. Menos lluvia en el trimestre más lluvioso del año puede cambiar zonas Subhúmedas Secas a Semiáridas, y tener un fuerte impacto negativo sobre embalses, agricultura de secano y ganadería.

La temperatura media anual hoy sobrepasa 28°C sólo en 4 de 17 estaciones analizadas, pero para el 2060 ocurrirá entre 11 y 13 de ellas. Aunque el aumento estimado de temperatura en el país no es grande (en el Escenario Intermedio en 2060 estaría entre 1 y 2°C), *el problema es que ya hoy son altas, así que incluso pequeños incrementos pueden tener efectos severos en funciones biológicas y físicas.* En el 74% de las estaciones, según ambos modelos las temperaturas promedio futuras serán mayores que el actual Percentil 90%. *Es muy probable que se sobrepasen valores umbrales con efectos biológicos importantes. Este punto amerita estudios detallados, ya que las implicaciones para el desarrollo sostenible son, quizá, más graves que los cambios del régimen hídrico.*

La disminución de la lluvia y/o el incremento de sequías (no son términos equivalentes) disminuirán los caudales de ríos, la capacidad de recarga de los acuíferos y la calidad del agua. Las altas temperaturas aumentan el consumo de oxígeno, y el riesgo de anoxia en los cuerpos de agua; el mayor acarreo de sedimentos a causa de la mayor erosión, también disminuirá la calidad del agua. Por otro lado, la mayor intensidad de la lluvia cambiará la respuesta hidrológica de las cuencas en varios aspectos: la relación infiltración/escorrentía; el tiempo de escurrimiento, con lo cual pueden incrementarse las inundaciones repentinas; el grado de percolación, y la recarga de acuíferos.

La Evapotranspiración de Referencia (ET<sub>o</sub>) se incrementará, aumentando la demanda de agua de los cultivos, tanto de secano como de riego. *Pequeños cambios en la precipitación generan grandes cambios en el caudal medio de los ríos. Para las cuencas del Pao, el Guárico y el Tocuyo ambos modelos señalan menores caudales a futuro, mientras que simulan futuros contradictorios para el Maticora, el Motatán, el Neverí y el Chama.* En las tres primeras cuencas están los embalses Pao Cachinche y Pao La Balsa, Calabozo, Camatagua, Dos Cerritos y Atarigua, que significan parte del agua para Maracay, Valencia, Caracas y Barquisimeto, además del riego de la principal zona arrocera del país, y parte de la zona cañera en el occidente. Respecto al impacto sobre el agua subterránea, en el acuífero del río Motatán los modelos simulan recargas opuestas. *Para el de Quíbor ambos modelos señalan una recarga menor en el futuro, deberían tomarse medidas urgentes para salvaguardarlo. El rendimiento de un embalse y su operación cambiarán en algunas zonas del país, desmejorando los niveles de confiabilidad y/o el cumplimiento de los objetivos para los cuales se construyeron.* La disminución del nivel de calidad aumentará el costo de tratamiento y/o inhabilitará su uso. *La variación en la recarga de los acuíferos asociada a sequías más frecuentes puede favorecer la sobreexplotación con posibles efectos a largo plazo.*

Se estima que el área bajo climas Áridos, Semiáridos y Subhúmedos Secos aumentará del 39% actual a un 47% hacia 2060. El área con menos de 4 meses húmedos (MH), no adecuada para cultivos sin riego, ocupa hoy casi 10% del país, en 2060 ocuparía del 15% al 17%, y la superficie con 6–8 MH disminuirá del 50% actual, a un 36%. Se estima que *disminuirá la duración promedio de los Periodos de Crecimiento y Húmedo, sin afectar significativamente a los cultivos de ciclo corto, pero sí a los de ciclo largo. La simulación de rendimientos para maíz, arroz y caraota (ésta bajo riego) indica reducciones para maíz y arroz de 6% a 12%, y para caraota de 8% a 43%.* El aumento de la temperatura mínima parece ser el factor principal en la reducción de rendimientos, mientras que los factores hídricos tendrían poco efecto.

*Para el THI de madrugada, el más importante ya que permite a los animales recuperarse del estrés térmico diurno, se pasará de las condiciones actuales de confort a desconfort leve (Alerta) y en algunos meses en los Llanos incluso a desconfort fuerte (Peligro).* El THI máximo indica que ya hoy día las condiciones varían de Alerta a Peligro y Emergencia; desde el 2020 aumentará el número de meses con condición de Emergencia.

Con relación a cambios en los sistemas de producción, *habrá un crecimiento significativo del área con déficit hídrico, siendo la condición actual de capacidad adaptativa de media a baja,* según los diversos elementos tecnológicos y socioeconómicos considerados:

- Zona Oriental: de 4.600.000 ha a 9.000.000 ha; 46% de los sistemas tienen baja capacidad de adaptación, 36% media a baja y 18% media. Sistemas afectados: cacao, coco, café, caña, palma africana, cítricos, hortalizas, yuca, pastos–ganadería, pinos y agricultura de subsistencia. Los usos cacao, coco, palma, yuca y pastos quedarían en áreas marginales, necesitando riego complementario.
- Zona Centro–Occidental: de 1.000.000 ha a 4.700.000 ha; 41% de los sistemas tienen baja capacidad de adaptación, 14% media a baja y 45% media. Sistemas afectados: cacao, cítricos, maíz, sorgo, arroz, hortalizas, pastos–ganadería, leguminosas, caña, palma africana y agricultura de subsistencia. Los usos palma africana y caña en Yaracuy son los más afectados; otros cultivos permanentes y los pastos (ganadería) serán moderadamente afectados, así como el maíz en los valles altos de Yaracuy.
- Zona Occidental: de 3.700.000 ha a 4.500.000 ha; 27% de los sistemas tienen baja capacidad de adaptación, 33% media a baja y 40% media. Sistemas afectados: plátano, palma africana, cacao, café, musáceas, maíz, papa, hortalizas, pastos–ganadería y plantaciones forestales. Los usos permanentes cacao al sur de Lago, plátano, café en Táchira y palma aceitera, pasarían a condición marginal, siendo los pastos y hortalizas menos afectados.

La Tabla 2 resume los impactos en las subáreas dentro de cada zona. Lo hasta aquí expuesto levanta una serie de preguntas, entre ellas: (1) *¿Los actuales sistemas de producción de alimentos pueden mantenerse con los niveles futuros de disponibilidad de agua?* Si pueden, *¿se mantendrían los rendimientos? ¿Seguirían siendo rentables?* Si no pueden *¿De donde saldría el agua que falta?* (2) *¿Los sistemas actuales de embalses cubrirán el incremento de la demanda de agua, humana y para riego?* Si pueden, *¿se mantendrían los mismos niveles de rendimientos? ¿Seguirían siendo económicamente rentables? ¿Cuánto cambiaría el costo del agua?* Si no pueden *¿Cuánto costarían los sistemas para cubrir la nueva demanda? ¿De donde saldría el agua que falta?* (3) *¿Qué proporción de alimentos proviene de agricultura de secano en zonas donde disminuirán los meses húmedos?* En esas zonas, *¿cuánto costarían los sistemas para cubrir la nueva demanda? ¿De donde saldría el agua que falta?* (4) *¿Cuánto costará garantizar la seguridad agroalimentaria? ¿Mediante cuáles estrategias? ¿Cuánto tiempo tomará?* (5) *¿Cómo se manejarán los costos y pérdidas imputables al cambio climático?*

**Tabla 2.** Impacto del cambio del régimen hídrico por regiones y rubros agrícolas. Fuente: Ovalles *et al*, 2005.

Áreas	Estados Afectados	Descripción del cambio en clima	Rubros afectados	Posibles impactos a uso actual	
<b>Oriente</b>	Sucre	Se amplía el área en la cual disminuirá la lluvia de 1200-1600 a 800-1200 mm/año, extendiéndose a las zonas de importancia agrícola.	Cacao, caña, café, coco, mango, cambur, yuca, Hortalizas solanáceas, Agricultura de subsistencia (en adelante ASUB)		
	Norte de Monagas	Caripe y Caripito	Café, naranja, cacao, Hortalizas de hoja, ASub.	Pudiera crearse conflicto con las ciudades por el agua, los sistemas de riego pudieran verse afectados por la deficiencia de agua.	
	Sur de Monagas	Maturín, Valles de Guarapiche	Zona marginal desde el punto de vista hídrico. La precipitación en el área afectada disminuirá de 800-1200 a 400-800 mm/año.	Palma africana, cultivos anuales área de Valles, Tabaco bajo riego, Hortalizas de piso alto con riego, Mango y limas, ASub.	La Yuca de media/alta tecnología pudieran ser afectadas por la falta de agua.
	Anzoátegui		En esta zona hay una disminución de la precipitación de 800-1200 a 400-800 mm/año. La zona de menos lluvia de Anaco se amplía a las Mesas en El Tigre, de 800-1200 a 400-800 mm/año la disminución es muy poca, de 1600-2000 pasa a 1200-1600 mm/año	Yuca, Pino (500.000 ha), Pastizales y Pastos introducidos (cerca 20%), ASub.	La demanda de riego por cultivos va a aumentar.
	Delta		Zona Norte: disminución de las lluvias de 1200-1600 a 800-1200 mm/año. La Paragua sin grandes cambios en ninguno de los dos modelos. Zonas de 2600 mm pasan a 1600-2000 mm/año.	Pastizales, semillas, melón, patilla, Ganadería, Yuca, ASub.	Los cultivos dependen del nivel de agua de los caños, problemas por la cuña salina.
	Bolívar		La precipitación pasará de 1200-1600 a 800-1200 mm/año, más sequía. Hay cerca de 15 embalses. La zona de 800-1200 mm abarca la costa de Vargas, Aragua y Carabobo. La lluvia baja de los 1600-2000 a los 800-1200 mm/año, se expandirá al Sur de Aragua y Norte de Guárico, hasta Calabozo, y por el Occidente se une a la zona mas seca del estado Lara, afectando al estado Yaracuy. Áreas con lluvia de 1200-1600 pasan a 1200-800 mm/año	Arroz, pasto, Plátano en pequeñas áreas, ASub.	
	Cuenca de Unare			Frutales, eucalipto (norte Caroní), Maíz en la Paragua, Tomate, Yuca y Ñame, ASub.	No se describe ningún impacto.
<b>Centro Occidente</b>	Aragua, Carabobo, Miranda, Norte de Guarico y Vargas		Ganadería doble propósito, Pastizales, ASub.	La demanda de agua por los pastizales pudiera verse afectada.	
	Sur de Carabobo		Cacao (bajo riego en la Costa), Plátano, Caña, cambur, semillas cereales, frutales (Aragua), Pimiento, tabaco, tomate, hortalizas (en la vega del Guárico), Pastizales al Sur de Aragua y Norte de Guárico, Avicultura (Carabobo), ASub.	La zona regada pudiera competir con el turismo. Debe mejorar la eficiencia del riego. La producción de pollos en Carabobo puede ser afectada por la mayor temperatura. Se verá afectada las suplencias de agua de los embalses Camatagua y Calabozo.	
	Bajo Yaracuy: San Felipe-Mun. Veroes-Manuel Monje Yaracuy medio (Mun. Bruzual José Antonio Pérez, Peña, Urachiche)		Ciúricas, Caña, Hortalizas, ASub.	La zona se verá afectada por las sequías.	
	Valles altos de Yaracuy (Mun. Nirgua)		Caña (Central Santa Clara), Musáceas, Cítricos, Pastizales, ASUBs.	Pudiera disminuir el agua freática, y por ende cultivos de gran demanda (caña, que además está en el límite por temperatura). La tierra se usaría en cultivos o actividades más rentables. Siembra de cultivos resistentes a sequía como sorgo, frijol y quinchoncho; uso de métodos de riego menos exigentes en agua: goteo, chorrito.	
<b>Occidente</b>	Cuenca del lago de Maracaibo (Costa Oriental)		Maíz y ahora también sorgo, Caña (Río Turbio), Quinchoncho frijol, caraota.	Puede ser afectado el sistema de riego Cenizo, y la producción de banano y maíz en el delta del Motatán.	
	Cuenca del lago de Maracaibo (Sur del Lago)		Cítricos, Frutales (aguacate), Musáceas, leguminosas, maíz.	Al Sur del lago las musáceas, palma y cacao pasan de medianamente a marginalmente aptas. Ganadería sería afectada por calor.	
	Andes		La lluvia pasa de 1200-600 a 800-1200 mm/año entre Ciudad Ojeda hasta el Delta del Motatán y paralelo con la sierra de Trujillo	En los Andes tachirenses el café pasa de medianamente apto a marginalmente apto.	
		En los Pantanos del Catatumbo, zona del Guayabo y Encontrados, se pasa de 1200-1600 a 800-1200 mm/año.	Pastos, Maíz, Caña, Plátanos, cambures Yuca (Trujillo)		
		La zona de 1200-1600 pasa a 800-1200 mm/año. El área más seca se amplía al piedemonte, afecta las selvas del Ticoporo, San Camilo, y El Nula.	Palma africana, plátano, cacao y pasto, (Pantanos), Ganadería y plantaciones forestales, Café y hortalizas (Colon)		
			Ganadería, plantaciones forestales, Cacao, Ganadería de altura, Maíz-Leguminosa, Café y hortalizas		

#### 4. Indicadores para monitoreo de impactos climáticos.

Optimizar la toma de decisiones y el manejo de riesgos a nivel local requiere monitorear *in situ*, así como Sistemas de Alerta Temprana (SAT). *El monitoreo se diferencia de la medición en que implica una comparación entre el valor medido y algún valor umbral que sirva de indicador de si el proceso medido se está moviendo en una dirección favorable o desfavorable.* Hay índices climáticos de fácil cálculo y que pueden espacializarse, para diferenciar áreas que requieren diferentes tipos de decisiones para solventar problemas. Se requieren indicadores al menos para 4 sectores: Condiciones ambientales generales; Productividad ecológica y agrícola vegetal; Salud humana; Productividad animal. Los indicadores deben *calibrarse* para las condiciones nacionales. En cuanto a la información medida en la zona, la situación es crítica, no llegan a 400 las estaciones que miden lluvia. *Cualquier tipo de monitoreo es casi imposible en estas condiciones.* El sector agrícola debería definir estrategias para apoyar la medición climática para sus propios fines.

Un SAT es una colección de información variada que mediante monitoreo constante, advierte sobre situaciones amenazantes y permite elegir respuestas apropiadas. *Un SAT debe ser regional y para una amenaza específica* (inundaciones, deslaves, sequías, etc.). En su diseño (recursos, ejecutores y usuarios) deben considerarse a los gobiernos municipal y estatal, comunidades organizadas, asociaciones de productores y empresas hidrológicas como mínimo. Los SAT usan mucha información (climática en tiempo real, pronósticos, socioeconómica, estado del cultivo, entre otras), así que dependerá de terceros para obtenerla. Entonces es una *necesidad absoluta la cooperación interinstitucional para diseñar el SAT, y la voluntad política regional para apoyar sus relaciones interinstitucionales.* Un SAT incluye 4 acciones básicas: monitoreo, valoración del riesgo, mitigación y retroalimentación; si una sola falla, el SAT no funciona. Con retroalimentación, se hace una valoración del riesgo más dinámica, se emiten mensajes más específicos sobre impactos y se recomiendan acciones de mitigación más eficientes. *La relación con las comunidades es fundamental; si ella conoce el sistema y se involucra con él, cuidará de motu proprio los equipos, apoyará actividades y, en general, se beneficiará realmente de la alerta temprana.*

#### 5. Recomendaciones para el sector agrícola en el Plan de Acción Nacional para el Cambio Climático.

El cambio climático es un problema socioeconómico, con fuerte impacto sobre el desarrollo sostenible. Está bien establecido que *afectará fundamentalmente a los países más pobres y a los sectores más pobres en cualquier país*, por su alta vulnerabilidad y escasa capacidad de adaptación, y además que *el tiempo necesario para la adaptación socioeconómica varía entre años y decenios*, en función del sector y los recursos disponibles. El cambio climático tiene costos económicos, financieros, sociales y ecológicos. Hay 4 tipos de costos: el de los impactos; el de las medidas de adaptación; el de las medidas de mitigación; y los efectos "spill over" sobre la economía por disminución de las ventas petroleras. Los costos de los impactos, a su vez, incluyen: Reducción de la productividad de ecosistemas y generación de agua en las cuencas; Reducción de la productividad de las actividades (agrícola, forestal, industrial, etc.); Eventos extremos (destrucción de infraestructura, pérdida de vidas y bienes). *Es imprescindible establecer al menos órdenes de magnitud a nivel nacional sobre el impacto económico y financiero del cambio climático;* los entes nacionales de planificación deben contar con esta información para definir los planes sociales y económicos a mediano y largo plazo.

En cambio climático la *Vulnerabilidad* se define como *el efecto residual sobre un sistema, que no puede ser evitado, una vez que se han tomado las medidas de adaptación.* La *Adaptación* se define como *"ajuste en los sistemas ecológicos, sociales o económicos, en respuesta a estímulos climáticos actuales o esperados, y a sus efectos o impactos". Las medidas de adaptación son la única forma de reducir la vulnerabilidad;* cuántas más y mejores medidas de adaptación se tomen, menores serán los efectos residuales que no se pueden evitar. *La mitigación es el conjunto de prácticas y medidas usadas para reducir la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), o para aumentar los*

*sumideros de los mismos.* Como país No Anexo I en la CMNUCC, Venezuela no tiene obligación de reducción de emisiones, pero la conciencia ambientalista indica que debería hacerlo.

Los ecosistemas y las cuencas sólo pueden adaptarse de forma "reactiva"; si el cambio climático es más intenso y/o rápido que su capacidad adaptativa hay riesgo de extinción. En el caso de actividades socioeconómicas, las respuestas a los cambios pueden ser previstas: la adaptación es "planificada", reduciendo impactos negativos y vulnerabilidad. Las medidas de adaptación tienen varias características importantes, entre ellas: (a) Deben tomarse a nivel local, regional y nacional, por entes públicos y privados; (b) *Son necesariamente sectoriales*; las acciones que tomará un agricultor no serán las mismas que tomará un médico o un alcalde; (c) *Para que tengan éxito, es necesario un esfuerzo sostenido de información y educación de todos los actores sociales, ya que se requiere un profundo cambio en los patrones de uso de los recursos naturales y en los patrones de consumo de bienes y servicios*; (d) La capacidad de adaptación depende, entre otras, de la capacidad institucional, la filosofía de gestión de la riqueza, la escala temporal de la planificación, el marco jurídico y organizacional, y la tecnología.

*Parte importante del trabajo en adaptación es completar exhaustivamente la jerarquización de consecuencias del cambio climático, a nivel sectorial (agrícola, recursos hídricos, salud, etc.) y local. Esto puede funcionar como un "árbol de problemas", permitiendo clarificar como debería ser el "árbol de soluciones"; también puede usarse como base para definir estrategias FODA, y permite una visión integradora, puesto que se detectarían interrelaciones con otros campos ambientales.* Respecto a esto, Venezuela firmó las tres Convenciones Ambientales (Cambio Climático, Desertificación y Sequía, y Diversidad Biológica, en adelante referidas como CC, DyS y DB). Las políticas, programas y medidas a implantar para cumplir los compromisos (recuperar ecosistemas degradados, fomentar la conservación de la tierra y los recursos hídricos, disminuir la emisión y aumentar los sumideros de GEI, o preparar la adaptación al cambio climático), son las mismas medidas "clásicas" de 3 áreas fundamentales: el ordenamiento territorial; la gestión integrada de recursos hídricos, y el manejo integrado de riesgos, para los cuales existen entes públicos y privados que actúan de modo parcial y descoordinadamente.

El país cuenta con un marco jurídico excelente a nivel general, con la Constitución y leyes como: Ley Orgánica de Planificación y Ordenamiento Territorial; Ley Orgánica del Ambiente; Ley Orgánica para la Conservación Ambiental; Ley Penal del Ambiente; Ley de Meteorología e Hidrología; Ley sobre Manejo Integral de Riesgos; Ley de Áreas Naturales Protegidas. *La debilidad fundamental es que esas leyes no tienen reglamentos, lo que da amplio campo a la discrecionalidad de los funcionarios.* Otra limitación es el *escaso uso de la capacidad jurídica de los poderes locales para emitir reglamentos y ordenanzas.* El marco de políticas es el más desarrollado; las tres áreas cuentan con líneas de acción prioritarias, definidas después de 1999, por lo que se consideraron los elementos de participación y corresponsabilidad establecidos en la Constitución. En CC, éstas son: *Concienciación a todos los niveles; Investigación aplicada a la toma de decisiones; Reforzamiento de la capacidad de medición para detectar impactos; Participación, Gestión y Protección ambiental; Saneamiento y control de ríos y cuencas; Seguridad alimentaria.*

El marco institucional es muy débil: en cuestiones ambientales las funciones generales, atribuciones y responsabilidades están dispersas entre varios entes gubernamentales. Para cubrir las responsabilidades de las tres Convenciones ni se crearon estructuras organizacionales (departamento, oficina, etc.), ni se asignaron las nuevas funciones específicas; tampoco se establecieron mecanismos de seguimiento y control de proyectos interinstitucionales y rendición de cuentas. Cancillería Nacional es el Punto Focal Político, y el MINAMB el Punto Focal Técnico. Tampoco existe un marco económico-financiero claro; algunas actividades en DB y DyS usan presupuesto del MINAMB, o son apoyadas por entes nacionales e internacionales. *CC no tiene marco jurídico, ni institucional, ni recursos económicos en el presupuesto ordinario; los problemas prioritarios son el desconocimiento, la falta de información y la falta de herramientas tecnológicas.*

Con relación a la información básica, una limitación grave es su generación, por su elevado costo; la inadecuada planificación en el país contempla sólo de modo parcial políticas de recolección de informaciones continuas y coherentes. En CC se requiere realizar sectorialmente los análisis de vulnerabilidad; en DyS deben definirse el enfoque y diseño metodológico para realizar el diagnóstico de áreas degradadas, los tipos y grado de avance de la degradación de tierras, y reforzar los bancos de germoplasma regionales. Deben reforzarse las capacidades *para identificar, evaluar, adquirir, desarrollar, adaptar e integrar tecnologías en diferentes campos, y lograr el desarrollo del "know how" de metodologías, modelos, elaboración de proyectos, e instalación de equipos.*

Algunas investigaciones básicas en agricultura debido al cambio climático incluyen:

- Umbrales térmicos en el país para cultivos (germinación, floración, respiración, fotosíntesis) y animales (tasa de concepción, aprovechamiento del alimento).
- Umbrales térmicos para los principales tipos de plagas.
- Desarrollo de híbridos y variedades adaptadas a las nuevas condiciones agroecológicas (reducción de la Evapotranspiración), y fenología de cultivos.
- Disminución de la producción de huevos, leche y carne en función del estrés térmico, para las principales razas en el país.
- Impacto de los cambios de temperatura y humedad en la pérdidas postcosecha.
- Impacto de los cambios en la precipitación (cantidad y distribución) sobre los pastos.
- Impacto económico de la disminución de la productividad.
- Escenarios de costos de medidas de adaptación.
- Desarrollo de tecnologías de aprovechamiento de agua de lluvia.
- Desarrollo de modelos de producción para estabilizar rendimientos.
- Aumento de la cantidad de agua disponible / Conservación de la humedad del suelo.

Hay 2 grandes debilidades sistémicas: (a) la desvinculación entre los requerimientos del Estado y el sector privado en desarrollo tecnológico e investigaciones que apoyen la toma de decisiones, y los que ejecutan los sectores académico y de investigación; (b) el escaso conocimiento a nivel gerencial de las interrelaciones socioeconómicas de los problemas ambientales, lo que limita la creación de los lazos interinstitucionales requeridos para solventar problemas que son, en esencia, de origen y consecuencias multifactoriales, por lo que se requiere formación ambiental para los gerentes de la administración pública.

A continuación se presentan los lineamientos de adaptación del sector agrícola (Ovalles *et al*, 2005), en la Tabla 3 medidas generales de adaptación, y luego las recomendaciones del sector agrícola para ser incluidas en el Plan Nacional en Cambio Climático:

- Aspectos institucionales: Implantar una política de difusión de los Planes Estratégicos de las Instituciones del Estado y establecer mecanismos de retroalimentación para realizar ajustes; Implantar un mecanismo de articulación en el sector agrícola; puede ser un Consejo Interinstitucional; Integrar criterios ambientales en las políticas agrícolas; Mejorar el basamento legal en lo relacionado a los planes de ordenamiento que contemplen cambios importantes en el uso actual de la tierra; Garantizar recursos ordinarios para implantar programas de difusión, apoyo a la investigación, capacitación e implantación de medidas de adaptación por los productores agrícolas. Se debería establecer un fondo de contingencia para dichas medidas.
- Aspectos de información: Consolidar una red climatológica con distribución y densidad adecuadas; Hacer levantamiento de suelos a mayor escala en áreas agrícolas; Sistematizar inventarios de recursos naturales y procesos de evaluación de tierras.
- Aspectos de sistemas de producción: Planes de ordenamiento cuyos usos propuestos garanticen el incremento del empleo y del ingreso rural; Organización efectiva de los productores; Garantizar la sostenibilidad de los pequeños y medianos productores; Incrementar la diversidad genética de los sistemas de producción; Implementar las buenas prácticas agrícolas de uso

eficiente de agua y fertilizantes, reducción de los GEI, y calidad e inocuidad de los productos; Promover las asociaciones, rotaciones–secuencias y los sistemas agroforestales.

**Tabla 3.** Medidas generales de adaptación para el sector agrícola.

Corto Plazo <5 años	<p>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.</p> <p>Implementación de Impuestos – Pago de Pasivos Ambiental (incentivo ambiental, conservación de agua, entre otros).</p> <p>Comenzar la implementación de las Buenas Prácticas Ambientales (BPA).</p> <p>Mantener la movilidad del ganado en zonas de pastoreo sujetas a sequía.</p> <p>Ajuste del calendario agrícola.</p> <p>Evaluación del impacto de las medidas de adaptación y la evolución de las condiciones socioeconómicas de los productores agrícolas.</p>
Mediano Plazo 5–20 años	<p>Fortalecer el desarrollo cooperativo con base a la diversificación del valor agregado de los productos.</p> <p>Consolidar la implementación de Impuestos – Pago de Pasivos Ambiental</p> <p>Consolidar el uso de las BPA, con orientación hacia la calidad e inocuidad de los productos.</p> <p>Desarrollar y distribuir híbridos y variedades de cultivos y razas de ganado resistentes a condiciones climáticas adversas (sequías, temperaturas más altas, entre otros).</p> <p>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 regadas.</p> <p>Promocionar los sistemas de producción agroforestales para aumentar la capacidad de adaptación y mantener la biodiversidad.</p> <p>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 como sequía, anegamiento, acidez del suelo, salinidad y temperaturas extremas, plagas y enfermedades).</p> <p>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> <p>Evaluar el impacto de las medidas de adaptación implantadas en cuanto a la capacidad adaptativa del sistema de producción y la evolución de las condiciones socioeconómicas de los productores agrícolas.</p>
Largo Plazo >20 años	<p>Consolidar los sistemas de producción agroforestales.</p> <p>Consolidar la sustitución de cultivos.</p> <p>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.</p>

1. Considerar las sinergias con las otras Convenciones Ambientales, entre ellas: Definir una política ambiental intersectorial; Manejar en forma sinérgica las convenciones, incluyendo sus recursos en forma conjunta; Definir una política comunicacional agresiva y permanente; Producir un documento con los elementos comunes a las convenciones; Aumentar el número de actores, a través de divulgación, capacitación y educación, con énfasis en las comunidades; Inventariar la información disponible e identificar los “vacíos” de información; Organizar un sistema integrado de generación de información *procesada* común a las convenciones, y oficializar la publicación periódica de indicadores; Fortalecer la capacidad de negociación en las convenciones con cursos y talleres; Establecer coordinaciones Inter-Convenciones y comunidades.
2. Integrar las actividades del sector agrícola en las 6 Líneas de Acción establecidas en la Primera Comunicación Nacional, e incluir a los temas de las tres Convenciones Ambientales como variables de análisis en los Planes Estratégicos Sectoriales.
3. Establecer un programa para discutir en profundidad, con todos los actores del sector agrícola, las estrategias de adaptación a nivel nacional y su posible jerarquización, como por ejemplo: aumento de la superficie regada vs desarrollo de variedades resistentes a la sequía; reubicación



de sistemas productivos en nuevas áreas agrícolas vs desarrollo de otros sistemas productivos en el área.

4. Asignar funciones relativas al cambio climático en las instituciones del sector agrícola y establecer mecanismos para el control y seguimiento de los planes.
5. Dado que aún no está claramente definido el marco institucional para cambio climático, incrementar de modo oficial la interacción intrasectorial en el tema, y de modo oficioso con otros entes (MINAMB, Cancillería, Universidades, entre otros).
6. Definir un conjunto mínimo de actividades sinérgicas intrainstitucionales para el sector agrícola, y con otros entes generadores de información física y socioeconómica, para concentrar, organizar y hacer de fácil acceso la información *ya existente*.
7. Comenzar a desarrollar lineamientos para los aspectos jurídicos del sector agrícola en relación al cambio climático, a fin de contribuir al desarrollo del marco jurídico.
8. Desarrollar una política de apoyo económico-financiero a las prácticas agrícolas que reduzcan emisiones y/o aumenten sumideros, que utilicen menos agua y generen menor contaminación por agroquímicos.
9. Capacitar personal del sector agrícola en los diversos aspectos de su relación con cambio climático: análisis de vulnerabilidad, medidas de adaptación, tecnologías de mitigación, impactos y costos económicos, etc.
10. Definir las modalidades y reglamentos que regulen la contraloría social en los aspectos agrícolas de mitigación y adaptación, y generar capacidades en las comunidades para que puedan realizar esta función.
11. Apoyar la generación de información básica (física y socioeconómica), aprovechando la capacidad del sector agrícola en términos de empleados, sedes regionales, campos de investigación, relación con productores, y otros recursos que el sector puede compartir para obtener un insumo básico para sus propias actividades. En el caso de la medición climática, podría apoyar en varias formas: proporcionar fondos para instalar y/o operar más estaciones; adquirir y operar estaciones según las normativas nacionales; organizar comunidades rurales para operar estaciones ya instaladas.
12. Apoyar el desarrollo del monitoreo de productividad agrícola vegetal y animal, mediante indicadores simples, aprovechando las capacidades ya mencionadas.
13. Apoyar la elaboración prioritaria de estudios sobre sequía, para llegar a una zonificación de vulnerabilidad ante la sequía.

## 1. Introducción.

El comportamiento de los elementos climáticos presenta una variabilidad natural, que puede ser alterada por influencias antrópicas (cambio climático). Las variaciones en la magnitud se reflejan como cambios en el *promedio*, como el de la temperatura media global, que está aumentando. Las variaciones en el grado de variabilidad se reflejan como cambios en la *varianza* de la serie, es decir, que aumenta (o disminuye) la dispersión de los datos respecto al promedio; es el caso en que se produce un aumento (o disminución) de eventos extremos como sequías e inundaciones. El cambio climático está afectando al régimen hídrico tanto en su magnitud como en su variabilidad (IPCC, 2001), ya que la tendencia de calentamiento está acelerando el ciclo hidrológico.

***La variabilidad natural del clima tanto en el tiempo como en el espacio es la causa principal del riesgo climático para las actividades socioeconómicas***, pero también una de las causas de de nuestro complejo mosaico climático, que es una gran fortaleza, pues permite situar una extensa gama de rubros agrícolas en el país. La variabilidad del clima tiene enorme influencia sobre:

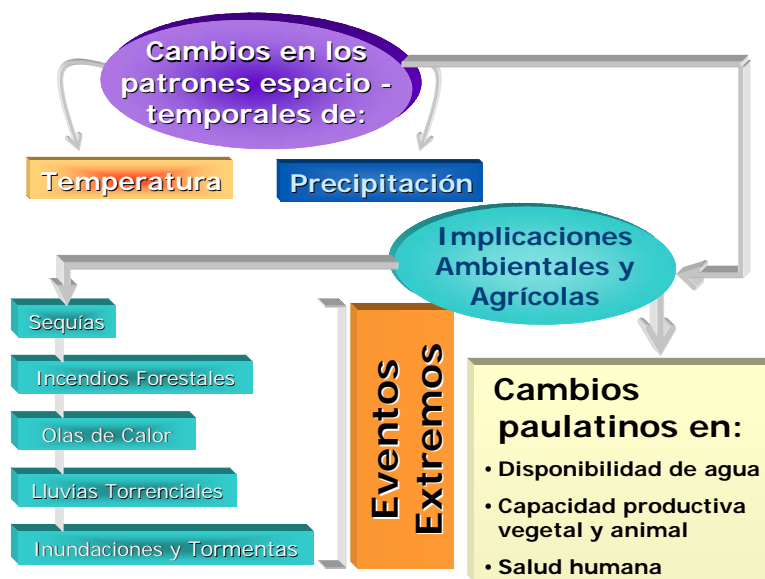
- la respuesta de sistemas físicos, como el rendimientos de cultivos, los caudales de ríos, o la recarga de acuíferos;
- la organización de labores, por ejemplo la siembra, el transporte fluvial o el manejo de embalses;
- la prestación de servicios como la generación de hidroelectricidad, el manejo de seguros agrícolas, o la comercialización de productos.

Dado que ***el cambio climático puede ser entendido como un incremento de la variabilidad natural del clima, sus efectos se harán cada vez más intensos y/o frecuentes, afectando a todas las actividades***. La agricultura de secano es posiblemente la actividad más riesgosa respecto a las condiciones climáticas, que afectan tanto los seres vivos como la oportunidad de realizar las labores. Por su parte, la agricultura regada depende de las infraestructuras hidráulicas como embalses y pozos, pero dicha infraestructura no necesariamente seguirá siendo funcional bajo las nuevas condiciones impuestas por el cambio climático (CIDIAT, 2005) y, es muy probable que aumente la vulnerabilidad de este tipo de agricultura.

Según Aranguren (2008), un 75% de los eventos que causan pérdidas socioeconómicas son de origen hidrometeorológico, y responsables del 87% de muertes y el 98% de viviendas destruidas. Estos impactos se relacionan más con fuertes lluvias, que generan deslizamientos e inundaciones, mientras que las sequías afectan también de manera directa a la agricultura de secano, y de manera indirecta a la agricultura regada por su influencia sobre los embalses, y a la producción animal por su influencia sobre los pastos.

Ahora bien, existe también un alto nivel de riesgo introducido por la variabilidad “normal” del clima, y los eventos de lluvias excesivas o deficitarias, o bien altas temperaturas, que no son, en modo alguno, eventos extremos, ***inducen una baja productividad generalizada***. Tanto la erraticidad de la precipitación (que genera “veranitos” o, por el contrario, días lluviosos consecutivos que afectan las labores), como las altas

temperaturas (que disminuyen la productividad animal, provocando incluso muerte de pollos y cerdos), son amenazas mucho más frecuentes, y aunque provoquen pérdidas relativamente pequeñas, su repetición prácticamente todos los años en algún lugar del país, terminan generando pérdidas económicas graves en la actividad agrícola. En la Figura 1 se esquematiza las relaciones más generales entre el cambio climático y sus efectos en el sector agrícola.



**Figura 1.** Relaciones generales del cambio climático con el sector agrícola. Fuente: Córcega (2006).

Los impactos del cambio climático sobre el sector agrícola nacional ya se están comenzando a notar, pero debe también considerarse lo inverso, a saber, la influencia de las actividades agrícolas sobre el cambio climático, vía la emisión de gases de efecto invernadero (GEI). En efecto, entre los GEI más importantes se encuentran el metano (CH<sub>4</sub>), el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) y los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), que provienen en gran medida del sector agrícola: el primero de la digestión entérica del ganado y los arrozales, y los últimos de los fertilizantes nitrogenados; tampoco es despreciable la emisión de CO<sub>2</sub> por quema de sabanas, quema de residuos de cosechas como en el caso de la caña de azúcar, y la expansión de áreas sembradas.

El sector agrícola representó el 17,2 % del total de las emisiones nacionales de GEI en 1999, ocupando el segundo lugar después del sector de generación de energía (MARN, 2005). Respecto al metano, representó casi el 28% del total de emisiones de ese gas, así como casi el 96% del total de emisiones del N<sub>2</sub>O. También debe considerarse que la agricultura impacta el ambiente por: (a) alteración del hábitat; (b) sobreexplotación; (c) contaminación por agroquímicos, en especial de las aguas subterráneas.

De lo expuesto se deriva que el sector agrícola del país debe considerarse para ser incluidos en las políticas, programas y actividades que el Gobierno Nacional decida tomar para enfrentar el enorme problema socio ambiental que es el cambio climático, tanto el

aspecto de **adaptación** como el de **mitigación**, de manera sinérgica con los otros tipos de medidas que usualmente se toman para combatir el impacto ambiental de la agricultura.

Diversos estudios (Cárdenas y Alonso, 2003; Cárdenas y De Grazy, 2003; Lisboa y Martelo, 2003), determinaron los efectos del cambio climático sobre Venezuela durante el siglo XX. Los principales hechos **observados** son:

- Los totales de lluvia anual y de la época lluviosa disminuyeron en casi todo el país, entre 3% y 20%, siendo estadísticamente significativos en las regiones central y occidental. El total de lluvia de la época seca disminuyó en algunas zonas y, por el contrario, aumentó en noroccidente y algunas zonas de la Cordillera de la Costa.
- Respecto a la temperatura, en general los mediodías se han vuelto ligeramente más frescos (tasa de cambio de la Temperatura Máxima Media de  $-0,18$  °C/10 años), quizá por un aumento en la nubosidad; en las ciudades este efecto ha sido sobre compensado por el efecto de "isla de calor", por lo que en ellas los mediodías también se han hecho más calientes. Por su parte las madrugadas han cambiado haciéndose mucho más calientes (tasa de cambio de la Temperatura Mínima Media de  $+0,37$  °C/10 años).

La Primera Comunicación en Cambio Climático para Venezuela (MANR, 2005), concluyó que algunos de los impactos más importantes para el país serán los siguientes:

- **El clima futuro más plausible para el país es más seco y cálido que el actual.**
- **Aumentará el riesgo de sequías e incendios forestales.** El área bajo riesgo de desertificación se expandiría del 39% del territorio actual a un 47% hacia el 2060.
- Dado el incremento en la intensidad de la precipitación, **se estima que aunque llueva menos las lluvias serán más agresivas, aumentando el riesgo de inundaciones repentinas y deslaves**, especialmente en las zonas montañosas, más vulnerables, y **disminuirá su efectividad agrícola (menor infiltración)**.
- Dado el incremento de los eventos ENOS en sus fases cálida (Niño) y fría (Niña), **se espera que sus respectivos impactos en el país (déficit de lluvia El Niño, excesos de lluvia La Niña) sean a su vez más frecuentes e intensos.**
- **La capacidad de recuperación estacional de los embalses disminuirá, aumentando los conflictos por uso del agua.** Es probable que los cambios en caudal alteren negativamente la calidad del agua.
- Los sistemas de agua potable y saneamiento son muy vulnerables actualmente, y **la menor disponibilidad de agua en el futuro incrementará los problemas de prestación de estos servicios.**
- **El café (Táchira), la caña de azúcar (Yaracuy) y las musáceas (Zulia) pasarían a ser cultivos marginalmente aptos, y la producción de pollos y cerdos disminuirá.**

## 2. Diagnóstico de Vulnerabilidad actual del sector agrícola respecto al clima.

Una de las características esenciales del *Socioecosistema* es la interacción entre los sistemas biofísicos, y entre éstos y los sistemas sociales, para amplificar o atenuar sus efectos; el clima es uno de los mayores condicionantes en el Socioecosistema, y para comprender *cómo* se ejercen estos condicionamientos son necesarias varias definiciones:

- **Tiempo Atmosférico:** estado instantáneo de la Atmósfera en un lugar determinado; conjuga el comportamiento de: presión atmosférica, radiación, insolación, temperatura, humedad, nubosidad, evaporación, precipitación y viento; es sumamente variable en el tiempo y el espacio.
- **Clima:** estado promedio del Tiempo Atmosférico, *incluyendo su variabilidad*, en una región geográfica; el promedio debe provenir de varias décadas de mediciones.
- **Variabilidad Climática:** conjunto de cambios en las condiciones de Tiempo y Clima a todas las escalas espacio-temporales; incluye variaciones de tipo cíclico, cuasi-cíclico, persistencias, singularidades, oscilaciones, tendencias e irregularidades (ruido).

*El Tiempo Atmosférico es el principal condicionante para la realización de labores agrícolas* (siembra, aplicación de agroquímicos, etc.), así como para la ocurrencia de procesos biológicos que transcurren en el lapso de horas a pocos días (la aparición de plagas, la duración de la fase de floración, por ejemplo).

Por su parte, *el Clima establece el marco general de patrones diarios y anuales así como el nivel general de variabilidad de los diversos elementos climáticos* (radiación solar, insolación, temperatura, humedad, precipitación, viento), lo cual determina el tipo de organismos que pueden funcionar eficientemente bajo esas condiciones, la distribución en el año de las diferentes etapas de crecimiento y desarrollo de dichos organismos, y obviamente, las épocas del año adecuadas para organizar el esquema de producción.

Para la gestión eficaz del sector agrícola, los recursos hídricos y problemas como la sequía y la desertificación, debe comprenderse que ***si la norma es la variabilidad climática, entonces la productividad agrícola, la disponibilidad de agua y el nivel de riesgo ambiental son también variables***; la variabilidad climática provoca cambios significativos en las respuestas de los sistemas biofísicos y socioeconómicos, es decir, ***la variabilidad climática es la causa fundamental del riesgo, y el cambio climático está incrementando el grado natural de variabilidad***.

En muchos casos, las actividades agrícolas tal como se realizan hoy en Venezuela presentan un alto nivel de ***vulnerabilidad*** debido a que están situadas en regiones y/o se realizan en momentos del año, cuyas condiciones climáticas no son las más adecuadas para los procesos biológicos, o para realizar labores que impliquen manipulaciones del suelo (siembra, cosecha de parte subterránea, por ejemplo), de modo que la productividad del organismo vivo se reduce, o se degrada la tierra, lo que en ambos casos redundaría en pérdidas económicas, o en impactos ambientales negativos.

Asimismo, las condiciones socioeconómicas y tecnológicas determinan en gran medida la vulnerabilidad de las actividades y/o los procesos biológicos que se desarrollan bajo dichas condiciones. Por ejemplo, la desertificación es causada por la sobreexplotación, y la variabilidad climática, natural o de origen antrópico, sólo la acelera, especialmente en aquellos usos de la tierra que requieren altos niveles de lluvia. En otras palabras, ***para un mismo nivel de amenaza dado por la variabilidad climática, una región será más vulnerable que otra, según las características sociotecnológicas bajo las que se desarrolla allí la producción.***

Por otro lado, la agricultura es una de las actividades más impactantes para el ambiente por: (a) alteración del hábitat; (b) sobreexplotación; (c) contaminación por agroquímicos, en especial de las aguas subterráneas. Es muy probable que ***los impactos debidos a alguna de estas causas aumenten la vulnerabilidad de una región para el futuro, amplificando los efectos del cambio climático.*** Lamentablemente, la información sobre este tipo de interacciones es muy escasa en el país.

A continuación se exponen en primer lugar detalles sobre la influencia del clima sobre la agricultura y algunos métodos para cuantificarla; en segundo lugar, las características climáticas del país en relación con la agricultura, y finalmente lo relativo a las características sociotecnológicas de los sistemas de producción nacionales y al estado de la infraestructura hidráulica relacionada con el riego, con lo cual se obtendrá la visión general de cuán vulnerable es nuestro sector agrícola ante el clima.

## **2.1. Relaciones generales clima – sector agrícola.**

En el concepto de “clima” está involucrado el comportamiento de varios elementos, cada uno de los cuales ejerce efectos particulares en diferentes aspectos del sector agrícola, como se muestra en la Tabla 1. Asimismo, es necesario entender *cómo* se manifiestan los efectos de la variabilidad climática, de lo cual se muestran varios ejemplos en la Tabla 2. Se puede observar que existen tres niveles de impactos debidos a la variabilidad, y dos de ellos son socioeconómicos.

En general, el comportamiento *promedio* del elemento climático da idea de la potencialidad para un proceso y/o actividad específicos, mientras que su *variabilidad* permite estimar el nivel y tipo de riesgo que corre el proceso/actividad. Los efectos de la variabilidad climática se ven a su vez afectados en varias formas, pudiendo ser:

- Transmitidos a través de otros sistemas físicos (por ejemplo, cambios en la microdiversidad biológica → afecta calidad del agua → afecta la eficiencia del riego).
- Potenciados por otros problemas ambientales (por ejemplo, deforestación).
- Potenciados por aspectos socioeconómicos (por ejemplo, falta de políticas nacionales y de respuestas gubernamentales ante situaciones negativas a nivel local).

**Tabla 1.** Influencia de los elementos climáticos en diferentes procesos físicos y actividades, y su influencia en el sector agrícola.

Elemento Climático	Procesos Físicos / Actividades	Influencia en el sector agrícola
Radiación global	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fotosíntesis →</li> <li>• Generación de energía →</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rendimiento Potencial de cultivos</li> <li>• Solar térmica; Fotovoltaica</li> </ul>
Radiación Neta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flujo de Calor Latente →</li> <li>• Flujo de Calor Sensible →</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaporación</li> <li>• Calentamiento del aire</li> </ul>
Insolación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Confort animal →</li> <li>• Plantas heliófilas →</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Productividad de carne, leche, huevos</li> <li>• Mayor productividad</li> </ul>
Fotoperíodo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calentamiento de superficies →</li> <li>• Desarrollo vegetal →</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño de galpones, vaqueras, etc.</li> <li>• Control de época de floración</li> </ul>
Temperatura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acumulación de Grados-Día →</li> <li>• Confort animal →</li> <li>• Desarrollo de Plagas →</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Crecimiento vegetal y animal</li> <li>• Productividad de carne, leche, huevos</li> <li>• Reducción de rendimientos</li> </ul>
Amplitud Térmica Diaria	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acumulación de azúcares →</li> <li>• Enfriamiento → Confort animal →</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calidad vegetal</li> <li>• Productividad de carne, leche, huevos</li> </ul>
Humedad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Confort animal →</li> <li>• Desarrollo de Plagas →</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Productividad de carne, leche, huevos</li> <li>• Reducción de rendimientos</li> </ul>
Viento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Confort animal →</li> <li>• Enfriamiento de superficies →</li> <li>• Generación de energía →</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Productividad de carne, leche, huevos</li> <li>• Diseño de galpones, vaqueras, etc.</li> <li>• Aerogeneradores</li> </ul>
Evaporación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disponibilidad de Agua →</li> <li>• Enfriamiento → Confort animal →</li> <li>• Enfriamiento de superficies →</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Demanda de agua, láminas de riego</li> <li>• Productividad de carne, leche, huevos</li> <li>• Diseño de galpones, vaqueras, etc.</li> </ul>
Precipitación		
• lámina (mm)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disponibilidad de Agua →</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Demanda de agua, láminas de riego</li> </ul>
• Distribución diaria	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Días seguidos secos/lluviosos →</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oportunidad de labores; veranitos</li> </ul>
• Distribución anual	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estacionalidad →</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calendarios agrícolas</li> </ul>
•	•	•
• Intensidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Infiltración →</li> <li>• Erosión →</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Almacenamiento de agua en suelo</li> <li>• Pérdida de suelo</li> </ul>

**Tabla 2.** Ejemplos de la influencia de la variabilidad climática el sector agrícola.

Nivel de Interacción	Tipo de Influencia	Ejemplos de Influencias
Primer Orden	Física	Adelanto/atraso en fechas de siembra; Aumento/reducción de rendimientos agrícolas o de caudales en ríos.
Segundo Orden	Económica a nivel de comunidades, fincas y servicios	Irregularidad en la productividad y rentabilidad de la finca; Irregularidad en la disponibilidad de agua para riego o en la prestación del servicio de agua potable.
Tercer Orden	Económica a nivel regional / nacional	Relaciones entre la rentabilidad de la finca, industria o servicio y el empleo regional o el PIB.

Para cuantificar los efectos del clima sobre la agricultura existen muchas metodologías; a continuación se describen brevemente algunas de las usadas en el país, con base a las cuales: (a) se puede estimar la vulnerabilidad actual de cultivos y animales, comparando si están situados en zonas y/o momentos del año adecuados; (b) determinar los impactos del cambio climático, comparando las posibles situaciones futuras con la actual.

### 2.1.1. Períodos de Crecimiento.

La distribución en el año de la disponibilidad hídrica y de la temperatura determina las épocas viables para el crecimiento vegetal. La FAO desarrolló desde mediados de los años 60 una metodología para situar dichas épocas (Figura 2), así como una serie de criterios para relacionarlas con las labores agrícolas (Tabla 3). La asunción básica es que la Evapotranspiración de Referencia (ET<sub>o</sub>) equivale al requerimiento de agua vegetal, y que la precipitación es la fuente de agua que puede cubrir dicha demanda.

Figura 2. Esquema gráfico para obtener los Períodos de Crecimiento.

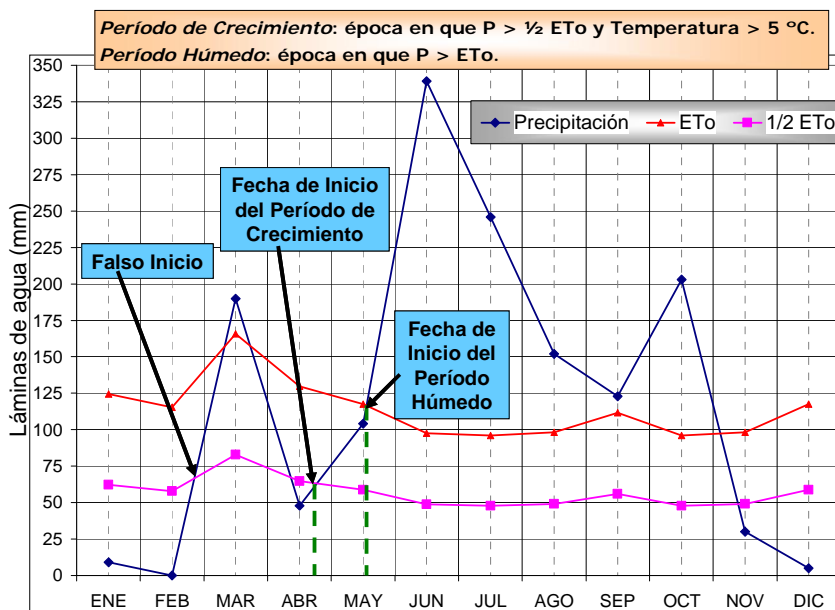


Tabla 3. Criterios de la metodología de Períodos de Crecimiento de la FAO.

Condición Hídrica	Criterio	Aproximaciones prácticas
Seca	$P < \frac{1}{2} ET_o$	No se cubre ni siquiera la mitad del requerimiento; escasisimo crecimiento vegetal; suelo seco. No se deben realizar labores agrícolas que impliquen movimiento del suelo (labranza, cosecha de raíces), ya que degradan al suelo por pulverización.
Intermedia	$\frac{1}{2} ET_o \leq P < ET_o$	Se cubre más de la mitad del requerimiento pero no todo; comienza el crecimiento vegetal y a aumentar la reserva de agua en el suelo. Pueden realizarse labores agrícolas sin dañar al suelo.
Húmeda	$P \geq ET_o$	Se cubre todo el requerimiento; se almacena agua en el suelo y puede haber excesos. Se subdivide en condición Óptima y Aguachinamiento. No deben realizarse labores agrícolas, ya que degradan al suelo por compactación y se forma piso de arado.
Húmeda Óptima	$ET_o \leq P < 1,34 ET_o$	Se cubre todo el requerimiento y el exceso no llega a ser dañino para las plantas.
Aguachinamiento	$P > 1,34 ET_o$	El exceso de agua puede dañar las plantas.



### 2.1.2. Indicadores de producción animal.

Para evaluar el confort térmico en humanos y animales se han desarrollado relaciones empíricas, la mayoría de las cuales usan una combinación de temperatura y humedad, denominada Índice Temperatura–Humedad (THI, por sus siglas en inglés). Una de las más conocidas es la de Rosemberg citada por Córcega (2006):

$$THI = [(1.8 * T) + (0.55 * HR) + 31.45]$$

donde: T = temperatura en °C; HR = humedad relativa en porcentaje.

También se han usado clasificaciones sólo por temperatura como la que se muestra en la Tabla 4. Es importante recalcar que todos los indicadores de productividad animal son aproximaciones empíricas, y por lo tanto deben ser calibradas en cada región, para cada variedad y raza animal, lo que no se ha hecho en el país hasta los momentos, es decir, se han usado los indicadores pero sin verificar realmente su efectividad en nuestras condiciones particulares.

**Tabla 4.** Clasificación de las condiciones de temperatura para razas locales de ganado vacuno en zona tropical. (Fuente: Vasili, 1980).

Temperatura (° C)	Clasificación	Grado	Estado de los animales
16–24	Ideal	5	El estado es el mejor y la productividad es máxima.
24–27	Favorable	4	Los animales están activos, su estado es completamente satisfactorio, la productividad se mantiene al nivel normal.
27–30	No favorable totalmente	3	Abatimiento insignificante de los animales particularmente al mediodía, bajo las mayores temperaturas del día.
30–35	Desfavorable	2	Abatimiento visible de los animales, movimientos moderados, búsqueda de la sombra, disminución del apetito y de la productividad.
35–40	Muy desfavorable	1	Abatimiento significativo de los animales; el apetito es malo, el ritmo de respiración acelerado y la productividad es mínima.

### 2.1.3. Indicadores de Sequía.

La sequía es un evento muy complejo; siempre implica un déficit anormalmente grande de agua, pero es difícil de reconocer; usualmente es cuando sus efectos son ya severos que se detecta que, efectivamente, se trata de una sequía y no de una disminución “normal” de la lluvia. Asimismo, sus efectos son complejos en cuanto a su distribución espacio–temporal, y no son siempre concurrentes, por ejemplo:

- En una zona donde está lloviendo normalmente en un momento dado, los ríos y/o acuíferos pueden sin embargo presentar bajos caudales, debido a que varios meses antes se presentó una lluvia muy deficitaria en la cabecera del río o en la zona de recarga del acuífero. Con base a este tipo de consecuencias, se diferencia entre sequías meteorológicas y sequías hidrológicas. La primera implica un déficit generalizado y severo de precipitación sobre grandes áreas, por al menos un mes.
- En una zona donde está lloviendo normalmente en un momento dado, y los ríos y/o acuíferos tienen caudales normales, la población puede no disponer de agua, debido a la contaminación del río, o al deterioro de la infraestructura de riego. Con base a este tipo de consecuencias, se define a la sequía socioeconómica.

- Específicamente en el caso agrícola es donde más difícil resulta definir a la sequía, ya que los seres vivos responden muy rápido a la falta de agua: por ejemplo, 15 días secos consecutivos tienen efectos severos si ocurren en un momento crítico como la floración, pero no corresponden a una real sequía meteorológica. O bien puede suceder que esté lloviendo normalmente, pero se trata de una zona donde se aplica riego complementario y se está produciendo una sequía hidrológica.

La disminución de la lluvia y/o el incremento de las sequías (no son términos exactamente equivalentes) se traducirán en una disminución de caudales de ríos y de capacidad de recarga de los acuíferos, así como por cambios negativos en la calidad, dada la relación entre volúmenes y capacidad de dilución de los ríos (CIDIAT, 2005).

Para evaluar la sequía se han desarrollado diferentes métodos, entre ellos el Índice de Precipitación Estandarizada (SPI, por sus siglas en inglés), que a diferencia de otros más complejos, como el de Palmer, sólo usa datos de precipitación; permite manipular varias escalas de tiempo (mensual, trimestral, semestral, etc.), y se ha determinado que los SPI semestrales detectan las sequías hidrológicas, mientras que los SPI mensuales podrían detectar sequías agrícolas severas.

El SPI se calcula ajustando la distribución de frecuencia de la precipitación de un lugar dado, en la escala de tiempo de interés, con la función teórica de densidad de probabilidad Gamma, que luego se transforma a la distribución normal estandarizada, de media=0 y varianza=1, siendo el SPI el valor resultante de esta última transformación; valores de SPI menores a -1 indican sequías. El SPI no funciona bien a nivel mensual en época seca, cuando el valor 0 mm es el más común, ya que la Gamma no está definida para el valor cero (Hernández, 2008).

## **2.2. Características del clima de Venezuela y sus relaciones con la agricultura.**

Cárdenas *et al* (2003) regionalizaron a Venezuela en trece (13) áreas según el comportamiento de la precipitación (cantidad en mm y variabilidad); por su parte, el MINAMB (MARN, s/f) caracterizó el clima por las grandes regiones fisiográficas del país. Es importante recalcar que las regiones de precipitación de Cárdenas no coinciden con regiones fisiográficas, a pesar de los nombres con que se designaron; por ejemplo, la región 8 se denominó "Unare", pero no ocupa toda el área de la Cuenca de Unare, y por el contrario, incluye a todo el estado Sucre.

En la Figura 3 se muestran los regímenes de precipitación (láminas en mm) y su variabilidad (coeficiente de variación, %); nótese que la región 11 (Sur 1) tiene una escala diferente en el eje "Y", dada su altísima precipitación. Es importante notar que, aunque varias de las regiones tienen transcurso anuales similares en cuanto a la distribución de la lámina (mm), el comportamiento de la variabilidad de la lluvia las diferencia estadísticamente. En la Tabla 5 se resumen las características climáticas de las principales regiones de Venezuela, combinando la información de Cárdenas y del

MINAMB, y en la Tabla 6 se señalan las consecuencias agrícolas en el país del comportamiento de los diferentes elementos climáticos.

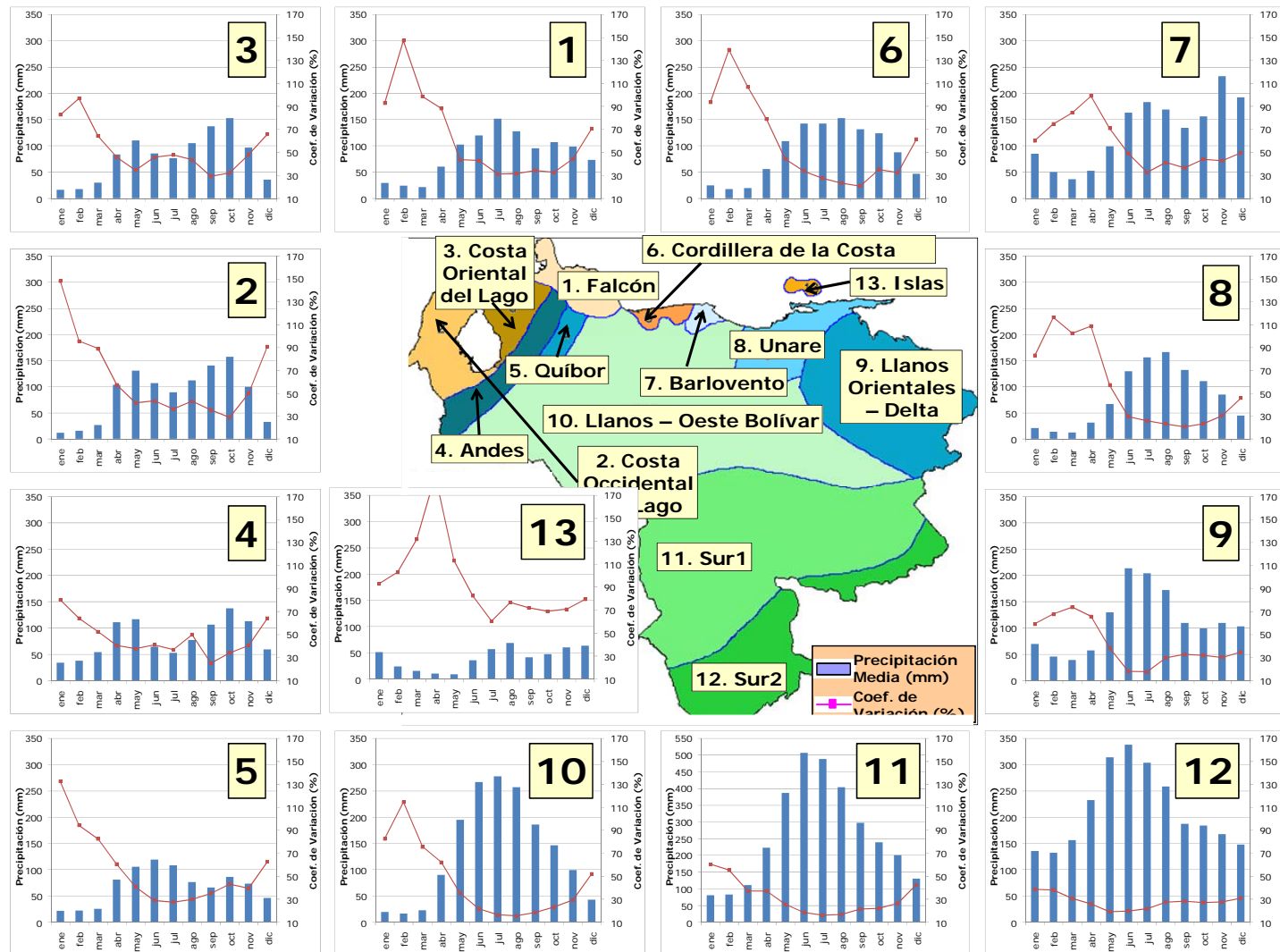
Las diferencias climáticas y sinópticas dentro de las mayores regiones (la 10 y la 11) son grandes, así que para determinar allí con mayor detalle las vulnerabilidades, deberán subdividirse en trabajos futuros.

Venezuela presenta los nueve tipos climáticos según la clasificación de Thornthwaite (Tabla 5), lo que implica gran potencialidad para situar diferentes rubros agrícolas, pero el ciclo de los cultivos anuales (3 a 5 meses) es menor que el Período de Crecimiento a partir de los climas Subhúmedos húmedos. Esto crea una situación negativa estructural en lo que a labores agrícolas se refiere, que es generadora de degradación de tierras por problemas de manejo de suelos demasiado húmedos.

Hay gran diferencia entre la cantidad promedio de lluvia al norte (950–1150 mm) y al sur (2200–2400 mm) del Orinoco, con la excepción de zonas montañosas al norte donde se manifiesta la influencia de lluvias orográficas, *pero no en todas las zonas montañosas ese efecto es importante*. Esto implica que gran parte del norte del país, donde se concentra ***una gran proporción de la agricultura y la producción animal se encuentra bajo climas Subhúmedos secos y Semiáridos, lo que hace más vulnerables a las actividades agrícolas en estas zonas.***

En términos de la variabilidad, también el norte del país es más riesgoso, debido a la mayor complejidad fisiográfica y de procesos generadores de precipitación en esa zona: a nivel global el avance de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), y a nivel sinóptico el paso de Ondas del Este, Vaguadas y Restos de Frentes Fríos. El sur del país siempre está bajo la influencia de la ZCIT y no es afectado por los procesos sinópticos del hemisferio norte, sino esporádicamente por los del hemisferio sur.

En la Figura 4 se muestra lo que representa la variabilidad interanual de la lluvia, usando como ejemplo una estación de la Cordillera de la Costa, ya que en esa zona los datos promedio muestran un régimen unimodal, pero con frecuencia se comporta como bimodal, con el consiguiente efecto sobre los cultivos.



**Figura 3.** Regímenes de Precipitación y su variabilidad en las diferentes regiones de precipitación del país. (Elaboración M.Martelo, con base a Cárdenas *et al*, 2003).

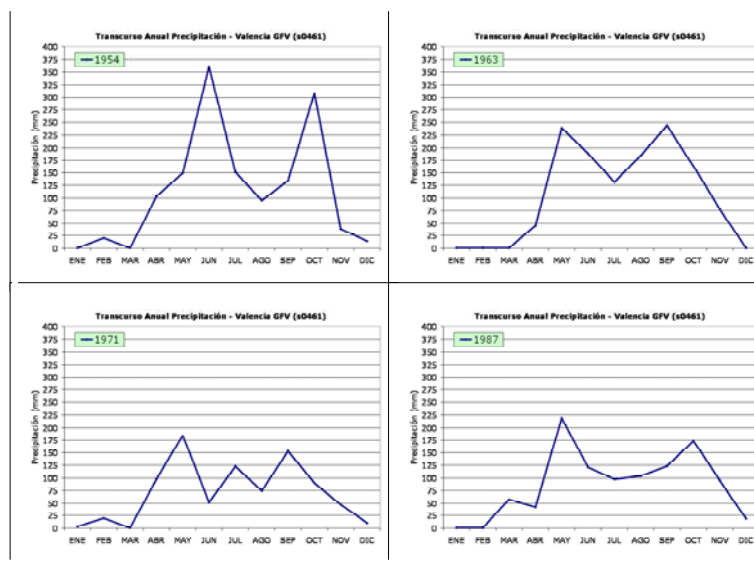
**Tabla 5.** Características climáticas por regiones de precipitación en Venezuela. Elaboración M. Martelo, basada en Cárdenas *et al*, 2003 y MARN, s/f.

Región	Ubicación	Precipitación Media Anual (mm/año)	Temperaturas y Humedad Relativa Media Anual (°C y %)	Tipos Climáticos por Thornthwaite
1 Falcón	Estado Falcón: cuencas de los ríos Aroa, Tocuyo, Remedios, y Mitare.	Las precipitaciones varían desde 400 mm en la Península de Paraguaná a dos pequeños centros mayores a 1200 mm, originados por la orografía, uno abarcando los valles de los ríos Yaracuy, Aroa y Tocuyo y el otro al norte en el río Hueque.		
2 Costa Occidental del Lago	Estado Zulia: Serranía de Perijá, Costa Occidental y Sur del Lago, cuencas de los ríos Cachurí, Palmar, Apón, Negro, Ana, Catatumbo, Escalante.	Precipitación muy variable: al sur del Lago > 2800 mm; aún de enero a marzo llueve > 90 mm/mes, y > de 1500 mm en las laderas de la Sierra de Perijá. La lluvia disminuye hacia el norte: Maracaibo < 600 mm, y Península de Perijá < 200 mm. Temporada seca marcada. En las zonas intermedias, la lluvia es bimodal, con un primer pico entre abril y mayo, y un segundo pico (el más importante en muchas zonas) entre septiembre y octubre.	Temperatura Media de 27,5°C en zona baja y 24°C en los piedemonte. Las Máximas medias varían de 32 a 22°C, y las Mínimas medias de 22 a 12°C. La Humedad es muy alta cerca del Lago y en el piedemonte (> 85%), y de 75 a 90% en la costa.	Del Muy Húmedo al Árido.
3 Costa Oriental del Lago	Estados Zulia y Falcón: Sierra San Luis y Costa Occidental del lago, incluyendo las cuencas de los ríos Matícora y Motatán.	Las precipitaciones varían de 400 mm en las costas del Noroeste de Falcón, hasta centros mayores de 1200 mm sobre Mene de Mauroa y entre Bobures en la costa del Lago y valles de Monay. Estos centros de alta pluviosidad se relacionan a efectos orográficos y circulación de vientos locales alrededor del Lago de Maracaibo, donde se forman tormentas que se mueven hacia el este.		
4 Andes	Estados Táchira, Mérida, Trujillo, Lara y Falcón: Cordillera de los Andes y Sierra Baragua en Lara.	Precipitaciones muy variables, de unos 900 mm en los Valles de Monay (Trujillo) y en Ureña (Táchira), hasta lluvias no estacionales de unos 3800 mm en la cuenca del río Uribante, en Táchira. En los páramos la precipitación es < 600 mm. En las laderas orientadas al este se nota la influencia de lluvias orográficas.	Temperaturas medias de 24°C en la parte baja a menos de 0°C en la Sierra Nevada de Mérida. Máximas medias de 30 a 5°C, y Mínimas medias de 20 a -4°C.	Del Muy Húmedo al Árido.
5 Valle Quibor	Estado Lara: Valle del río Urama y cabeceras del río Tocuyo en el Este de Lara.	La precipitación varía entre los 400 mm alrededor de Barquisimeto, Quibor y El Tocuyo, hasta los 2400 mm al Sur en el Piedemonte Andino sobre los límites de Lara, Portuguesa y Trujillo. La lluvia es bimodal, con máximo principal de septiembre a diciembre.	Temperatura media anual de 27 a 24°C. Humedad Relativa media de un 75%.	Subhúmedo Seco; Semiárido; Árido.
6 Cordillera de la Costa	Estados Miranda, Aragua y Vargas: Centro y Oeste del Litoral Central.	Las precipitaciones varían entre los 800 mm hasta los 1600 mm, dependiendo de la orografía. Temporada seca marcada. Meses más lluviosos variables: junio, julio o agosto. En una proporción relativamente alta de los años (20% a 40%) la lluvia se comporta bimodalmente. (Ver Figura 4).	La temperatura media varía de 12 a 27°C, con Máximas medias de 16 a 33°C y Mínimas medias de 8 a 22°C. La Humedad varía entre 65 y 75%.	Del Muy Húmedo al Semiárido.
7 Barlovento	Estados Miranda y Vargas: Este del Litoral Central con Barlovento.	Predominan totales de 1200 a 1600 mm. Destaca un centro de alta pluviosidad entre 2000 y 2600 mm, originado por el efecto orográfico de la Serranía del Interior sobre los vientos Alisios cargados que penetran a los Valles del Tuy por Barlovento.		
8 Unare	Estados Sucre, Anzoátegui, Monagas y	Predominan precipitaciones entre los 400 mm en la zona costera, los 800 mm en los llanos de Monagas, y los 1200 mm en los llanos de		

9	Llanos Orientales y Delta	Guárico: Serranía del Turimiquire y cuencas de los ríos Unare y Tamanaco. Estados Anzoátegui, Delta Amacuro, Sucre, Monagas, y Bolívar: Serranía de Imatoca y Cuencas de los ríos Morichal Largo Caripe, Amana, Guanipa, Tigre, y Cuyuní.	Anzoátegui. Destaca una cuña de alta pluviosidad de 1600 mm a > 2000 mm/año, que penetra desde el Golfo de Paria hacia la costa de Monagas, y luego hacia el Turimiquire.  La influencia persistente de la Convergencia de los Alisios sobre mar (ITCZ) genera fuerte nubosidad, la cual es incrementada por el efecto costa. El frente de nubosidad y precipitaciones formado en la costa genera acumulados de 2000 a 2400 mm. Este frente se debilita gradualmente en la medida que penetra tierra adentro, hasta llegar a valores de solo 800 a 1200 mm en el Sur de los Llanos de Monagas y Anzoátegui, y el Nordeste de Bolívar.		Húmedo; Ligeramente Húmedo; Subhúmedo Húmedo; Subhúmedo Seco.
10	Llanos – Oeste de Bolívar	Estados Anzoátegui, Guárico, Portuguesa, Apure, Barinas, Cojedes, Carabobo, Yaracuy, Aragua, Miranda y Bolívar: margen derecha de la Cuenca del Orinoco y cuencas bajas de los ríos Guaniamo, Caura Cuchivero y Aro.	En los Llanos el período lluvioso concentra > 85% del total anual de lluvia, y al Norte de Bolívar > 70%; época seca muy marcada, febrero y marzo < 5 mm; meses más lluviosos junio y julio, con más de 400 mm entre los dos. Hay un gradiente en la lluvia: Llanos occidentales (unos 2400 mm, período lluvioso 8 meses, abril a noviembre); Llanos Centrales y norte de Bolívar (unos 1500 mm, período lluvioso 6 a 7 meses, mayo a octubre); Llanos Orientales (unos 1200 mm, período lluvioso 5 meses, junio a octubre). Al Centro–Sur de Anzoátegui y Monagas hay un “bolsón seco” de 800–900 mm, mientras que al Noroeste de Bolívar y Norte de Amazonas se incrementa la lluvia a más de 2000 mm.	La Temperatura media es de 26 a 27°C, con Máximas medias de 32 a 34°C y Mínimas medias de 22°C. La Humedad Relativa media varía entre 65 y 80 en las zonas más lluviosas.	Húmedo; Ligeramente Húmedo; Subhúmedo Húmedo; Subhúmedo Seco; Semiárido; pequeños bolsones de clima Árido.
11	Sur 1	Estados Amazonas y Bolívar: Gran Sabana y cuencas altas del Caroní, Paragua Caura, Cuchivero, y todo el norte de Amazonas.	Es la región más lluviosa de Venezuela; en la cuenca del Caroní se ubican 6 centros por encima de los 4000 mm asociados a los tepuyes; Auyantepuy, Siera Lema, Kukenan Tepuy, Chimanta Tepuy, Guaikinimita Tepuy y sector de Karum. Otros centros mayores de 3500 mm se ubican sobre el Norte de San Carlos de Río Negro y sobre el Alto Padamo en Amazonas.		Muy Húmedo; Húmedo.
12	Sur 2	Estados Bolívar y Amazonas: extremo Sur de ambos estados.	Meses más secos enero y febrero, con más de 100 mm/mes. Meses más lluviosos mayo y junio, con más de 800 mm entre los dos. La lluvia varía de 2000 mm aguas arriba de Santa María de los Guaiacas (Alto Orinoco) a > 3500 mm al Sur de San Carlos de Río Negro. Región influenciada por una mayor cercanía de las altas presiones subtropicales relacionadas con relativo buen tiempo, y falta de efecto orográfico, por lo cual la temporada seca dura casi todo el año. Ningún mes con más de 75 mm, anual < 500 mm.	Temperatura media de 26 °C, con Máximas medias de 32 °C y Mínimas medias de 22 °C, Humedad muy alta, de 80 a 95 %.	Muy Húmedo; Húmedo; Ligeramente Húmedo.
13	Islas	Estado Nueva Esparta y otras islas del país.			Semiárido; Árido.

**Tabla 6.** Características del clima de Venezuela y sus consecuencias agrícolas.

Características del clima en Venezuela	Consecuencias agrícolas
<p><b>Radiación Global:</b> valores relativamente altos, de 17 a 21 MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>, con variación estacional (diferencia entre el máximo y el mínimo anuales) de 10% a 30%.</p> <p><b>Temperatura:</b> valores altos; la temperatura mínima, correspondiente a la hora más fría del día, es &gt; 22 °C en casi todo el país, excepto las zonas, <i>grosso modo</i>, a más de 800 msnm, y la temperatura máxima, a la hora más caliente del día, es &gt; 28 °C en gran parte del país. La variación estacional es mínima, &lt; 2,5 °C.</p> <p><b>Amplitud Térmica Diaria:</b> relativamente baja, aunque es mayor en zonas continentales (&gt; 11 °C) y menor (&lt; 7 °C) en la costa y el sur del país. En la Depresión de Quibor y en la del Lago de Valencia alcanza 15 °C.</p> <p><b>Humedad Relativa:</b> valores promedio altos, de 70% a 75%. Los mínimos a mediodía pueden llegar a &lt; 20%, pero son más comunes valores de 40% a 50%; el valor 100% es normal en la madrugada. La variación estacional es relativamente marcada, de 20% a 40%.</p> <p><b>Cantidad de Precipitación:</b> valores muy variables en el tiempo y en el espacio. La lluvia Promedio Anual va desde &lt; 300 mm a &gt; 5000 mm, y los valores Promedio Mensuales van de 0 mm a &gt; 700 mm.</p> <p><b>Estacionalidad de la Lluvia:</b> hay regiones con marcada estacionalidad como los Llanos, y otras con lluvias no estacionales, (sin época seca), con valores en los meses menos lluviosos de 90 a 100 mm, como el sur de Bolívar y Amazonas.</p> <p><b>Distribución diaria de la Lluvia:</b> muy irregular; el número de días lluviosos es generalmente bajo, incluso en época lluviosa.</p> <p><b>Intensidad de la Lluvia:</b> elevada, dado su origen predominantemente convectivo.</p> <p><b>Evaporación:</b> valores en general elevados, &gt; 2000 mm/año, excepto en zonas altas, con máximo muy marcado en marzo, y valores de 80 a 100 mm en los meses de la época lluviosa.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rendimientos potenciales relativamente altos, pero menores que los de zona extratropical.</li> <li>• Potencial de generación de energía solar de alto a moderado, en algunas zonas del país todo el año.</li> <li>• Potencial de producción agrícola todo el año.</li> <li>• Elevadas tasas de respiración nocturna y disminución de la acumulación neta de materia orgánica en gran parte del país.</li> <li>• Rápida acumulación de Grados-Día, que favorece un rápido crecimiento.</li> <li>• Elevado consumo de energía para enfriamiento.</li> <li>• Problemas de Confort térmico para humanos y animales, prácticamente todo el año en las horas más calientes del día, en casi todo el país, con la consiguiente disminución de la productividad.</li> <li>• Buen potencial de calidad para cultivos que concentran azúcares (frutas, caña, uvas para vino) en las zonas donde la ATD es más elevada.</li> <li>• Condiciones adecuadas de Humedad Relativa y Temperatura para el desarrollo de plagas y vectores transmisores de enfermedades, al menos estacionalmente, en casi todo el país (depende de la plaga y/o enfermedad).</li> <li>• Condiciones adecuadas de Humedad Relativa y Temperatura para una tasa alta de mineralización de la materia orgánica, y por el contrario, inadecuadas para la formación de humus.</li> <li>• Diversas longitudes del periodo de crecimiento.</li> <li>• Disponibilidad hídrica muy reducida en época seca en casi todo el país.</li> <li>• Riesgo de Incendios muy elevado en época seca en casi todo el país.</li> <li>• Potencial de producción agrícola todo el año en las zonas con lluvia no estacional, y sólo algunos meses del año en las zonas con lluvia estacional.</li> <li>• Gran variabilidad en la fecha de inicio del periodo de crecimiento en algunas zonas del país (Llanos centrales y orientales).</li> <li>• Duración muy corta del periodo adecuado para labores en algunas zonas (Llanos occidentales).</li> <li>• Inundaciones estacionales durante la época lluviosa en zonas por debajo de la cota 100 msnm.</li> <li>• Problemas de veranitos / aguachinamientos durante el periodo de crecimiento.</li> <li>• Riesgo muy alto de dañar al suelo por laboreo bajo condiciones inadecuadas de humedad.</li> <li>• Efectividad agrícola de la lluvia muy baja (bajas tasas de infiltración y altas tasas de escurrimiento).</li> <li>• Potencial erosivo de la lluvia muy alto.</li> <li>• Riesgo muy alto de crecientes torrenciales y derrumbes en zonas montañosas.</li> <li>• Elevada demanda de agua de los cultivos en gran parte del país, incluso en la época lluviosa, cuando se presentan veranitos.</li> <li>• Requerimientos elevados de riego.</li> </ul>



**Figura 4.** Ejemplos de variabilidad interanual de la precipitación en la estación Valencia, en la Cordillera de la Costa: transcurso anual para los años 1954, 1963, 1971 y 1987. Usando los valores promedio, esa estación presenta un régimen unimodal.

Una característica fundamental de la lluvia es su *intensidad*, que es la relación entre la lámina caída por unidad de tiempo (mm/hora). Por su origen predominantemente convectivo, la lluvia en Venezuela es de alta intensidad (mayor a 20 mm/h), típica de la zona intertropical, con tendencia a precipitar en períodos cortos (< 3 horas), y se ha reportado que el 95% de las lluvias en el país caen como chaparrones de 15 a 30 minutos, frecuentemente en la tarde. Las lluvias intensas tienen muy baja efectividad agrícola, ya que aunque la cantidad precipitada sea alta, la proporción que infiltra y recarga la reserva de agua en el suelo es muy pequeña; adicionalmente, producen erosión. **La tendencia de la lluvia en el país a presentarse fuertemente concentrada en el tiempo hace muy difícil el pronóstico de situaciones riesgosas.**

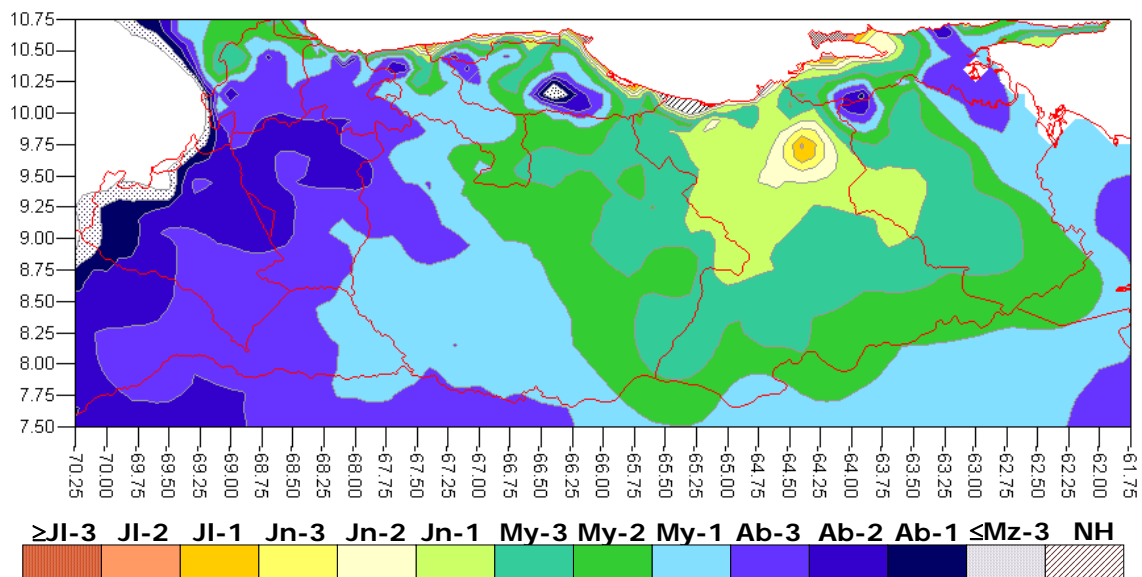
### 2.2.1. Características agroclimáticas de las principales regiones del país.

Dado que la densidad de la red de estaciones hidrometeorológicas es baja en el país, la caracterización agroclimática es bastante general. Un conjunto de estudios de la Dirección de Hidrología y Meteorología del MINAMB realizados en los años 90, usó una escala de 1:250.000, lluvia mensual, y se estimaron diversos aspectos agroclimáticos para cada año del registro, por lo que pudo hacerse el análisis frecuencial de los mismos (Martelo, 1993; Osorio y Urbina, 1993; Sáez, 1993; Osorio, 1994; Sáez y Durán, 1994; Vivas y Martelo, 1994; Vivas *et al*, 1995; Sáez, 1995; Urbina, 1997; Hernández, 1999; Rodríguez, 2004).

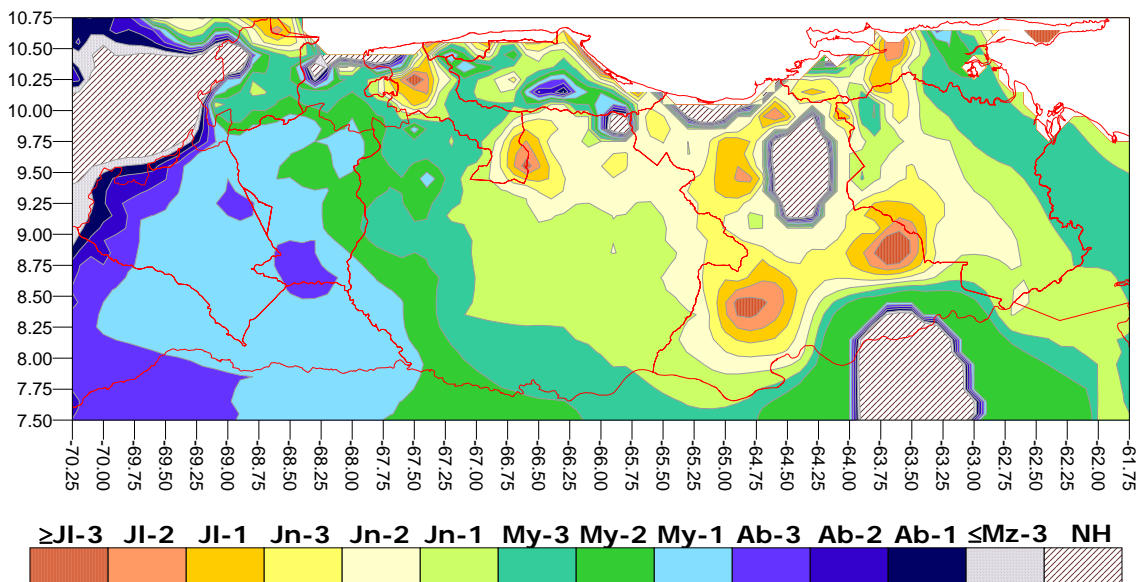
Con base a esa información, en las Figuras 5 a 7 se presenta esquemáticamente la distribución espacial de las Fechas de Inicio "Normales" (50% de probabilidad de ocurrencia) de los Períodos de Crecimiento y Húmedo, así como la diferencia en días entre esas dos Fechas de Inicio, que en la metodología de la FAO equivale a la duración de la condición de humedad Intermedia, y en términos de aplicación práctica,



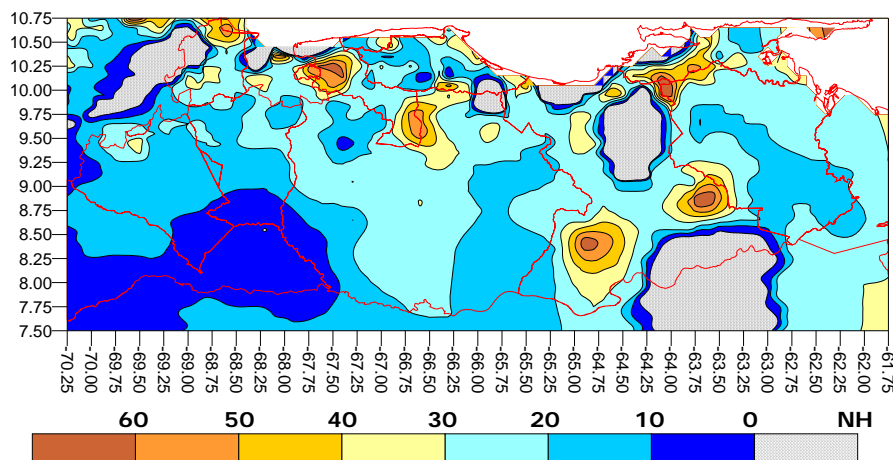
a la época adecuada para sembrar (ver Tabla 3). En las Figuras, el símbolo "NH" en la leyenda, implica que no ocurre el período para ese nivel de probabilidad, y las fechas que en el 50% de los años los períodos se inician en esa década *o antes*.



**Figura 5.** Fecha Normal (50%) de Inicio del Período de Crecimiento, expresada en décadas. (Elaboración M. Martelo con base a la información de 12 estudios del MINAMB).

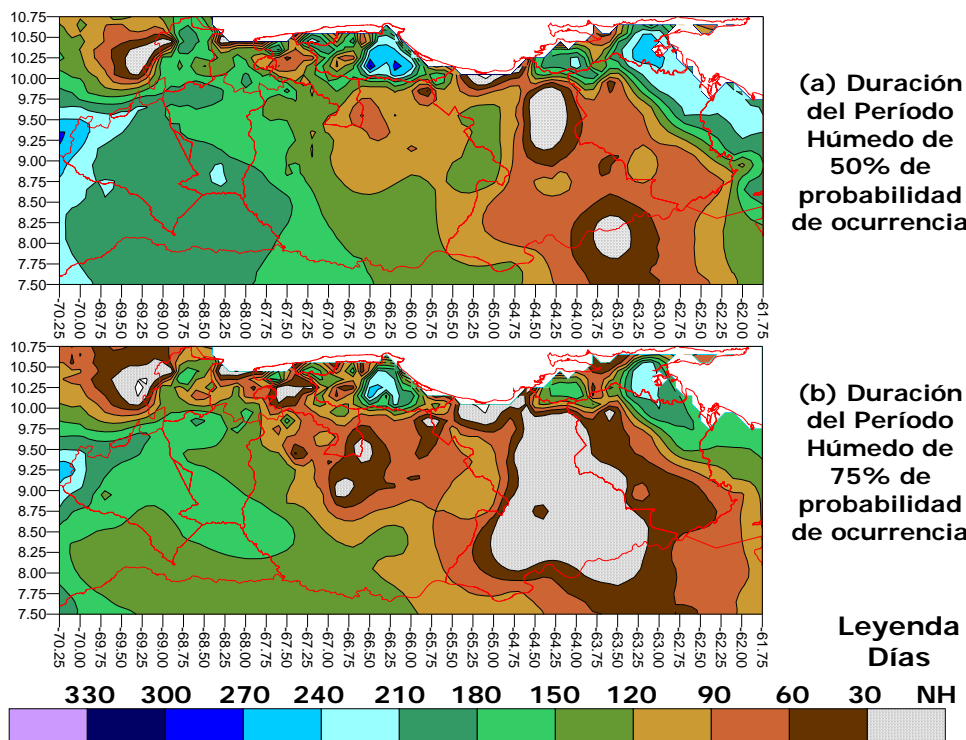


**Figura 6.** Fecha Normal (50%) de Inicio del Período Húmedo, expresada en décadas. (Elaboración M. Martelo con base a la información de 12 estudios del MINAMB).



**Figura 7.** Duración Normal (50%) de la condición de humedad Intermedia, en días. Equivale a la duración de la época de siembra. (Elaboración M.Martelo con base a la información de 12 estudios del MINAMB).

En la Figura 8 se presentan las duraciones (días) del Período Húmedo que tienen 50% y 75% de probabilidad de ocurrencia. El símbolo "NH" implica que no ocurre el período para ese nivel de probabilidad, y las cifras que el período dura esos días o más.



**(a) Duración del Período Húmedo de 50% de probabilidad de ocurrencia**

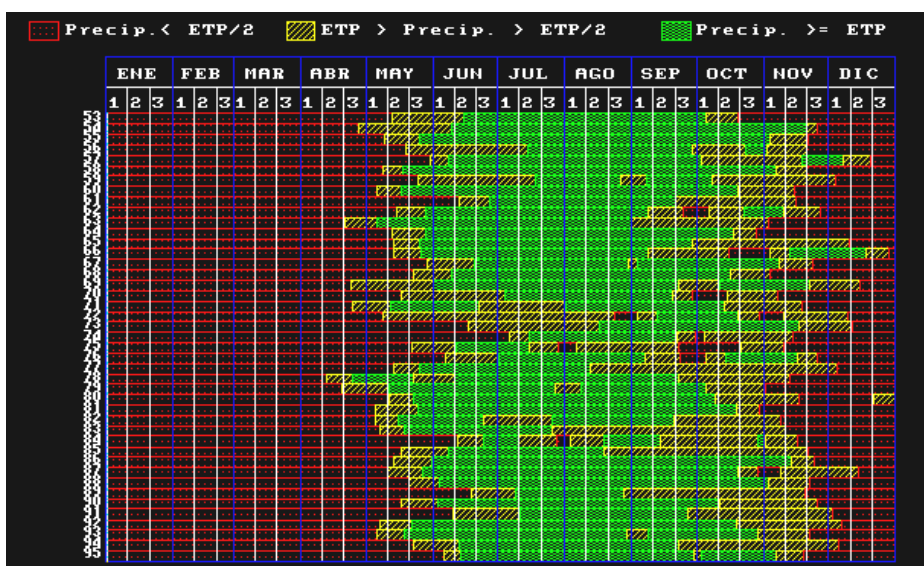
**(b) Duración del Período Húmedo de 75% de probabilidad de ocurrencia**

**Figura 8.** Duraciones del Período Húmedo (días), para dos niveles de probabilidad. (Elaboración M.Martelo con base a la información de 12 estudios del MINAMB).

Hay diferencias importantes entre los Llanos Occidentales y los Orientales en términos de la oportunidad climática para realizar labores; en los primeros el problema es que el Período Húmedo es casi tan largo como el Período de Crecimiento; esta condición climática genera un problema estructural de manejo de tierras, ya que las labores se realizan en condiciones inadecuadas de humedad que afectan muy negativamente al

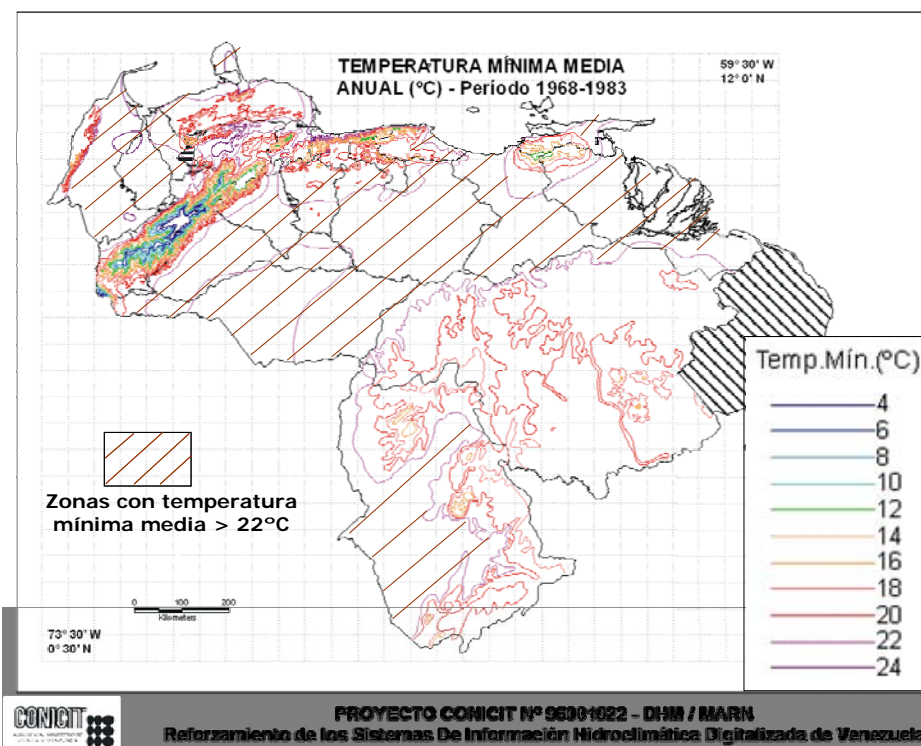
suelo (compactación, formación de piso de arado). Para los Llanos Orientales, por el contrario, en el 75 % de los años la duración del Período Húmedo es muy pequeña, e incluso hay zonas donde no se presenta ni siquiera la mitad de los años.

Esto implica que hacia los Llanos Orientales el mayor riesgo para labores es la resiembra, cuando se retrasa el inicio del Período Húmedo, mientras que para los Occidentales es la pérdida pura y simple de la oportunidad de sembrar a inicio de la época lluviosa. Asimismo, la erraticidad de la precipitación (su muy irregular distribución diaria) implica altos riesgos de veranitos hacia los Llanos Centrales y Orientales. En la Figura 9 se muestra un ejemplo, tomado de los estudios del MINAMB, donde se estimaron valores decadales de la relación P/ETo para todos los años de registro, con base al balance hídrico.



**Figura 9.** Ejemplo de riesgo derivado de la variabilidad climática: irregular inicio de la época adecuada para siembra (celdas amarillas) en Calabozo, en el período 1953–95. (Fuente: Programa “Balance Hídrico”, Dirección de Hidrología y Meteorología, MARN).

Con relación a la temperatura, la mínima es quizá la más importante para el confort animal; aún cuando durante el día el cuerpo soporte altas temperaturas, si puede enfriarse efectivamente de noche se mantendrá el confort, y con él la productividad animal; como una aproximación gruesa, temperaturas nocturnas mayores a 21°C son ya inadecuadas para el confort. En la Figura 10 (Martelo, 2000b) se presenta la distribución espacial de la temperatura mínima media; se observa que excepto en las zonas altas, una enorme proporción del territorio tiene mínimas medias superiores a los 22°C, indicando noches ya demasiado calurosas. Con respecto a las máximas, son también elevadas en gran parte del país, sobrepasando los 32°C e incluso los 34°C, lo que implica que a primeras horas de la tarde la situación no sólo es inconfortable, sino que muy probablemente es peligrosa para la salud, especialmente si se están haciendo esfuerzos físicos.



**Figura 10.** Distribución espacial de la temperatura mínima media, y zonas en donde es mayor a 22°C.

Las altas temperaturas nocturnas tienen efectos negativos en la productividad vegetal, aumentando la respiración y disminuyendo la asimilación neta, lo que explica por qué se estima que la productividad en zonas tropicales disminuirá a consecuencia del cambio climático. Las noches cálidas acortan las fases fenológicas, pero al sobrepasar cierto umbral éstas comienzan a alargarse; Martelo (2000a) encontró para maíz en Yaracuy correlaciones negativas entre la rata de desarrollo (el inverso de la duración) de la floración masculina y femenina, y las temperaturas mínimas acumuladas durante la duración reportada de ambas fases, en parcelas sembradas en diez fechas entre finales de mayo y principios de junio de 1990. Podría especularse que el alargamiento de las fases a partir de cierto umbral de temperatura acumulada (concepto similar al de los Grados-Día) también pudiera estar relacionado con disminuciones en la efectividad de la floración, pero se requieren más estudios al respecto.

### 2.2.2. Lluvias extremas.

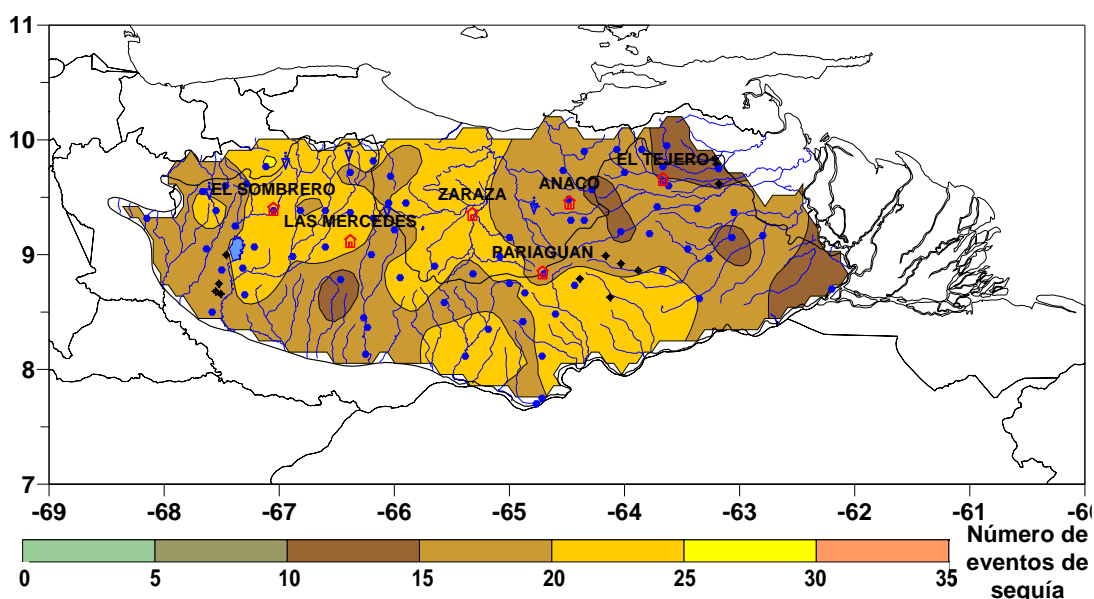
En general, las situaciones extremas (lluvias muy escasas o muy abundantes) ocurren localizadamente, y sólo pocas veces presentan gran extensión espacial, lo que indica una gran influencia de los efectos locales (Martelo, 2002). Los poco frecuentes eventos secos de gran extensión espacial ocurren principalmente entre abril y julio, y luego en noviembre y diciembre, mientras que los pocos eventos muy lluviosos de gran extensión espacial ocurren en cualquier momento, como reflejo de la diversidad de orígenes de la lluvia. Con relación a su distribución diaria, Suárez (2003) analizó el percentil 95% de lluvia acumulada en 5, 10 y 15 días consecutivos, y encontró que no hay diferencia entre el acumulado de lluvias extremas de 10 y 15 días, y la diferencia

entre 5 y 10 días es pequeña, indicando que **5 días seguidos de lluvias intensas representan un nivel de riesgo extremadamente alto.**

### 2.2.3. Sequías

Las sequías son especialmente graves en zonas con climas Áridos, Semiáridos y Subhúmedos secos, donde la disponibilidad hídrica en condiciones normales es apenas suficiente para mantener las actividades agrícolas, así que incluso pequeñas disminuciones en la lluvia tienen impactos negativos; dichos impactos tienden a ser sumamente graves en el caso de una real sequía. Hernández (2008) reporta que para las zonas bajo estos climas en los Llanos Centrales y Orientales ocurre en promedio una sequía con duración mínima de un mes cada 10 años, que afecta al menos a una localidad; las sequías más largas duraron más de 18 meses.

La Figura 11 muestra la distribución espacial del número de sequías detectadas con el SPI durante el período de 27 años 1969–1997. Varios embalses importantes están en zonas donde ocurren sequías frecuentemente: al oeste del embalse Guanapito ocurrieron entre 25 y 30 eventos de sequía; entre 20 y 25 eventos afectaron a los embalses Camatagua y Guárico; entre 15 y 20 eventos afectaron a los embalses Tiznados, Tamanaco y La Estancia.



**Figura 11.** Concentración Espacial de eventos de sequía de cualquier Magnitud, en los Llanos centro–orientales (1969–1997), según el SPI a nivel semestral. (Fuente: Hernández, 2008).

Los impactos de las sequías sobre el nivel de los embalses son muy notables. Un ejemplo citado por Hernández (2008) es el de el efecto de ocho meses de sequía (julio 1972 a febrero 1973) que se manifestó en el embalse Tamanaco con una disminución de 4,29 metros (bajó de su cota normal de 137,2 msnm a la cota 132,91 msnm), quedando a solo 1,71 metros por encima del nivel muerto. La superficie del espejo de agua se redujo en casi 40%, de unas 3600 ha a h 1500 ha, y la capacidad almacenada

llegó a unos 38 Hm<sup>3</sup>, muy por debajo de la normal (141,06 Hm<sup>3</sup>), e incluso de la mínima (47,99 Hm<sup>3</sup>). Al clasificar las sequías según su Magnitud, Hernández (2008) detectó que los tipos más frecuentes son las Leves, seguidas por las Extremadamente Fuertes; podría especularse que es la respuesta a dos diferentes mecanismos meteorológicos, uno más frecuente (41,32% de los casos) que provoca pequeñas disminuciones de la lluvia, y otro que ocurre un poco menos frecuentemente (29,13% de los casos), pero provoca disminuciones muy importantes de la lluvia. Los embalses Guanapito, Guárico, Tamanaco y La Estancia están en áreas bajo riesgo de 20% a 30% de ocurrencia de sequías Extremadamente Fuertes.

#### **2.2.4. Relaciones con el evento El Niño y otras variables macroclimáticas.**

El Niño es una interacción océano-atmósfera muy compleja, erráticamente cíclica (oscilatoria), cuya manifestación atmosférica consiste en un cambio en los patrones de movimientos de las masas de aire sobre la zona tropical del Océano Pacífico, y cuyas manifestaciones oceánicas incluyen cambios en la estructura térmica del mar, tanto en superficie como en profundidad; estas alteraciones provocan trastornos climáticos a escala mundial: en América Latina se manifiesta con una sequía intensa en ciertas regiones (Caribe, Nordeste de Brasil), y con lluvias extraordinarias e inundaciones en otras (costas de Ecuador y Perú, norte de Argentina).

El nombre científico del fenómeno es El Niño–Oscilación del Sur (ENOS). Su frecuencia es de cinco a siete años y tiene duraciones variables de unos 5 a unos 12 meses; su ciclo presenta una fase cálida (El Niño), y una fase fría (La Niña), referidas en ambos casos a la temperatura del Pacífico Ecuatorial. Generalmente, el Pacífico vuelve a su rango normal de temperaturas entre ambas fases, es decir, es muy poco común que se pase de una situación Niño a una Niña de forma inmediata.

En el trabajo ya citado de Cárdenas *et al* (2003) se analizó el efecto del ENOS en cada región de precipitación, para ambas fases del evento. Los resultados muestran que para fines de impacto, el año puede dividirse en cuatro períodos (Figura 12). Dada la complejidad de la lluvia en el país, los períodos mostrados son generales, y hay excepciones, entre ellas: diciembre es lluvioso en Barlovento y Llanos Orientales–Delta; junio pertenece realmente al período lluvioso, pero por su alta variabilidad, los impactos parecen acercarlo más a los meses de transición. En general, la fase Niño tiende a reducir la precipitación, y la fase Niña tiende a aumentarla, tanto en la época seca como en la lluviosa; la coincidencia “Niño=año seco” es más frecuente que en el caso “Niña=año lluvioso”. Cuanto más fuerte es el evento Niño/Niña, mayor es el impacto (disminución/incremento) sobre la lluvia.

En la Tabla 7 se muestran las anomalías de lluvia, en porcentaje, que producen las fases cálida (Niño) y fría (Niña) del ENOS durante las épocas seca y lluviosa en Venezuela. Se puede asegurar que existe un impacto real del ENOS en ambas fases, porque se observó significación estadística, en las siguientes regiones y períodos:



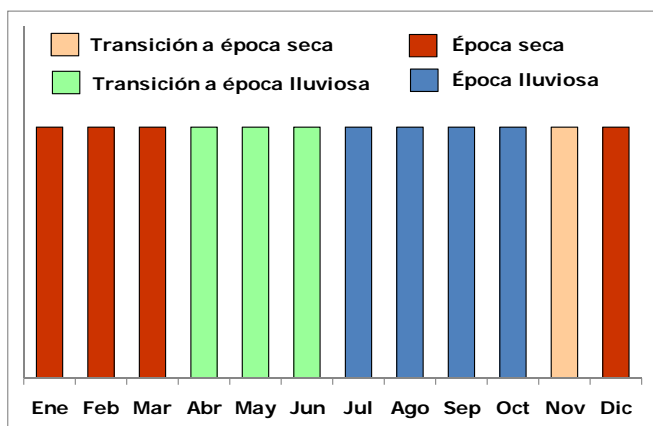


Figura 12. Periodos generales del año según la distribución de la precipitación en Venezuela.

- en noviembre sólo existe impacto significativo en la región Sur 2;
- **en el cuatrimestre seco, 12 de las 13 regiones presentan significación**, excepto la Costa Oriental del Lago, cuyas orografía es muy particular;
- **en el trimestre de transición abr–jun ninguna región presenta significación**, no se diferencia el impacto del ENOS respecto a la variabilidad natural en esa época;
- **en el cuatrimestre lluvioso, 10 de las 13 regiones tienen significación**, no se nota efecto en Quíbor y Falcón, y la Cordillera de la Costa está en el límite;

Tabla 7. Anomalías porcentuales de precipitación en cada región para eventos Niño y Niña.

ANOMALÍAS EN % DE LA LLUVIA. Valores positivos indican exceso de lluvia, valores negativos indican déficit.		DIC – MAR		JUL – OCT	
		NIÑA	NIÑO	NIÑA	NIÑO
1	Falcón	66,60	-38,59	-	-
2	Costa Occidental del Lago	21,51	-17,33	21,49	-13,21
3	Costa Oriental del Lago	-	-	30,38	-20,45
4	Andes	44,75	-31,59	24,52	-19,25
5	Valle de Quíbor	59,20	-24,87	-	-
6	Cordillera de la Costa (* en el límite de significancia)	30,08	-20,22	10,00*	-5,62*
7	Barlovento	43,79	-37,18	24,42	-2,83
8	Unare	44,73	-33,79	8,38	-7,95
9	Llanos Orientales – Delta	36,76	-33,57	18,51	-13,79
10	Llanos – Oeste de Bolívar	38,11	-23,55	12,05	-8,03
11	Sur 1	34,65	-24,48	16,92	-7,98
12	Sur 2	26,91	-17,51	24,57	-12,55
13	Islas	39,33	-36,43	41,46	-26,54

A pesar que la Tabla 7 muestra mayores anomalías porcentuales en el período seco que en el lluvioso, los cambios absolutos no son mayores. Por ejemplo, si en dic–mar la lluvia promedio fuera de 30 mm, una anomalía de +30% representaría sólo 9 mm, pero en jul–oct, con una lluvia promedio de digamos 450 mm, una anomalía de -8% representaría unos 36 mm, más que el promedio acumulado de la época seca.

El evento ENOS se ve a su vez afectado por otro componente de la Circulación General de la Atmósfera, la *Oscilación Quasi-Bianual* (QBO, por sus siglas en inglés). La QBO es el cambio de dirección y velocidad del viento entre los 15 y 32 km de altura en promedio. El ciclo de la QBO es de 24 a 30 meses, soplando aproximadamente la

mitad del ciclo del Este y cambiando luego a soplar desde el Oeste. Cuando se produce el cambio de dirección, la velocidad disminuye significativamente.

La QBO influencia a la lluvia independientemente de los eventos ENOS, y según Cárdenas *et al* (2003), estos efectos son: altas velocidades de dirección Oeste inducen excesos de lluvia en todas las regiones; las velocidades bajas de ambos rumbos inducen al contrario déficit de lluvia para todas las regiones; las velocidades altas del Este inducen anomalías muy pequeñas e irregulares; estos resultados son confirmados por otros análisis (Martelo, 2002). Cuando ocurre un ENOS, la QBO lo influencia de forma compleja, variando con la fase, como se muestra en la Tabla 8. La influencia de la QBO sobre el ENOS es máxima en Falcón, Quíbor e Islas, mientras que es mínima en la Costa Oriental del Lago y las dos regiones del Sur (Bolívar y Amazonas).

**Tabla 8.** Tipo de influencia pura de la QBO, El Niño y la Niña sobre la lluvia en Venezuela, y efectos de la QBO sobre El Niño y La Niña.

<b>EFFECTO PURO DEL ENSO Y LA QBO EN LA LLUVIA.</b>	<b>QBO ALTA VELOCIDAD DEL OESTE = EXCESOS</b>	<b>QBO BAJA VELOCIDAD EN CUALQUIER DIRECCIÓN = DÉFICIT</b>	<b>QBO ALTA VELOCIDAD DEL ESTE. Sin influencia.</b>
<b>NIÑO = DÉFICIT</b>	Déficit "normal" producido por el Niño, es decir, no se nota efecto de la QBO.	Efecto marcado de la QBO. Se incrementa mucho el déficit "normal" producido por el Niño.	–
<b>NIÑA = EXCESO</b>	Efecto marcado de la QBO. Casi duplica el exceso "normal" producido por la Niña.	Disminuye mucho el exceso "normal" producido por la Niña. En Cordillera de la Costa el efecto es tan marcado, que puede incluso cambiar de signo, y presentarse un déficit.	Igual que el de la QBO baja. Se ignora el porqué, dado el mínimo efecto directo de esta condición de la QBO sobre la lluvia.

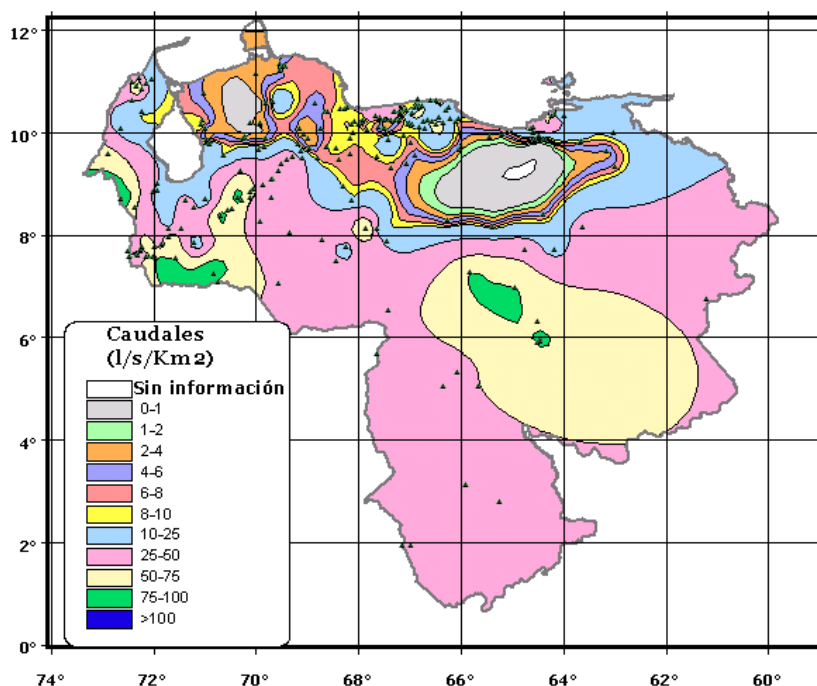
Con relación a su impacto sobre la temperatura, El Niño tiende en general a aumentar tanto la temperatura máxima "Tx" (la correspondiente a la hora más caliente del día) como la temperatura mínima "Tn" (la de la hora más fría del día), y los impactos son mayores sobre Tx que sobre Tn. Los cambios inducidos por la Niña son menos claros; en general tiende a disminuir a Tx y a Tn, pero hay excepciones; la fuerza de su impacto es contraria a la del Niño: es mucho mayor sobre Tn que sobre Tx.

### 2.2.5. Características hidrológicas de importancia agrícola.

Para el adecuado manejo y aprovechamiento del agua, son importantes tanto la cantidad como su calidad. La disminución de la lluvia y/o el incremento de las sequías afectarán a la cantidad de agua, así como a su calidad (menor dilución); además, la mayor temperatura acelera los procesos biológicos, aumentando el consumo de oxígeno, y en consecuencia el riesgo de anoxia en los cuerpos de agua (CIDIAT, 2005). El mayor acarreo de sedimentos, causado por la mayor erosión, implica también una disminución en la calidad del agua.



El incremento reportado en la intensidad de la precipitación no solo implica mayor erosión sino también cambios en la respuesta hidrológica de las cuencas, entre otras: (a) relación infiltración/escorrentía; (b) tiempo de escurrimiento, con lo cual pueden incrementarse las inundaciones repentinas; (c) grado de percolación, y en consecuencia, de recarga de acuíferos; todos estos cambios pueden tener consecuencias importantes tanto para la agricultura de secano como para la de riego. El recurso hídrico superficial está muy desigualmente distribuido (Figura 13 y Tabla 9). De un inventario preliminar (MARN, s/f), en el país hay, además de los Lagos de Maracaibo y de Valencia, alrededor de 732 lagunas.



**Figura 13.** Isótopos de escurrimiento (l/s/km<sup>2</sup>). Fuente: CIDIAT (2005).

**Tabla 9.** Regiones Hidrográficas y principales Cuencas de Venezuela. Fuente: MARN, s/f.

Regiones	Cuencas y Escurrimiento Medio Anual (mm/año)
1. Lago de Maracaibo y Golfo de Venezuela	Limón, Palmar, Santa. Ana, Catatumbo, Zulia, Machango, Pueblo Viejo, Chama, Escalante, Charraipia-Paraguachón, Cojoro y Motatán. En la planicie aluvial el escurrimiento es de 600–1400 mm/año.
2. Falconiana	Maticora, Hueque, Ricoa, Mitare, Capatárida.
3. Centro Occidental	Tocuyo, Aroa, Yaracuy. En las cuencas del Yaracuy y del Aroa, y en la parte oriental de la cuenca del Tocuyo, el escurrimiento es de 100–400 mm/año, y en la Depresión de Lara menor a 100 mm/año.
4. Lago de Valencia	Aragua, Limón, Turmero, Maracay, Carabobo, Cabriales, y Las Minas. En la zona plana de la Depresión el escurrimiento es menor de 200 mm/año.
5. Central	Tuy, Guapo, Cupira, Capaya, y las que drenan al Litoral Central. En los Valles del Tuy Medio y de Caracas el escurrimiento es entre 80–200 mm/año; en Barlovento y el Litoral Central, de 40–60 mm/año.
6. Centro Oriental	Unare, Zuata, Pao, Aragua. El escurrimiento es de 100–200 mm/año.
7. Oriental	Neverí, Carinicua, Manzanares, Amana, Guarapiche, San Juan. Los escurrimientos varían entre 400–1000 mm/año en Turimiquire y 400–800 mm/año en el Caño San Juan. En la costa del Golfo de Paria y en el centro-sur de Anzoátegui y Monagas es

	menor a 100 mm/año. En Margarita es de 60–80 mm/año en Cerro Copey y menor a 50 mm/año en el resto de la isla; en Coche y Cubagua es inferior a los 20 mm/año.
8. Llanos Centrales	Guárico, Guariquito y Tiznados. Escurrimiento entre 100–400 mm/año.
9. Alto Apure	Uribante, Masparro, Sarare, Sto. Domingo, Paguey, Suripá, Apure. Escurrimiento entre 800–1200 mm/año.
10. Llanos Centro Occidentales	Cojedes, Portuguesa, Guanare, Boconó. En las zonas casi planas el escurrimiento varía entre 200–600 mm/año, y en el piedemonte andino entre 800–1200 mm/año.
11. Apure	Apure, Arauca, Capanaparo, Cinaruco, Cunaviche, Meta. El escurrimiento aumenta hacia el sur, entre 200–1000 mm/año; hacia la cuenca alta del río Arauca varía de 1200–1400 mm/año.
12. Amazonas (Alto Orinoco)	Orinoco, Brazo Casiquiare, Ventauri, Ocamo, Sipapo, Cunucunuma. La zona montañosa tiene escurrimiento de unos 1500 mm/año, y en las zonas bajas del Ventuari y del Casiquiare, es mayor a 2000 mm/año.
13. Caura	Caura, Suapure, Cuchivero. Al norte, el escurrimiento es de unos 800 mm/año. Al sur, en la cuenca alta del Caura, de 2800 mm/año.
14. Caroní	Caroní, Paragua. En la cuenca alta de ambos ríos el escurrimiento es de unos 2800 mm/año. En la Gran Sabana, es menor a 600 mm/año.
15. Cuyuní	Cuyuní, Yuruarí, Yuruaní. El escurrimiento varía entre 600–1000 mm/año.
16. Delta	Bajo Orinoco, Morichal Largo, Uracoa, Mánamo y Macarao.

**Algunas de las principales cuencas del país están severamente afectadas, lo cual incrementa la vulnerabilidad del sector agrícola de riego.** La cuenca del río Guárico presenta problemas de erosión y de contaminación del agua, causados por los asentamientos urbanos y la actividad agropecuaria; esto es especialmente grave puesto que el río alimenta a dos de los principales embalses del país, Camatagua y Guárico. La cuenca del río Neverí ha presentado problemas graves por: (a) inundaciones, por lo cual se han construido una serie de obras para proteger a Barcelona; (b) su contaminación, que se estima en un 80%; (c) la sedimentación, que limita su navegabilidad. Con estas características, cualquier cambio en el caudal del río puede causar un impacto ambiental notable. La cuenca alta y media del río Chama es vital para Mérida porque dos de sus afluentes, los ríos Mucujún y Albarregas abastecen de agua a la ciudad; adicionalmente el Chama abastece otras poblaciones andinas y es uno de los principales afluentes del Lago de Maracaibo. La cuenca del río Chama esta severamente intervenida y degradada, intensificando los daños causados por las inundaciones en épocas de lluvia todos los años.

Con relación al agua subterránea se estiman unas reservas permanentes de unos ocho billones de metros cúbicos (CIDIAT, 2005), considerando únicamente el norte del Orinoco y hasta una profundidad de 300 metros, pero no hay una estimación confiable de la recarga natural, excepto muy localmente; en la Tabla 10 se presentan los principales acuíferos del país. Se ha estimado en forma muy gruesa, que **más del 50% del abastecimiento para satisfacer los diferentes usos del agua proviene de fuentes subterráneas.** Este es un claro ejemplo de la complejidad de las vulnerabilidades en el sector agrícola: la agricultura es el mayor contaminante de los acuíferos, vía los agroquímicos, y a la vez es uno de los mayores usuarios; si el cambio climático disminuye el agua superficial, aumentará proporcionalmente el uso de la subterránea, pero la degradación de su calidad por las malas prácticas actuales pueden hacer al uso futuro del recurso insostenible.

**Tabla 10.** Provincias Hidrogeológicas y principales acuíferos en Venezuela. Fuente: MARN, s/f.

Provincias	Acuíferos
Planicie Costera	-Acuíferos La Guajira, Costa Oriental y Costa Occidental del Lago de Maracaibo (*).
	-Acuífero de Coro (*).
	-Acuíferos Bajo Tocuyo y Aroa.
	-Acuíferos Depresión de Unare y Bajo Tuy (*).
	-Acuíferos río Neverí y río Manzanares.
	-Acuíferos Cariaco, Casanay, El Pilar y Güiria.
Andina	-Acuífero Delta del Orinoco.
	-Acuífero del Valle de Caracas y Litoral Central.
	-Acuífero del Lago de Valencia.
Vertiente Atlántica y del Caribe	-Acuífero Tuy Alto y Valle de Santa Teresa.
de Guayana del Orinoco	-Acuíferos Guatire Guarenas.
	-Acuíferos Tocuyo Alto, Medio e Inferior.
	-Acuíferos de Barquisimeto, Carora, Siquire y Quíbor (*).
	-Acuíferos El Isidro, Maticora, Mitare y Depresión Pedregal.
	-Acuíferos Cumanacoa, San Antonio y Clavellinos.
	-Acuíferos de los Llanos del Orinoco.
	-Acuíferos de los Llanos Centrales y de Apure.
	-Acuíferos de los Llanos Centrales y Orientales (Mesa de Guanipa, Maturín y Cerro Negro).

**NOTA:** (\*) Acuíferos sobreexplotados y con problemas de salinización.

**Existe un alto grado de deterioro de los acuíferos en Venezuela**, debido a la sobreexplotación que trae como consecuencia la mineralización de las aguas, además de disminuir las reservas, y a la contaminación por lixiviado de rellenos sanitarios, por fosas de aguas de formación, y por lixiviados agrícolas. En el acuífero de Coro la sobreexplotación produjo la intrusión del agua de mar al acuífero y la inversión del flujo. Los acuíferos de la planicie de Maracaibo, de Margarita y de Barlovento presentan problemas similares de sobreexplotación. El nivel del acuífero del Lago de Valencia ha descendido desde los años 60 con valores de casi 2 m/año en Maracay; a esto se añade el constante incremento del nivel del lago, que ha inducido una recarga del lago hacia el acuífero, dañando su calidad: para 1980 la concentración en sólidos totales disueltos sobrepasaba las 3000 ppm en algunas zonas (CIDIAT, 2005). El acuífero del Valle de Quíbor es uno de los más vulnerables, desde los años 60 ha sufrido descensos de hasta 38 metros en su parte norte y de hasta 98 metros en su parte sur, y su calidad ha mermado: la concentración en sólidos totales disueltos pasó de menos de 1000 ppm a más de 3000 ppm en algunos sectores.

Se estima que, en general, los recursos disponibles permiten suplir el abastecimiento para el riego de 387.500 hectáreas, a pesar del **nivel de consumo per cápita del país (424 l/d en agua potable y 1 l/s/ha en riego), que cuadruplican los valores promedios de América Latina**. (González, 2000, citado en CIDIAT, 2005).

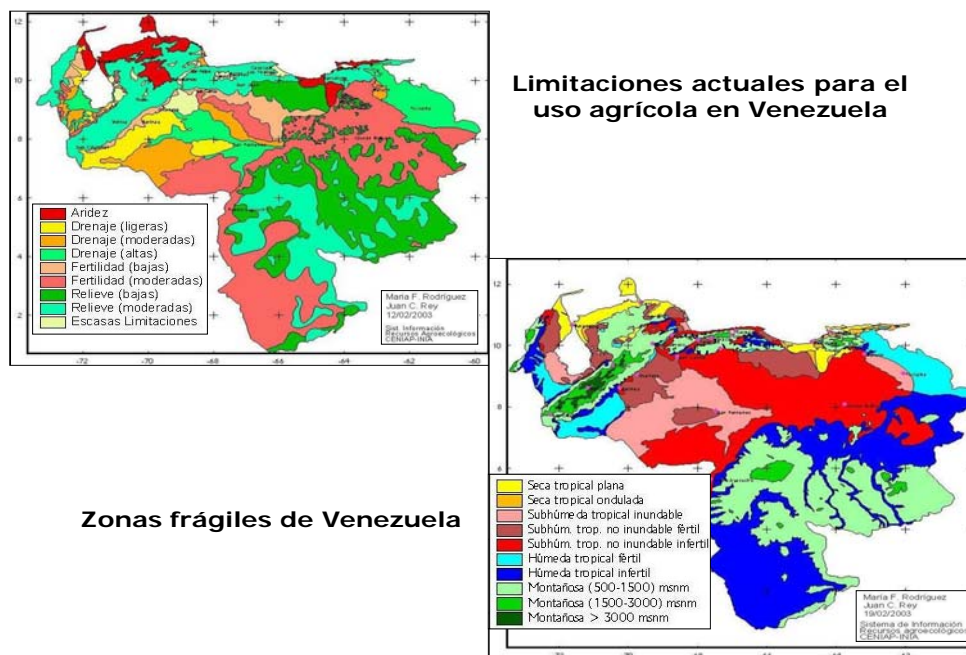
Aunque el balance global de Venezuela como país es positivo, a nivel regional y local ya se presentan situaciones de estrés hídrico; hay conflictos instalados y potenciales a corto y mediano plazo, entre otros por: (a) sobre desarrollo de algunas áreas; (b) mal uso del agua; (c) cambios de uso de la tierra. **Es muy probable los conflictos se incrementen debido al cambio climático, y a las retroalimentaciones de los demás problemas ambientales sobre la vulnerabilidad de áreas agrícolas.**

### 2.3. Condiciones socioeconómicas y tecnológicas del sector agrícola.

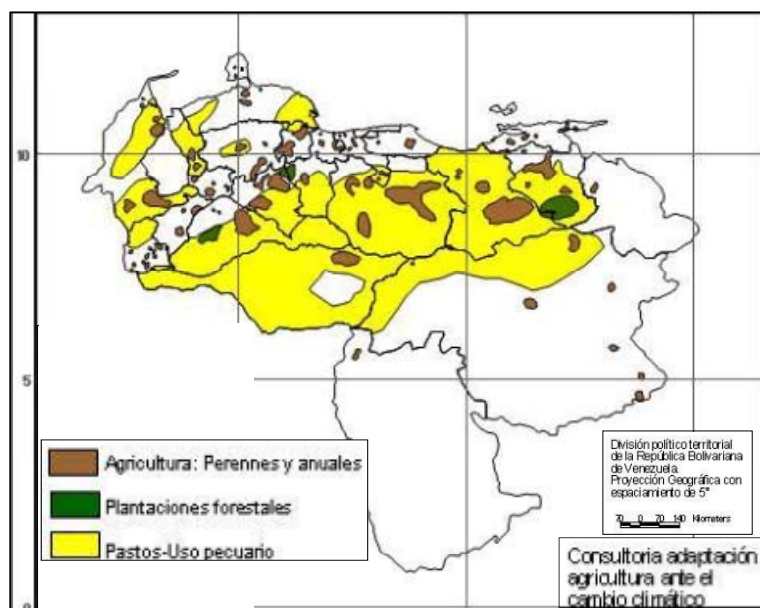
A continuación se describen los principales aspectos físicos, socioeconómicos y tecnológicos que definen en gran medida la vulnerabilidad para las actividades del sector agrícola, ya que en muchos casos éstas se desarrollan, debido a dinámicas socioeconómicas complejas, en lugares y/o momentos que no son los más adecuados desde el punto de vista físico-natural. La Figura 14 muestra tanto las limitaciones actuales como las zonas frágiles del país debido a actividades agrícolas.

Las áreas sin limitaciones ocupan sólo el 2% del territorio, teniendo limitaciones de relieve el 44%, de baja fertilidad el 32%, de mal drenaje el 18% y de aridez el 4%. Respecto a las zonas frágiles, casi 29% del territorio tiene fragilidad asociada a erosión y contaminación por agroquímicos; un 27% tiene problemas de inundación permanente en zonas: (a) no fértiles (fragilidad por baja fertilidad y acidez de los suelos, degradación biológica y pérdida de biodiversidad); (b) fértiles como el Delta del Orinoco (frágil en caso de que se drenaran los suelos, que pasarían de su reacción neutra actual a una fuertemente ácida. Los escasos (7,96%) suelos fértiles en los llanos altos de Apure y Barinas y sur de Zulia son frágiles por mal drenaje y degradación física. En 38% del país coexisten mal drenaje, pérdida de biodiversidad, baja fertilidad y degradación física. Un 6% presenta aridez, erosión y alta salinidad.

En la Figura 15 se muestra el uso actual agrícola de Venezuela (Ovalles *et al*, 2005). Al comparar con los mapas de la Figura 14, se nota que excepto las áreas situadas en el límite entre Portuguesa y Cojedes, todas las demás se encuentran en zonas con limitaciones más o menos severas por drenaje, fertilidad y relieve, y son frágiles puesto que el mal drenaje y la erosión, combinados con un manejo no adecuado (que es la situación preponderante), provocan degradación física del suelo. En las zonas de riego se suma la fragilidad debida a la salinización.



**Figura 14.** Limitaciones actuales para el uso agrícola en Venezuela, y Zonas Frágiles en el país (Fuente: Rodriguez y Rey, 2003, tomado de Ovalles *et al*, 2005).



**Figura 15.** Mapa de uso actual agrícola en Venezuela (Fuente: Ovalles *et al*, 2005).

**Bajo esas condiciones inadecuadas, las actividades agrícolas: (a) incrementan sus costos; (b) disminuye su productividad, su efectividad o ambas; (c) incrementan el daño ambiental. Esta negativa situación se verá incrementada por el cambio climático.**

### 2.3.1. Características de los sistemas de producción agrícolas en el país.

La Tabla 11 muestra algunos datos básicos de la estructura del sector agrícola nacional para 1998, según el VI Censo Agrícola (Ovalles *et al*, 2005). En el país hay mucha superficie agrícola aún no aprovechada; Palmaven (1990, citado por Ovalles *et al*, 2005) 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.

**Tabla 11.** Características generales del sector agrícola nacional para 1998.

Número total de explotaciones: 500.979		Superficie total bajo aprovechamiento: 30.071.191,77 ha	
Tamaño (ha)	Número y % de explotaciones	Tipo de aprovechamiento agrícola	Superficie (ha) y % por aprovechamiento
< 5	240.470 (48,00 %)	Pasto y forrajes	17.140.579,31 (57,00 %)
5 – 10	75.297 (15,03 %)	Forestal	9.021.357,53 (30,00 %)
10 – 100	140.124 (27,97 %)	Cultivos de ciclo anual	1.323.132,44 (4,4 %)
> 100	45.088 (9,00 %)	Permanentes y Semipermanentes	962.278,14 (3,2 %)
Total	500.979 (100 %)	En descanso/preparadas para siembra	661.566,22 (2,2 %)

Se observa que casi la mitad de las explotaciones del país ocupan menos de 5 ha, lo cual en muchas regiones probablemente **no permite una adecuada relación costo-beneficio**, y también que **apenas el 4,4% de la superficie sembrada se dedica a cultivos anuales, que son los que garantizan la seguridad alimentaria.**

Del total nacional de superficie cultivada, 94,3% es agricultura de secano y 5,7% bajo riego (Ovalles *et al*, 2005); la mayoría del área regada incluye arroz, otros cereales, caña, hortalizas y frutales de piso bajo; la superficie regada de hortalizas y frutales de altura es mucho menor, pero representa la casi totalidad de la producción.

La Tabla 12 muestra los rendimientos nacionales de los rubros más importantes para la seguridad alimentaria. Los rendimientos mejoraron en los últimos 15 años, pero aún son bajos respecto a los potenciales y a los de otros países americanos. Para maíz y arroz se han usado variedades o híbridos de alto rendimiento, que se equiparan a los de Latinoamérica, pero aún así representan menos del 50% del potencial genético. La ganadería bovina continúa con su tradicional baja productividad (Ovalles *et al*, 2005).

En el país se han desarrollado un conjunto de sistemas de producción, la mayoría altamente dependientes del periodo lluvioso, en los que **predomina el monocultivo con poca diversidad genética, lo que conlleva alta vulnerabilidad a plagas y enfermedades**, y con **prácticas de manejo generalmente deficientes que contribuyen a la degradación y contaminación de suelos y aguas**. En ese sentido destacan los cultivos anuales mecanizados (cereales y oleaginosas), desarrollados en zonas planas de mediana a alta fertilidad.

**Tabla 12.** Características de los principales rubros nacionales. (Fuente: Ovalles *et al*, 2005).

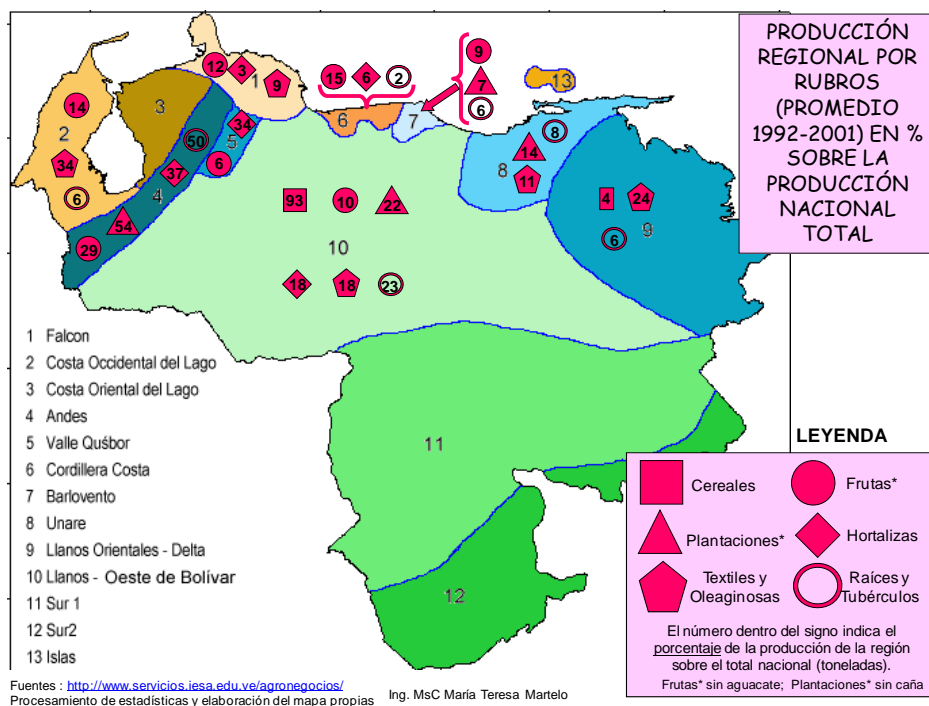
Rubro	Cultivo	Rendimiento nacional (Kg ha <sup>-1</sup> )	Nivel de alto rendimiento (Kg ha <sup>-1</sup> )	Observaciones
Cereales	Maíz	3.351	9.998	El rendimiento nacional es < 50% del potencial genético experimental. Rendimiento de Centroamérica.
	Arroz	5.201	6.700	
	Palma Africana	12.500	21.864	
Textiles y Oleaginosas	Soya	3.163		Se han reducido los rendimientos y la superficie sembrada.
	Algodón, Girasol			
Raíces y Tubérculos	Apio	11.116		Rendimiento de Jamaica.
	Yuca	12.255	18.414	
Frutales	Papa	17.671		Rendimiento promedio de América Latina. El rendimiento nacional se redujo. Rendimiento promedio de América Latina. Debe llevarse a 14 %.
	Aguacate	7.920	9.422	
	Cambur	15.342	17.720	
	Cítricos	10.078	16.420	
Bovino 12 millones de cabezas	ordeño	< 9%		Debe llevarse a 2.000 kg por lactancia. Debe llevarse a 15 %. Debe disminuirse a 3 años o menos.
	leche	1.000 kg por lactancia		
	matadero	12 %		
	edad	4 años		

Para cereales, más del 90% del maíz se cultiva bajo secano, expuesto a períodos de déficit hídrico; el arroz por el contrario es casi todo regado, pero con mal manejo del agua, y uso intensivo de la tierra (más de 2 cosechas/año) y de agroquímicos, lo que está causando impacto ambiental. Para granos y leguminosas, los bajos rendimientos en arveja y caraota se deben a la siembra en épocas de alto riesgo de déficit hídrico y en terrenos marginales, al poco uso de semilla certificada y a manejo inapropiado. Para cultivos tropicales, café y el cacao aumentaron su rendimiento promedio cerca de

25% y la caña en 8,2%, pero aún son inferiores a los de otros países americanos. Para ganadería bovina hay 3 grandes sistemas de producción:

- El *extensivo* se ubica principalmente en sabanas con fuertes limitantes de clima y suelos para pastos, lo que se traduce en baja eficiencia productiva y reproductiva; asimismo, los productores son muy reacios a la inversión, incluyendo el manejo sanitario, lo que se traduce en alta mortalidad.
- El *doble propósito* produce más del 60% de la leche y más del 40% de la carne en el país, aunque tiene muy baja productividad, tiende a colonizar nuevas tierras, y es común la escasez de recursos en las fincas: muy pocas o inadecuadas instalaciones, animales de diferentes configuración y nivel productivo, pobres alimentación y manejo. En algunas áreas hay tendencia a mejorar el mestizaje y la alimentación (suplementar con concentrados y sales a las vacas de ordeño).
- El *intensivo* se ubica en los valles de zonas montañosas (ganadería de altura), y en algunas áreas de las regiones central, centro occidental y zuliana, con razas mas especializadas hacia leche o con mejoramiento productivo del doble propósito.

La Figura 16 resume cómo se distribuye la producción nacional por rubros en las regiones de precipitación definidas por Cárdenas *et al* (2003). Respecto a los pastos, el 55,5% del área total se concentra en Zulia, Falcón y Barinas.



**Figura 16.** Distribución de la producción de los principales rubros agrícolas por regiones climáticas de precipitación. (Fuente: elaboración M.Martelo, con base a Cárdenas *et al*, 2003).

### 2.3.2. Condiciones de las infraestructuras hidráulicas para agricultura.

En Venezuela el sector privado poseía cerca de dos tercios de la superficie regada. El CEPAL (1996, citado por CIDIAT, 2005) reporta que **la agricultura de riego en el país sufre, en general, de los siguientes problemas:**

- **subutilización y deterioro de la infraestructura física de los sistemas públicos;**
- **insuficiente organización de los usuarios;**
- **bajos niveles de producción y productividad.**

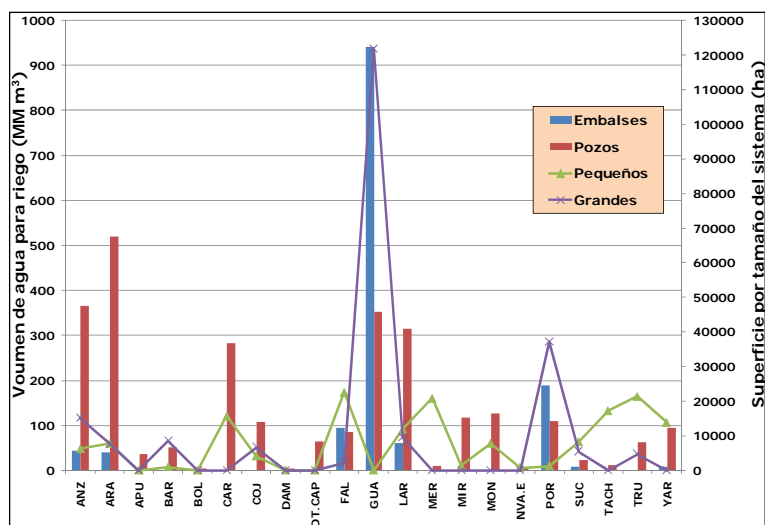
Hay excepciones, como los sistemas de riego privado en los valles altos de los Andes, donde los agricultores conforman "comités de riego" o "juntas de regantes". En el país hay 1.187 sistemas que irrigan 392.077 ha (Tabla 13); de ellos, 33 son grandes sistemas que irrigan 224.259 ha en Guárico, Anzoátegui, Lara y Aragua. Los pequeños sistemas irrigan 167.818 ha y la mayoría se ubica en los Andes. También se observa que **el volumen de agua proveniente de pozos es prácticamente el triple que el proveniente de embalses**, lo que señala una vez más las interconexiones de la vulnerabilidad de los sectores agrícola e hídrico. La Figura 17 relaciona por estado los tipos de sistemas de riego, la superficie regada y la fuente de agua de riego.

**Tabla 13.** Características de los sistemas de riego y las superficies bajo riego en Venezuela. (Fuente: elaboración propia, con base a informaciones varias recogidas en MARN, s/f).

Estado	N° de Sistemas de Riego	N° de Usuarios	Superficie de los Sistemas bajo Riego en has			Volumen de agua para riego (Millones de m <sup>3</sup> )	
			Pequeños	Grandes	Total	Embalses	Pozos
Anzoátegui	24	371	6212	15111	21323	43,536	366,0
Aragua	36	1746	7688	7700	15388	39,074	519,7
Apure	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	35,0
Barinas	3	787	1000	8600	9600	S/I	50,0
Bolívar	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I	3,1
Carabobo	42	406	15675	0	15675	S/I	282,0
Cojedes	12	723	4086	6675	10761	S/I	107,0
Delta Ama.	0	0	0	0	0	0	4,4
Dtto. Capital	0	0	0	0	0	0	64,0
Falcón	8	562	22600	2255	24855	93,803	84,6
Guárico	10	1372	0	121721	121721	940,904	353,0
Lara	63	8421	11835	9425	21260	59,444	315,4
Mérida	288	9315	20843	0	20843	S/I	9,2
Miranda	3	108	1440	0	1440	S/I	116,0
Monagas	21	619	7795	0	7795	S/I	126,0
Nueva Esparta	4	150	760	0	760	S/I	5,1
Portuguesa	3	1636	1330	37100	38430	187,887	109,0
Sucre	14	1500	8272	5490	13762	7,996	22,0
Táchira	293	7432	17220	0	17220	S/I	11,5
Trujillo	316	8804	21379	4751	26130	S/I	63,0
Yaracuy	17	374	13814	0	13814	7,029	95,0
Zulia	30	542	5869	5431	11300	S/I	340,7
<b>Total</b>	<b>1187</b>	<b>44868</b>	<b>167818</b>	<b>224259</b>	<b>392077</b>	<b>1379,7</b>	<b>3081,7</b>

**NOTA:** S/I = sin información.





**Figura 17.** Volumen de agua para riego (Millones de m<sup>3</sup>) por embalses y pozos, y Superficie regada (ha) en sistemas de riego pequeños y grandes. (Fuente: elaboración M. Martelo con base a información de MARN, s/f).

Existen en Venezuela 109 embalses, 42 de los cuales incluyen el uso para riego, como se ve en la Tabla 14.

**Tabla 14.** Inventario nacional de embalses. (Fuente: MARN, s/f).

Embalses por estado	Embalse / (Uso Actual)
	<b>Leyenda Uso Actual: 1= Consumo humano; 2= Riego; 3= Hidroelectricidad; 4= Mitigación de Crecientes; 5= Piscícola; 6= Recreacional; 7= Industrial; 8= Control de sedimentos</b>
Anzoátegui (9)	El Andino / (2; 5) – El Cují / (1; 2) – Guacamayal / (1) – La Estancia / (1; 2) – Vista Alegre / (1; 2; 4) – Santa Clara / (1) – La Tigrita / (1) – La Tigra / (1) – La Sirena / (2)
Aragua (4)	Camatagua / (1; 2; 4; 6) – Suata / (2) – Taiguaiguay / (2) – Loma de Niquel / (7)
Bolívar (8)	Copapucito / (1; 2) – Guri / (3) – El Palmar / (1) – Macagua I / (3) – Macagua II / (3) – San Pedro / (1) – Puente Blanco / (1) – Caruachi / (3)
Barinas (1)	Masparro / (2; 4)
Carabobo (3)	Canoabo / (1) – Guataparó / (1) – Pao Cachinche / (1)
Cojedes (1)	Pao La Balsa / (1)
Dtto. Capital (4)	La Mariposa / (1) – Macarao I / (1) – Macarao II / (1) En Construcción – Petaquire / (1) Barrancas / (1) – Cayude / (1) – Chirache / (1) – Cruz Verde / (1) Fuera de servicio – El Cristo / (1) – El Isiro / (1) – El Mamito / (1) – Hueque III / (1) – Mapara / (1) – Maticora / (1; 2; 4) – Pedregal / (1) – Urucure / (1) En Construcción – Tocuyo de la costa / (1; 2; 4)
Falcón (13)	Coco e` Mono / (1) – El Cigarrón / (2; 4; 6) – El Corozo / (1) – El Guaical / (2; 4; 5) – El Médano / (1; 2; 4) – El Pueblito / (2; 4) – Guanapito / (1; 2; 4; 5; 6) – Guárico / (1; 2; 4; 6) – La Becerra / (1; 2) – Jabillal/Tucupido / (1) – Memo / (1) – Santa Rosa / (1) – Tamanaco / (1; 2; 4; 6) – Taparito / (2) – Tierra Blanca / (1) – Tiznados / (1; 2) – Vilchez / (1)
Lara (8)	Atarigua / (1; 2; 4; 6) – Dos Cerritos / (1; 2) – El Ermitaño / (2) – Los Quediches / (1; 4) – El Zamuro / (1) – Papelón / (2; 7) – Puricaure / (2) – Yacambú / (1; 2) En construcción
Monagas (1)	El Guamo / (1; 4; 5)
Miranda (9)	Agua Fría / (1) – El Guapo / (1) – La Pereza / (1) – Lagartijo / (1) – Ocumarito / (1) – Quebrada Seca / (1) – Cuira / (1) En construcción – Taguacita / (1) – Taguaza / (1)
Mérida (2)	Santo Domingo / (3) – Onia / (4; 8)
Nva. Esparta (5)	Guatamare / (1) – La Asunción / (1) – San Antonio / (1) – San Fco. de Macanao / (1) – San Juan Bautista / (1)
Portuguesa (4)	Bocono–Tucupido / (2; 3; 4; 6) – Las Majaguas / (2; 6) – Las Mercedes / (2) – Las Palmas / (2) En Construcción
Sucre (4)	Clavellinos / (1; 4; 6) – El Pilar / (1; 2) – Turimiquire / (1) – Borde Seco / (3)
Táchira (5)	La Honda / (3) – La Vueltoza / (3) – Las Cuevas / (3) – Camburito–Caparo / (3) – Agua Viva / (2)

Trujillo (1)	Cabuy / (2)
Yaracuy (3)	Cumaripa / (1; 2; 4) – Durute / (2) – Guaremal / (1)
Zulia (7)	Caño Cojoro / (1; 2) – El Diluvio / (1; 2) En Construcción – El Tablazo / (1) – Machango / (1; 4) – Pueblo Viejo / (1; 2) – Socuy / (1; 2; 4) – Tulé / (1; 2; 4)

En varias de las cuencas analizadas por el CIDIAT (2005) existen infraestructuras para riego. A continuación se describen algunas de sus características.

- El embalse Matícora se desarrolló para regar de 10.000 a 14.200 ha, dependiendo de la eficiencia del sistema al norte de Mene de Mauroa; es subutilizado.
- El embalse Ing. Enrique Jorge Aguerrevere (Agua Viva) está en el río Motatán a unos 30 Km al norte de Valera; la elevada tasa de sedimentación puede restringir el porcentaje de aprovechamiento. Existe un sistema de riego aguas abajo del embalse que no ha sido totalmente desarrollado.
- En el acuífero del río Motatán existen pozos saltantes entre los ríos Caús y Buena Vista, cerca del canal de La Vichú, y en las zonas aledañas a la localidad “3 de Febrero”; hay pozos con altos rendimientos, estando el nivel piezométrico entre 2 y 7 metros. La franja costera tiene menor permeabilidad, el nivel piezométrico se mantiene positivo, pero los pozos profundos dan poco rendimiento.
- El río Guárico alimenta a dos de los principales embalses del país, Camatagua y Guárico. El primero se diseñó para regar 12.000 ha y abastecer más del 50% del agua para Caracas y otras ciudades (El Sombrero, Camatagua, San Casimiro, San Sebastián y San Juan de Los Morros); su capacidad útil es de 1532,09 millones de m<sup>3</sup>. El embalse de Guárico tiene una capacidad útil de 1415,95 millones de m<sup>3</sup>; el consumo anual es de unos 800 millones de m<sup>3</sup> para el riego de 30.000 ha, básicamente arroz, y 10 millones de m<sup>3</sup> para uso humano de Calabozo. Ambos embalses son sumamente vulnerables a las sequías.
- La cuenca del río Tocuyo alimenta los embalses Dos Cerritos y Atarigua. Dos Cerritos sirve a uso urbano y como parte del sistema de riego Yacambú–Quibor. Atarigua fue planificado para uso urbano, tiene problemas de calidad de agua.

La Tabla 15 muestra las características promedio de los pozos en cada estado del país.

**Tabla 15.** Características promedio de los pozos a nivel nacional. (Fuente: MARN, s/f).

Estado	Profundidad Promedio de los pozos (m)	Nivel Promedio del agua (m)	Caudal (l/s)	Estado	Profundidad Promedio de los pozos (m)	Nivel Promedio del agua (m)	Caudal (l/s)
ANZ	72	19.5	15.5	APU	46	6.5	9.0
BAR	35	4.0	10.0	BOL	63	25.0	2.0
CAR	69	12.0	13.5	COJ	35	6.5	8.5
FAL	73	26.5	10.0	GUA	46	10.0	39.0
LAR	78	21.5	27.0	MER	43	4.0	36.0
MIR	56	12.5	8.5	MON	49	10.0	10.5
NV.ESP.	28	7.5	2.0	POR	48	5.0	16.0
SUC	44	11.0	12.5	TACH	31	6.0	19.0
TRU	54	11.0	10.5	YAR	65	16.5	15.0
ZUL	93	30.0	11.5				

La agricultura regada ocupa una superficie muy pequeña del total de tierras arables, pero a nivel mundial representa, con gran diferencia, la mayor proporción de uso del

agua (aproximadamente 65% respecto a un 21% para uso humano), de modo que **es extremadamente vulnerable a cualquier disminución en la disponibilidad hídrica, sea por cantidad o por calidad**. Sin embargo, en Venezuela ha ocurrido una inversión de esa tendencia en los últimos años, pasando de una relación (%) Uso Humano/Riego de 47,28% en 1998, a 137,24% en 2002; es decir, en 1998 el uso humano representó un poco menos de la mitad del agua usada para riego, mientras que en 2002 representó un 37% más (MARN, s/f).

El MINAMB señala que el área potencialmente regable se reduce al 50% anualmente debido, entre otras causas (MARN, s/f):

- al deterioro de los canales y obras anexas por escaso mantenimiento preventivo;
- a obras no terminadas y falta de reparaciones en los sistemas;
- a inadecuados métodos de irrigación, que ocasionan no sólo un uso ineficiente del agua, sino también problemas ambientales y económicos, entre ellos:
  - ✓ baja rentabilidad en los cultivos;
  - ✓ salinización, saturación y lixiviación del suelo;
  - ✓ contaminación del agua por uso excesivo e inadecuado de agroquímicos.

### 2.3.3. Distribución y Producción de los principales rubros.

Como ya se expuso, las actividades agrícolas se concentran fuertemente al norte del Orinoco, e incluso para varios cultivos una alta proporción de la producción nacional se concentra en unos pocos municipios. **En muchos casos, las áreas actualmente ocupadas por ciertos cultivos no son las más adecuadas desde el punto de vista climático y/o de conservación de tierras**. Esta situación responde a dinámicas socio-económicas desarrolladas a lo largo del siglo XX, y es uno de los factores que influyen en la baja productividad de dichos rubros agrícolas.

Los productos agrícolas básicos para la economía nacional son los cereales (fundamentalmente maíz y arroz), las hortalizas y, para la industria agroalimentaria, las oleaginosas y las frutas. Sin embargo, los sistemas de producción que ocupan más superficie son la ganadería extensiva y la agricultura de subsistencia (conucos): la primera más de 4 millones de hectáreas, y la segunda unas 640.000 ha, en sus diferentes modalidades. Aunque el aporte al PIB de estos dos sistemas sea pequeño, desde el punto de vista social involucran a la seguridad alimentaria. Otro punto importante por sus implicaciones en las cadenas de la agroindustria y del mercado, son las diferencias regionales en la producción de un cultivo. Por ejemplo, la mayor producción de maíz se concentra en los Llanos Occidentales y Centrales, fuertemente mecanizada, con una cosecha al año, recogida generalmente entre finales de agosto y finales de septiembre. En los Llanos Orientales, con sistemas tecnológicos menos intensivos, la producción se extiende por muchos meses, contribuyendo a dotar a la agroindustria de materia prima de forma casi continua, aunque en pequeña escala.

En la Figura 18 se observa el comportamiento económico de la producción de los principales rubros entre 1984 y el año 2000 (Cárdenas *et al*, 2003). Los rubros con mayor valor son los Cereales, seguidos de Frutas y Plantaciones (café, cacao, caña y tabaco). Con una tendencia creciente en los años 90, los rubros Hortalizas y Textiles y

Oleaginosas son seguidos de cerca por las Raíces y Tubérculos. Los Granos Leguminosos presentan los menores valores. Se combinaron dos criterios, superficie sembrada y valor económico, que se muestran en la Figura 19, expresados ambos como porcentajes sobre los respectivos totales nacionales. La mayoría de los cultivos en cada rubro presenta estrecha relación entre área sembrada y valor económico.

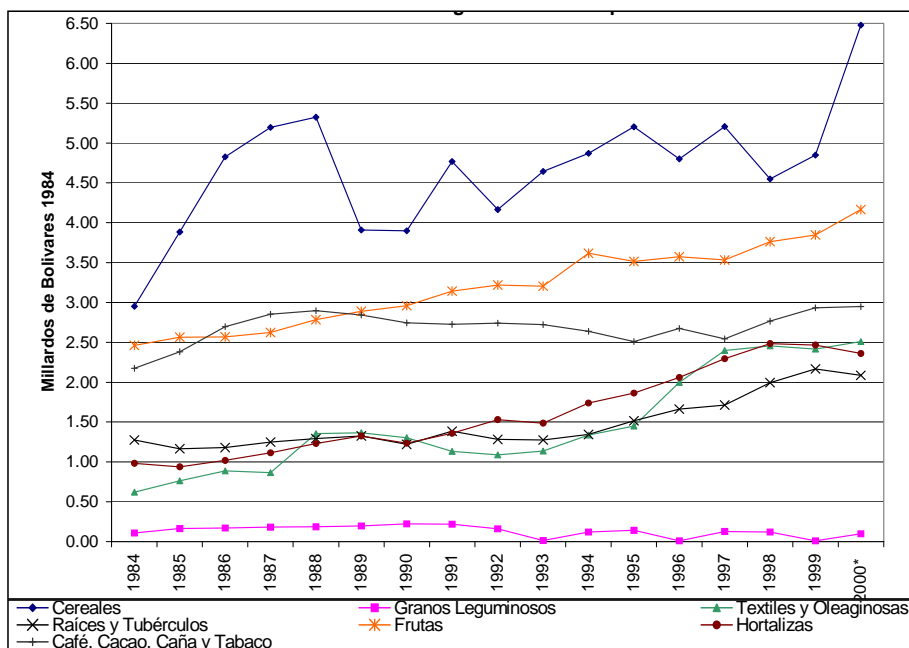


Figura 18. Valor de la producción agrícola nacional (Millardos de Bolívares equivalentes 1984).

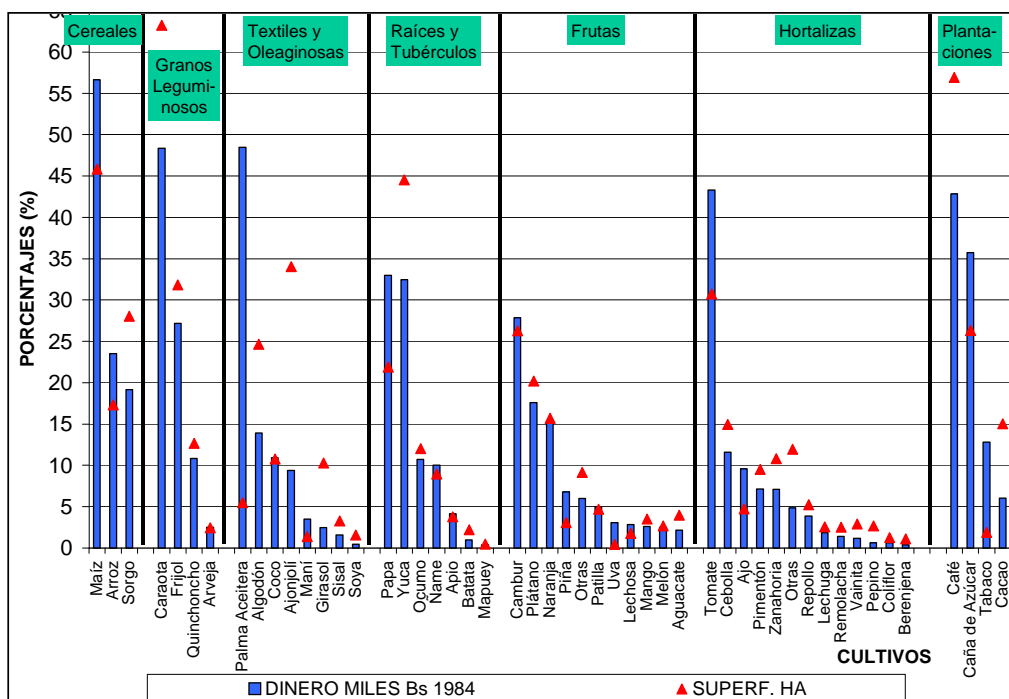


Figura 19. Contribución Porcentual de los cultivos por rubro a la superficie sembrada y valor económico (Valores promedio del periodo 1984-2000).

Hay cultivos muy eficientes económicamente, ya que una pequeña superficie genera un gran valor económico; la Palma Africana (rubro Textiles y Oleaginosas), para un 5% del área sembrada genera casi el 49% del valor económico total. En el rubro Plantaciones hay el ejemplo contrario: el café ocupa mucha más área que la caña, para generar sólo 8% más de valor económico; algo similar ocurre en Raíces y Tubérculos, entre la papa y la yuca. Sin embargo, no debería concluirse que son poco importantes: la yuca es básica para la seguridad agroalimentaria del país.

En la Tabla 16 se presentan los principales estados productores para cada rubro en el sector animal, en número de cabezas y valor económico; dichos estados no representan el 100% de la producción nacional, pero cubren más del 85% de la misma. En la Tabla 17 se presenta la misma información para cada cultivo en cada rubro; de nuevo, los estados señalados son los más importantes, seleccionados sobre los criterios de superficie sembrada, producción en toneladas y valor económico.

**Tabla 16.** Estados productores de los principales rubros agrícolas animales en Venezuela para el período 1992-2001. (Fuente: Cárdenas *et al*, 2003).

Rubro	Ama	Anz	Apu	Ara	Bar	Bol	Car	Coj	Del	DF	Fal	Gua
Aves		X		X			X	X				
Huevos		X		X			X	X				
Cerdos				X			X	X		X		
Bovinos			X		X	X						X
Queso		X			X						X	X

Rubro	Lar	Mer	Mir	Mon	NvE	Por	Suc	Tac	Tru	Var	Yar	Zul
Aves			X						X		X	X
Huevos	X		X	X		X						X
Cerdos			X									X
Bovinos								X				X
Queso	X							X	X			X

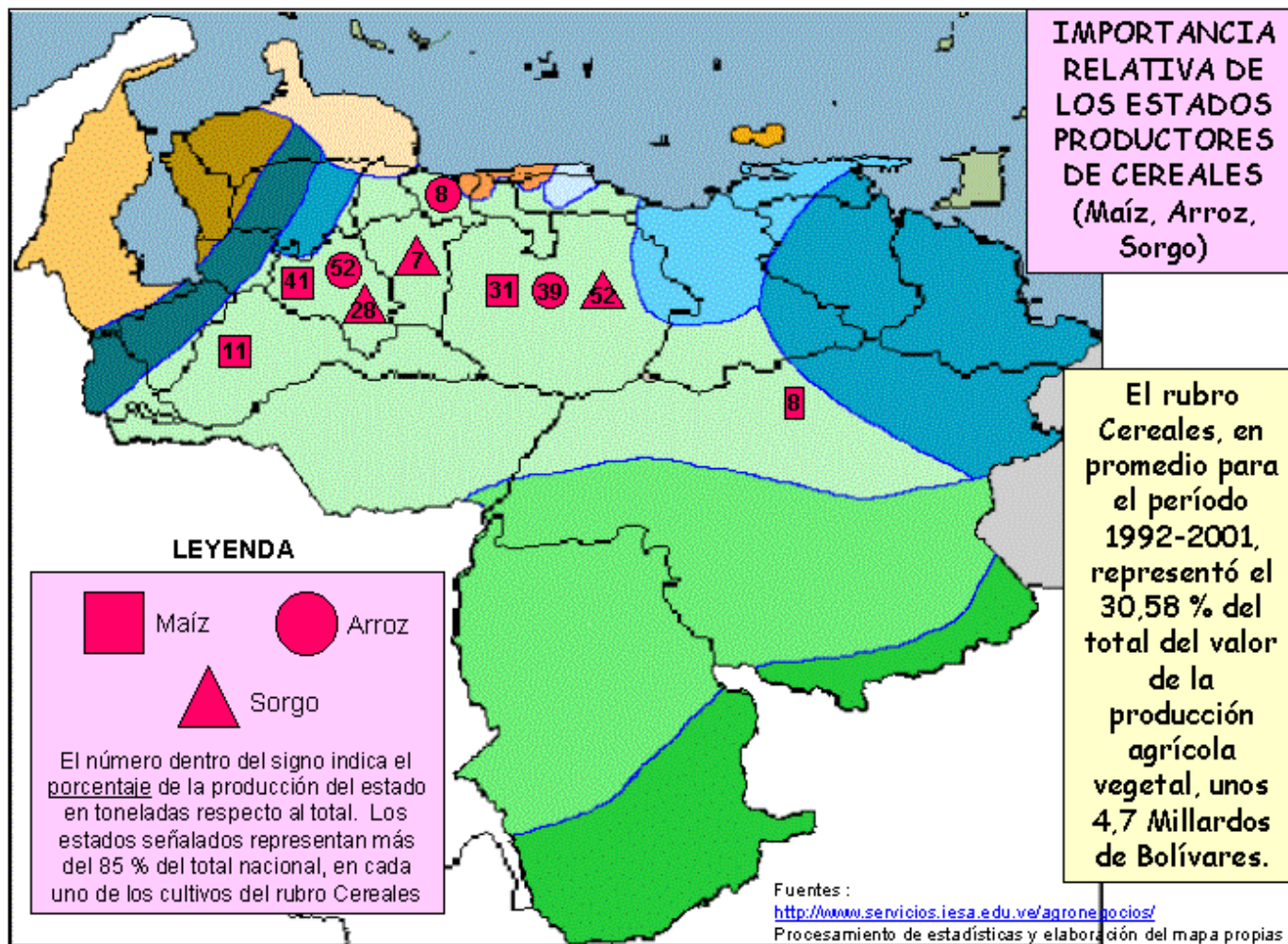
La producción animal intensiva de pollos y huevos se concentra fuertemente en los estados Aragua, Carabobo y Zulia, que representan el 69% de los huevos y el 73% de los pollos de engorde; con respecto a los cerdos, esos 3 estados más Miranda representan el 80% del rebaño porcino nacional. Los estados agrícolas por excelencia son Portuguesa y Guárico; ellos solos concentran el 72% de la producción nacional de maíz, 90% de la de arroz, 80% de la de sorgo, 53% de la de tabaco, 30% de la de caña de azúcar, 56% de la de algodón, 87% de la de ajonjolí, 64% de la de mango y 48% de la de tomate. La producción cerealícola es de agricultura mecanizada con grandes insumos en agroquímicos y semillas certificadas, y puede ser regada de modo complementario. En la zona se encuentran los principales sistemas de riego del país: Calabozo, Turén y Guanare–Masparro. Las Figuras 20 a 27, tomadas del trabajo de

Cárdenas *et al* (2003), muestran la distribución porcentual de producción por estado de los principales cultivos dentro de cada rubro, que son, obviamente, las zonas agrícolas vulnerables al cambio climático.

**Tabla 17.** Estados productores de los principales cultivos en Venezuela y Producción promedio (toneladas) para el periodo 1992-2001. (Fuente: Cárdenas *et al*, 2003).

Cultivo	Ama	Anz	Apu	Ara	Bar	Bol	Car	Coj	Del	DF	Fal	Gua	Lar	Mer	Mir	Mon	NvE	Por	Suc	Tac	Tru	Var	Yar	Zul	Producción
Arroz					X			X				X						X							163623
Maíz					X	X						X				X		X					X		145414
Sorgo				X	X			X				X	X					X							65287
Aguac.**				X			X			X					X	X			X				X		519
Lechosa				X	X							X			X					X	X		X	X	6918
Mango				X		X		X				X			X	X									11810
Melón					X						X	X	X					X						X	9188
Piña							X						X						X	X	X		X		24205
Naranja				X			X	X							X	X							X		65374
Cambur				X						X				X	X					X	X			X	79533
Plátano					X									X	X					X	X			X	75917
Café													X	X		X		X	X	X	X				9025
Cacao					X				X					X	X				X						2602
Caña**				X			X	X					X					X		X			X		995
Tabaco							X	X				X				X		X		X					1808
Cebolla							X				X	X	X							X	X				19593
Pimentón				X							X		X							X	X		X		7705
Tomate				X								X	X					X		X	X				23783
Zanah.				X						X				X		X				X	X				21084
Ajonjolí		X			X			X								X		X							3882
Algodón			X		X							X						X							5173
Coco									X		X								X				X	X	17479
Maní		X											X			X							X		600
Palma																X		X					X	X	61459
Papa				X									X	X						X	X				52450
Yuca		X	X		X	X		X							X	X								X	24661
Ñame		X				X	X	X							X				X				X		6554
LEYENDA :				CEREALES			FRUTAS			PLANTACIONES			HORTALIZAS			TEXTILES Y OLEAGINOSAS			RAICES Y TUBÉRCULOS						

NOTA : AGUACATE (AGUAC.\*\*\*) Y CAÑA DE AZÚCAR (CAÑA\*\*) EN MILES DE TON



**Figura 20.** Principales estados productores del rubro *cereales* según su porcentaje respecto a la producción total nacional 1984–2000.

Ing. MsC María Teresa Martelo



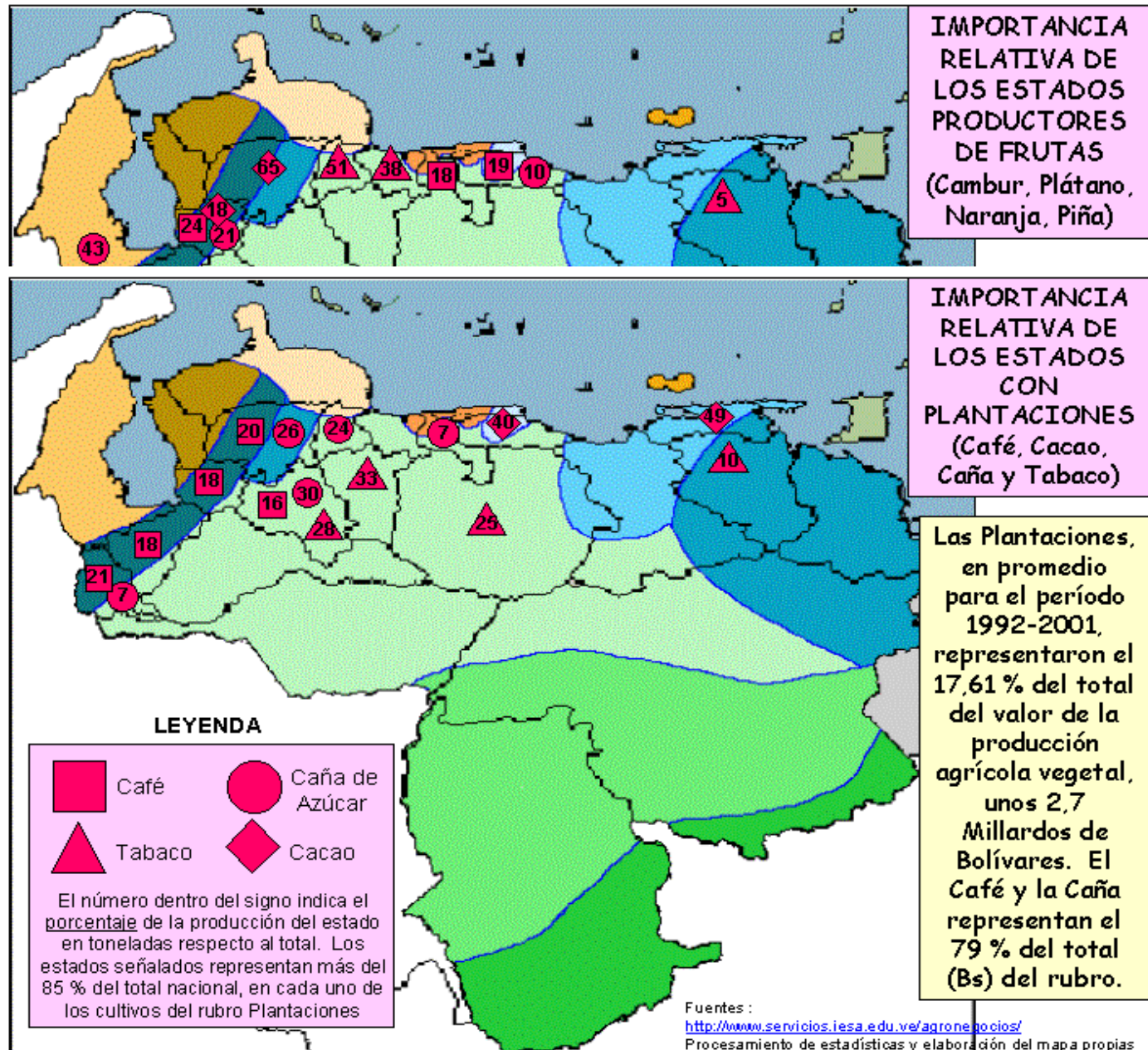
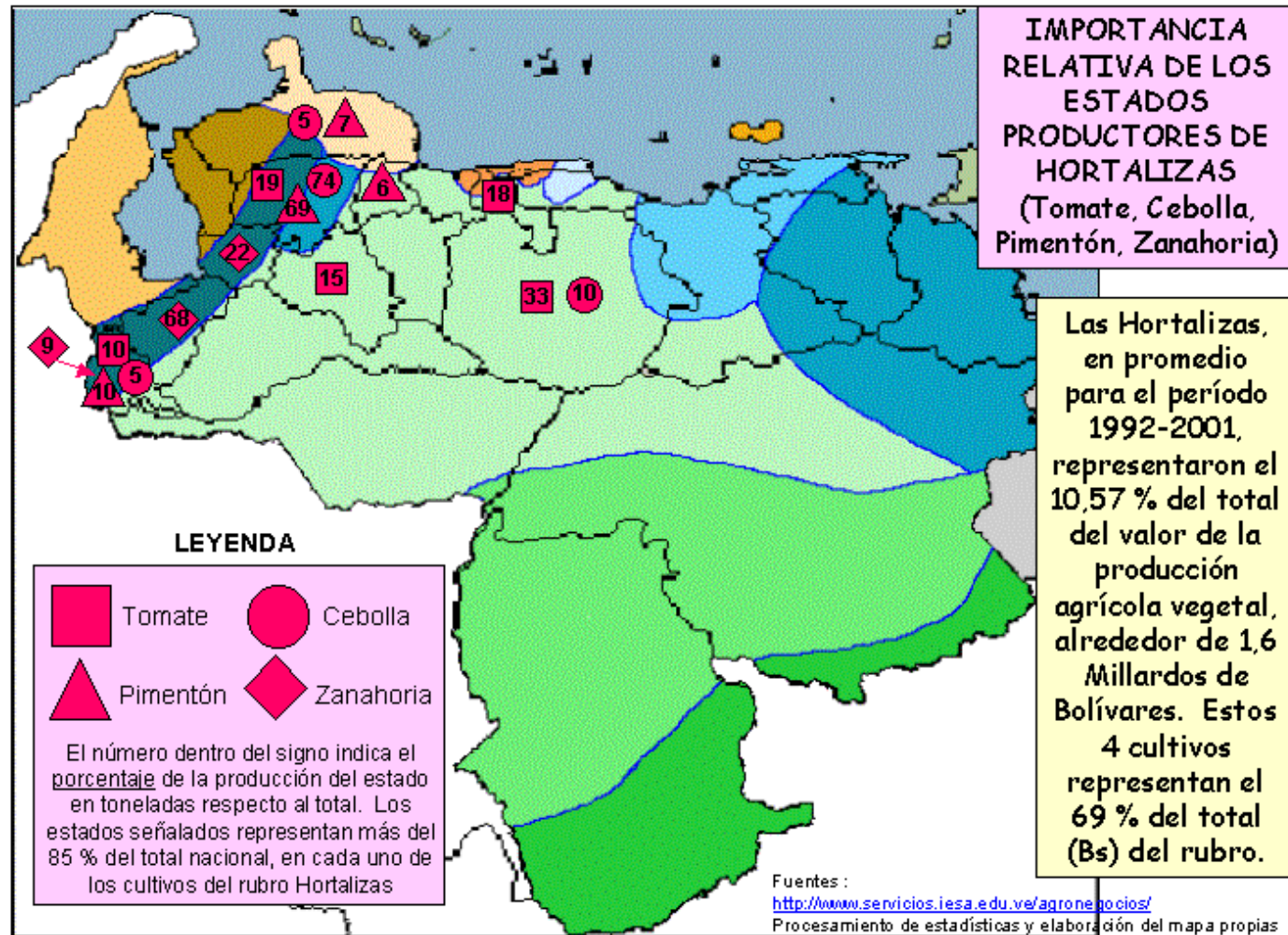


Figura 21. Principales estados productores del rubro *frutas* según su porcentaje respecto a la producción total nacional 1984–2000.

**Figura 22.** Principales estados productores del rubro *plantaciones* según su porcentaje respecto a la producción total nacional 1984–2000.



**Figura 23.** Principales estados productores del rubro *hortalizas* según su porcentaje respecto a la producción total nacional 1984–2000.

Ing. MSc María Teresa Martelo



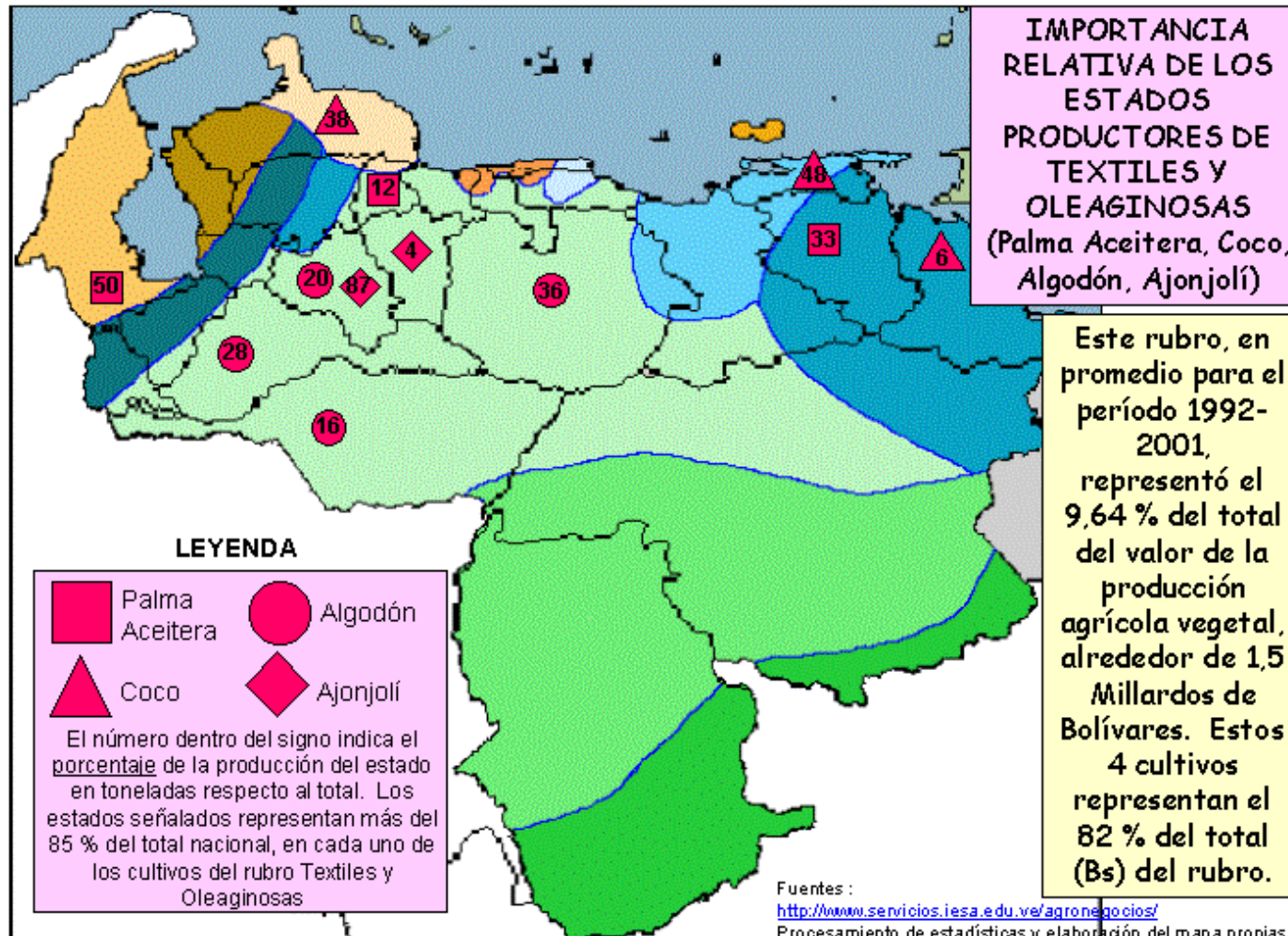


Figura 24. Principales estados productores del rubro textiles y oleaginosas según su porcentaje respecto a la producción total nacional 1984–2000.

Ing. MSc María Teresa Martelo

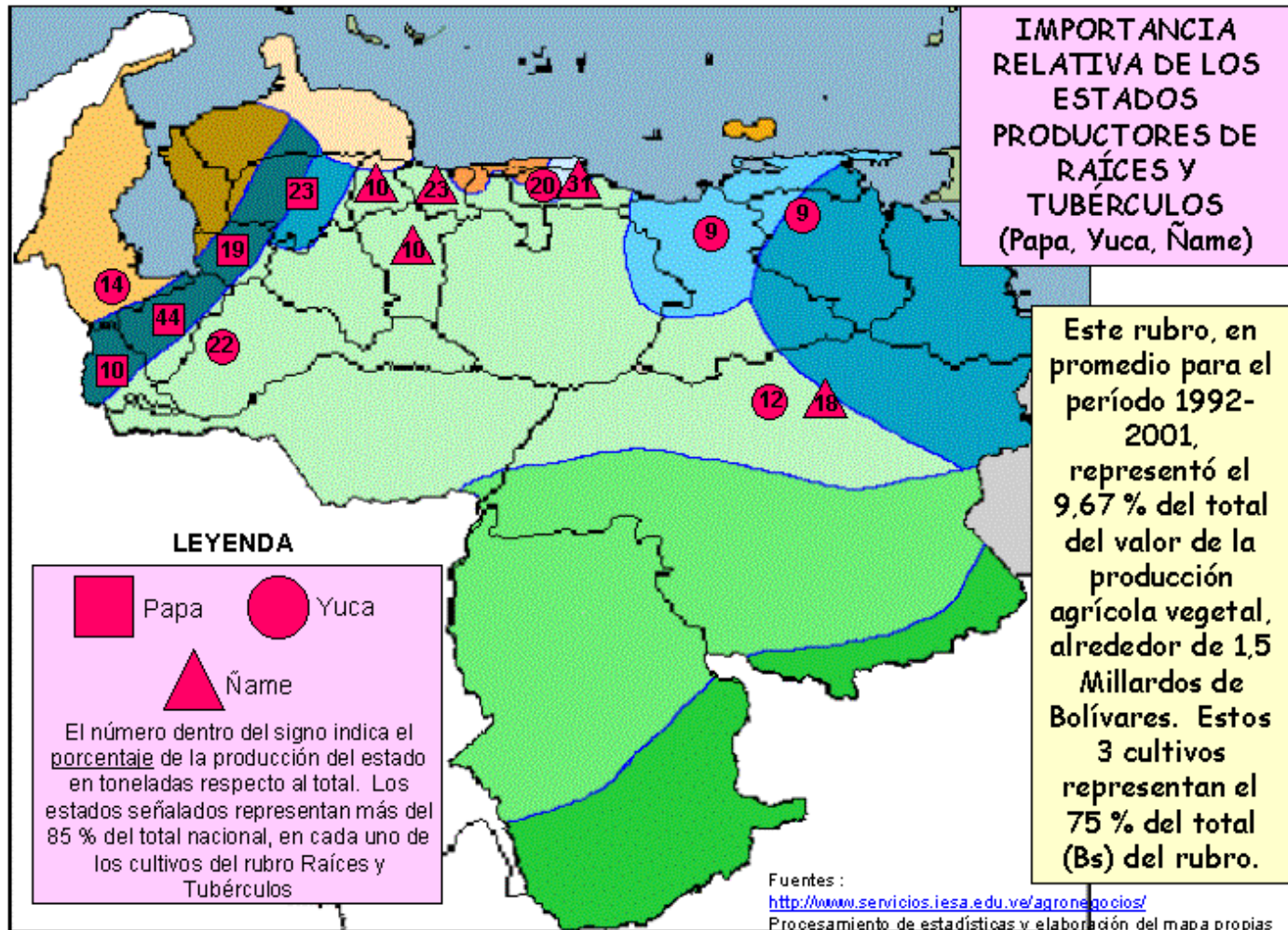


Figura 25. Principales estados productores del rubro raíces y tubérculos según su porcentaje respecto a la producción total nacional 1984–2000.

Ing. MSc María Teresa Martelo



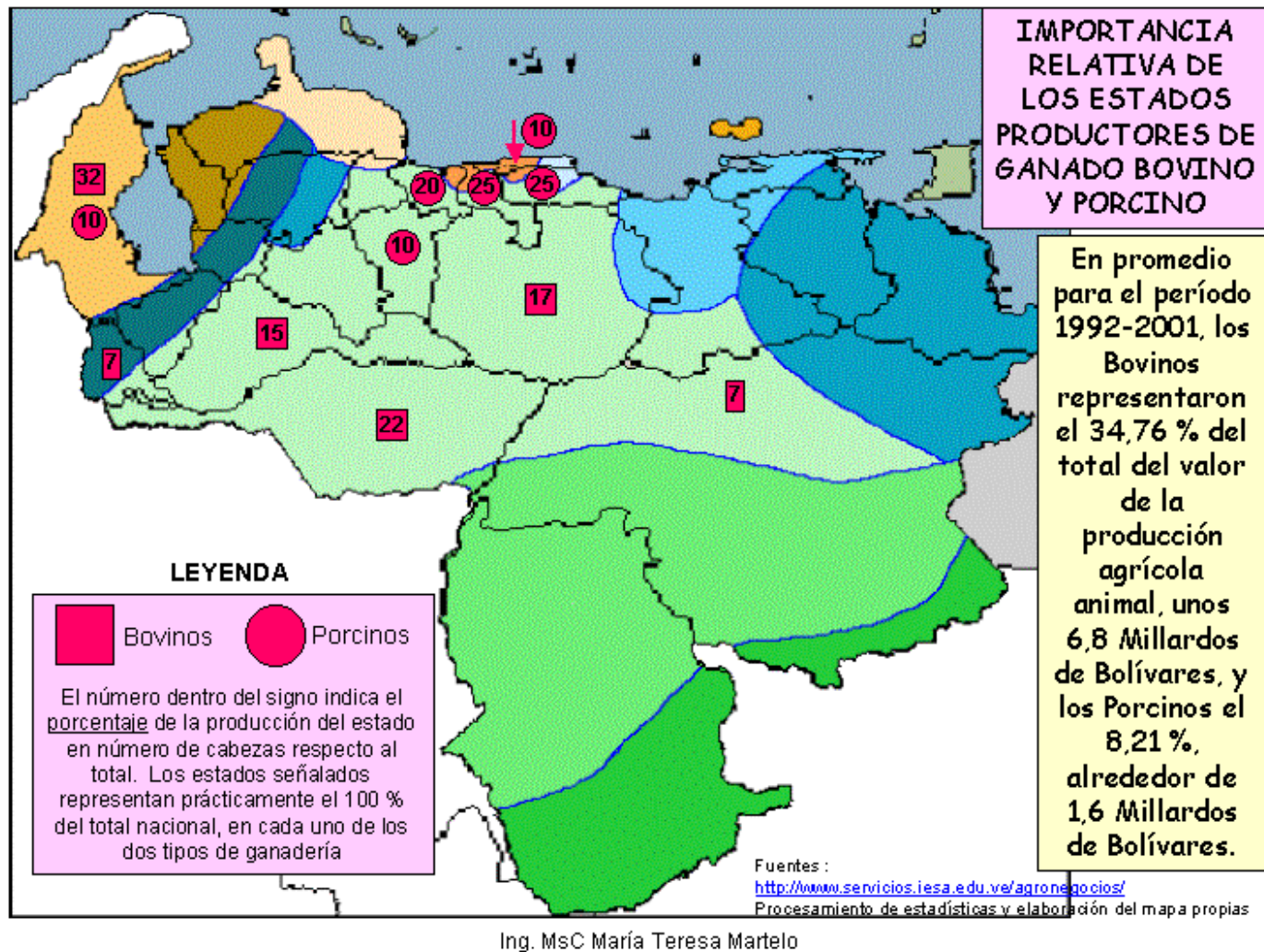


Figura 26. Principales estados productores de ganado bovino y porcino según su porcentaje respecto a la producción total nacional 1984-2000.

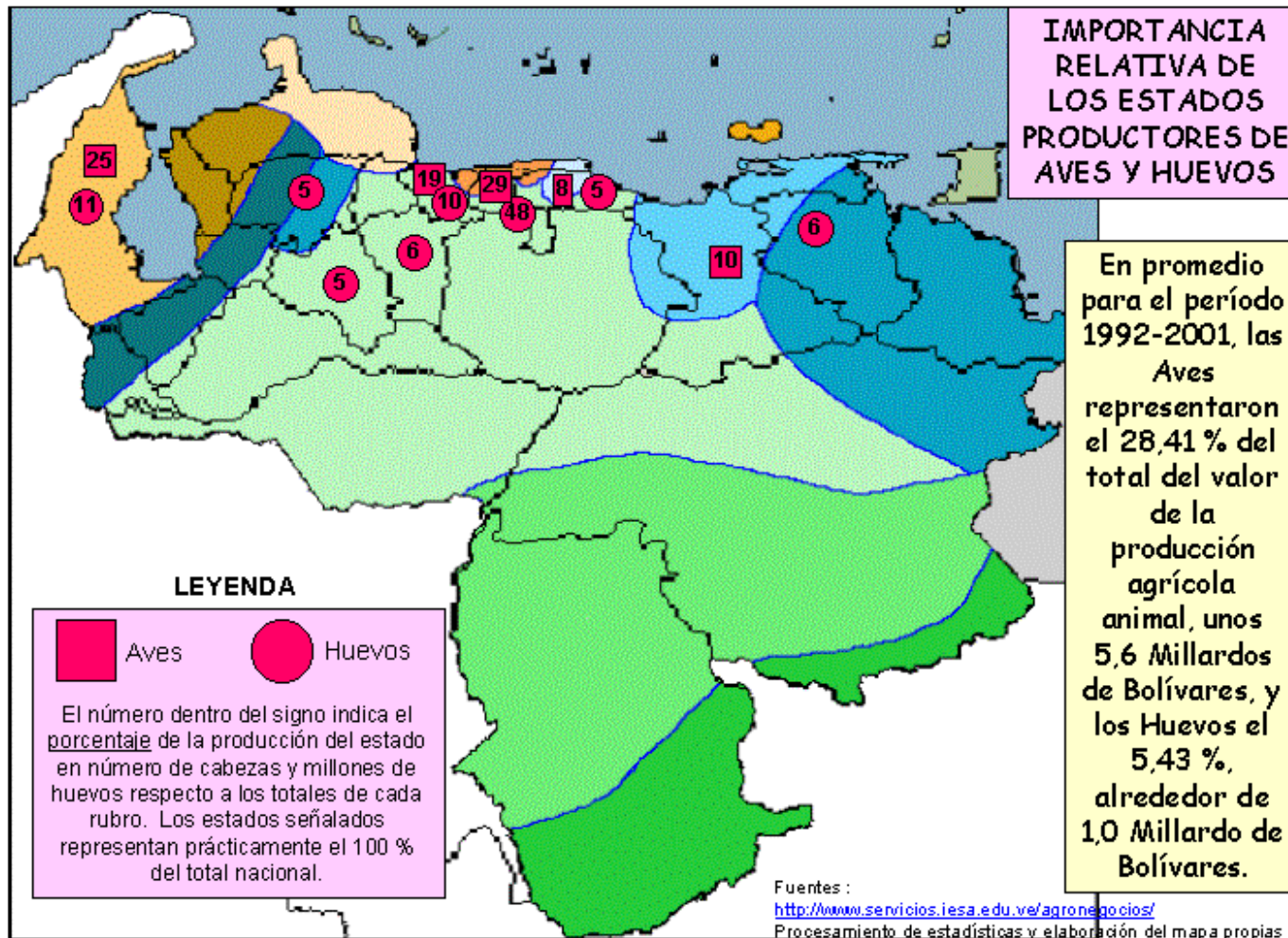


Figura 27. Principales estados productores de aves y huevos según su porcentaje respecto a la producción total nacional 1984–2000.

Ing. MSc María Teresa Martelo

Por su parte, el estado Lara es un caso particular que concentra una altísima proporción de la producción nacional de hortalizas (74% de la cebolla y 69% del pimentón), así como el 65% de la piña, en el rubro frutas. Asimismo, el estado Yaracuy concentra el 51% de la producción nacional de naranja, en el rubro frutas. Tanto la producción hortícola como la de frutas para consumo fresco y agroindustria tienen un alto valor económico.

***Los estados fundamentales para la producción actual de alimentos básicos (cereales, aves y cerdos) son seis: Aragua, Carabobo, Miranda, Zulia, Guárico y Portuguesa.*** Adicionalmente allí se produce una proporción importante de frutales (53% del plátano, 37% del cambur, 38% de las naranjas). ***Los principales productores de fruta para agroindustria (piña y naranja) son Lara y Yaracuy.***

### 3. Escenarios climáticos futuros e impactos plausibles en el sector agrícola.

Esta sección aborda algunos conceptos fundamentales para trabajar en cambio climático, describe los cambios plausibles en la temperatura y la precipitación, así como los posibles impactos en algunas cuencas de importancia agrícola, en algunas de las características agroclimáticas y en los sistemas de producción agrícola del país. Los escenarios y modelos utilizados son los de la Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático (MARN, 2005), que es hasta el momento el único documento público disponible.

#### 3.1. Consideraciones sobre el análisis del cambio climático.

La pregunta fundamental acerca del cambio climático es ¿cómo será el futuro? No hay forma de contestarla con absoluta seguridad, lo que introduce el concepto de **incertidumbre**. Ya que el problema deriva del incremento de gases de efecto invernadero (GEI), debemos tener algún modo de suponer una cantidad futura de GEI, lo que introduce el concepto de **escenarios**. Finalmente, debemos tener una herramienta para simular el clima futuro, que son los **modelos climáticos**. Es posible establecer algunos escenarios climáticos bajo los cuales se corren los modelos climáticos para obtener, considerando las incertidumbres, un abanico de los posibles comportamientos futuros de las variables temperatura y precipitación.

**Incertidumbres:** Son aspectos para los cuales no es posible, por el momento, cuantificar con niveles de probabilidad sus efectos sobre, e interrelaciones con, el cambio climático (IPCC, 2001). Son de 3 tipos: socioeconómicas y tecnológicas, incertidumbres físicas relativas al modelaje del Sistema Climático, y finalmente la *Sensibilidad Climática*, que puede entenderse como la "fuerza" de la respuesta del Sistema Climático a los cambios de origen antrópico; se caracteriza por 3 niveles.

**Escenarios:** Como es imposible predecir el futuro en el sentido meteorológico, es decir, con mínima incertidumbre, el cambio climático se estudia a través de Escenarios, que son (IPCC, 2001): "una descripción plausible, coherente e internamente consistente, de un posible estado futuro del mundo". Se usan 3 tipos de escenarios:

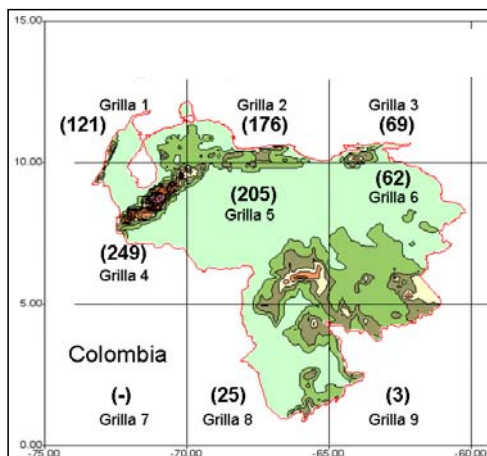
- Socioeconómicos: simulan la tasa de crecimiento de la población y la economía, nivel de uso de energía, tipos de energía utilizada, nivel de vida, estado de los mercados, estado político, avance tecnológico, etc.
- Emisión de Gases de Efecto Invernadero (EEGEI): simulan, con base a los Socioeconómicos, la cantidad y tipos de GEI emitidos, las concentraciones futuras de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, halocarbonos y sulfatos, y el forzamiento radiativo (W m<sup>-2</sup>) que estos elementos ejercerían sobre la atmósfera.
- Climáticos: usualmente se llaman "Optimista", "Intermedio" y "Pesimista", de acuerdo al grado del cambio esperable con base a los EEGEI y a uno de los tres niveles de la Sensibilidad Climática.

**Modelos Climáticos:** Usados para simular el comportamiento del Sistema Climático, se corren bajo un Escenario Climático determinado. Un modelo corrido bajo dos



escenarios simulará dos futuros diferentes, así como dos modelos corridos bajo el mismo escenario también indicarán dos futuros distintos. Pero **si varios modelos, corridos bajo diferentes escenarios, apuntan todos en la misma dirección, disminuye la incertidumbre**. A pesar de ser una herramienta tan avanzada, estos modelos tienen una gran limitación para el análisis de impactos por su gruesa resolución espacial. El MAGICC–SCENGEN, herramienta desarrollada para apoyar a los países en desarrollo por la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático, a través de la Universidad de East Anglia (UK), usa grillas de unos 500 km de lado. La Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático (MARN, 2005), usó la siguiente combinación de Escenarios, Sensitividad Climática y Modelos Climáticos:

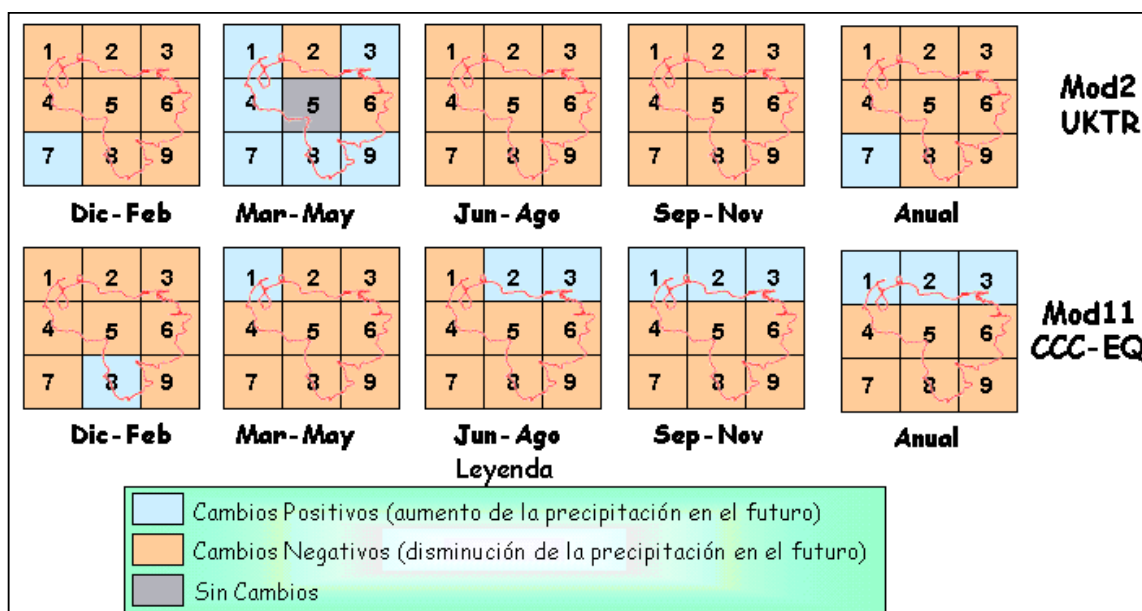
- Modelos Climáticos: **UKTR** (United Kingdom Meteorological Office), y **CCC–EQ** (Canadian Center for Climate Modelling and Analysis), ambos en el MAGICC–SCENGEN, cuyas grillas sobre el país se muestran en la Figura 28.
- Escenarios de Emisiones de Gases de Invernadero: SRES–A2 y SRES–B1. El primero describe un mundo muy heterogéneo: la población crece todo el siglo XXI, el desarrollo económico está poco globalizado, el crecimiento económico y el cambio tecnológico son lentos y fragmentados. El SRES–B1 describe un mundo más globalizado: la población es máxima a mitad del siglo XXI y luego desciende, hay un rápido cambio hacia una economía de servicios e información, y abundan tecnologías limpias y recurso–eficientes; el énfasis está en soluciones globales para la sostenibilidad económica, social y ambiental, incluyendo una mayor equidad.
- Escenarios Climáticos: (a) Optimista (SRES–B1, Sensitividad Climática Baja); (b) Intermedio (SRES–A2, Sensitividad Climática Media); (c) Pesimista (SRES–A2, Sensitividad Climática Alta). Todos los resultados presentados en la Comunicación Nacional se refieren al Escenario Climático Intermedio.
- Lapsos futuros: tres lapsos de 30 años cada uno, centrados respectivamente en 2020, 2040 y 2060.



**Figura 28.** Las grillas del MAGICC – SCENGEN en Venezuela. Los números entre paréntesis representan el número de estaciones con las cuales se analizó la bondad de ajuste de la línea base (1961–1990) del software respecto a la lluvia promedio medida a nivel nacional en el mismo lapso.

### 3.2. Cambios plausibles en temperatura, precipitación y eventos extremos.

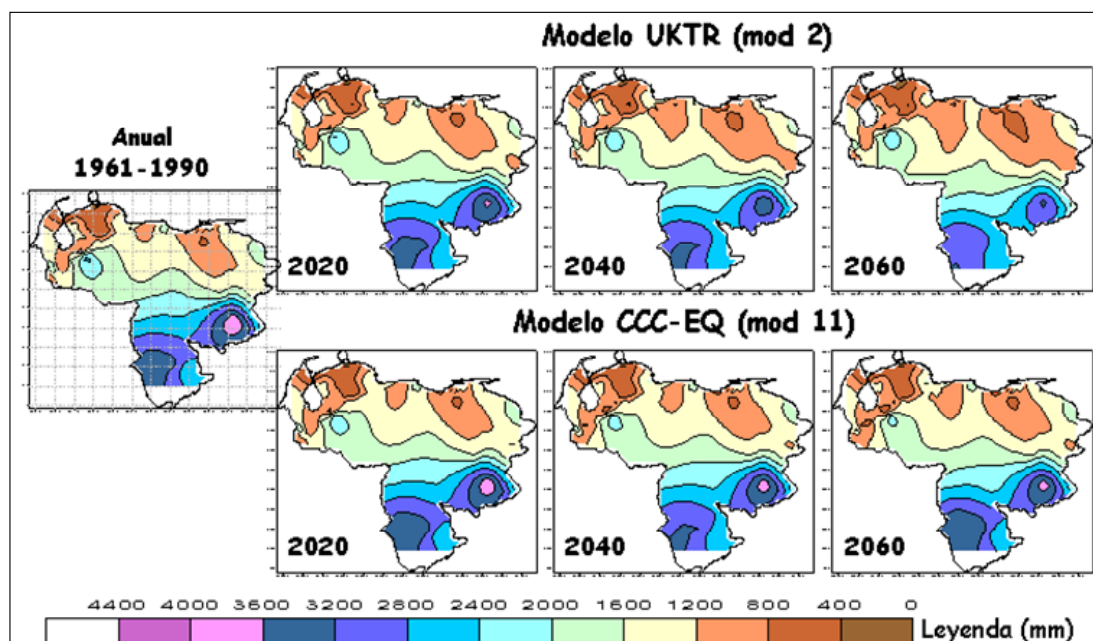
Los factores porcentuales de cambio de lluvia trimestral y anual se aplicaron a un grupo de 103 estaciones de lluvia, dependiendo en cuál grilla se encuentra. Con esos 103 valores se obtuvieron mapas de precipitación futura usando el software geoestadístico SURFER (Martelo, 2004), cuyas grillas son de unos 30 km (0,25°) de lado en lugar de los 500 km (5°) del SCENGEN. La Figura 29 muestra el signo de los cambios de la precipitación trimestral y anual por grilla. La precipitación según los dos modelos variaría de aproximadamente -5% en 2020 bajo el Escenario Climático Optimista hasta -25% en 2060 bajo el Escenario Climático Pesimista. Los cambios de temperatura van de aproximadamente +0,3°C en 2020 bajo el Escenario Optimista hasta +3,5°C en 2060 bajo el Escenario Pesimista. Aún no se puede decidir cuál modelo representa mejor el futuro, pero contar con al menos dos ayuda a definir estrategias de adaptación; donde los modelos coincidan hay más confianza en el tipo de medida a tomar, y donde difieran, las estrategias deberán ser más flexibles.



**Figura 29.** Representación esquemática del Signo de cambio (+ ó -) de la precipitación trimestral y anual futura en cada grilla del país, según los modelos UKTR y CCC-EQ. El signo es consistente para todos los EEGEI, los tres niveles de Sensitividad Climática y para cualquier grupo de 30 años incluido en el Siglo XXI.

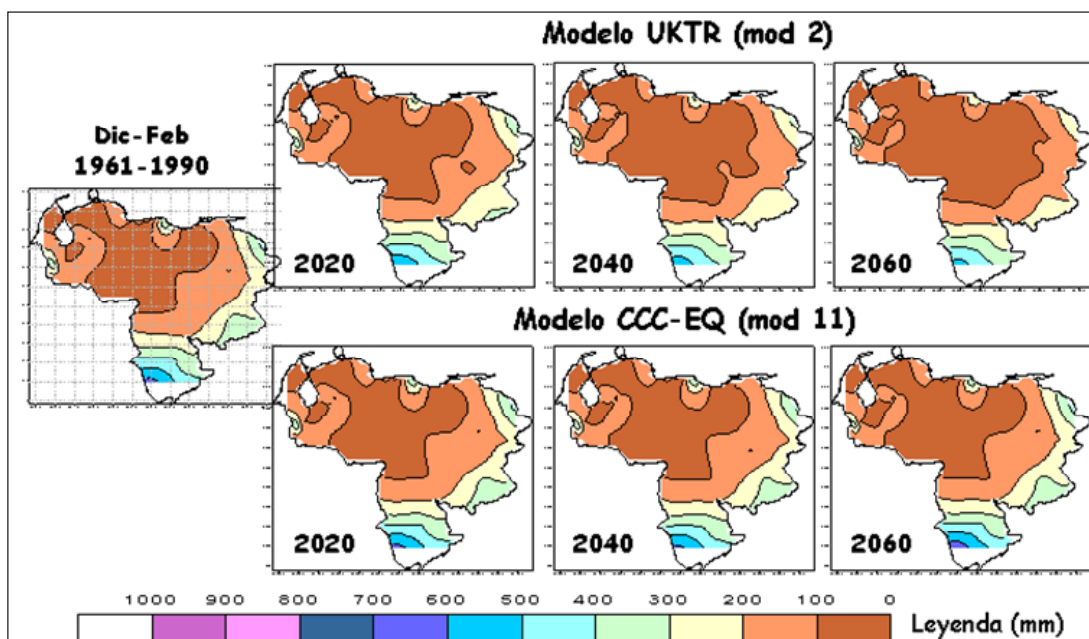
Los modelos presentan las mayores diferencias espaciales al norte (grillas 1, 2 y 3), simulando el UKTR un futuro más seco, y el CCC-EQ más lluvia en algunos trimestres. Las mayores diferencias temporales ocurren en el trimestre Marzo-Mayo: UKTR lo simula en general como lluvioso, y CCC-EQ en general como seco. **Ambos modelos señalan un futuro más seco de Junio a Febrero en la franja central del país, de los Andes a los Llanos Orientales y norte de Bolívar (grillas 4, 5 y 6), en el extremo sur de Bolívar (grilla 9) y extremo norte de Zulia (grilla 1).**

Las Figuras 30 a 34 muestran la lluvia actual y la simulada para los totales trimestral y anual. Para la zona norte–costera el UKTR señala un futuro muy preocupante, ya que pasaría a recibir menos de 1.200 mm/año, situación hoy día limitada a las zonas secas del país: norte de Zulia, las Depresiones Lara–Falcón y Lago de Valencia, la Cuenca de Unare y los páramos. El CCC–EQ, por el contrario, señala un ligero aumento de la lluvia en esa zona, pero simula mayores disminuciones de la lluvia al occidente del país. **Ambos modelos simulan menos lluvia al sur, lo que pudiera implicar un cambio severo en el ecosistema de selva tropical.**



**Figura 30.** Comparación entre la Precipitación Media Anual Actual (1961–1990) y la Precipitación Media Anual Futura bajo el Escenario Climático Intermedio (SRES–A2, Sensitividad Climática Media) según los modelos UKTR y CCC–EQ.

En el trimestre seco Dic–Feb la lluvia hoy es menor de 50 mm en casi todo el centro–norte del país, e incluso menor a 20 mm en los Llanos orientales. El UKTR simula una gran expansión del área con menos de 25 mm hacia la Cordillera de la Costa, el centro de Lara–Falcón y la Cuenca de Unare, lo que incluiría a gran parte de las cuencas que escurren hacia los embalses Guárico, Pao–Cachinche y el conjunto de embalses en los Llanos Orientales. Deben considerarse medidas de adaptación en cuanto al manejo de los embalses, ya que en la época seca se usa más agua para riego, pudiéndose presentar conflictos por el uso; la menor lluvia simulada también sugiere la necesidad de medidas de adaptación para enfrentar el mayor riesgo de incendios forestales.



**Figura 31.** Comparación entre la Precipitación Trimestral Media Dic–Feb Actual (1961–1990) y la Precipitación Media Anual Futura bajo el Escenario Climático Intermedio (SRES–A2, Sensitividad Climática Media) según los modelos UKTR y CCC–EQ.

El trimestre Marzo–Mayo corresponde a la entrada de aguas en la mayor parte del país; incluye Abril, el más variable de todos los meses del año (Martelo, 2002). Probablemente esta sea la explicación de porqué los modelos producen resultados tan diferentes: *grosso modo*, según el UKTR será un trimestre más lluvioso que hoy (excepto en la fachada oriental), y según el CCC–EQ, excepto en la costa occidental, será más seco. ***Ambos modelos simulan un ligero aumento de la lluvia en el extremo nor–occidental del país, y menos lluvia en la costa central, sur de los Llanos orientales, Cuenca de Unare y nor–centro del estado Bolívar, lo que implica una posible entrada más tardía de la época lluviosa en esas zonas.***

El trimestre Jun–Ago es el más lluvioso al sur, centro y oriente del país, pero en occidente, con patrón de lluvia bimodal, es un trimestre de disminución de la lluvia. ***Ambos modelos simulan menos lluvia en casi todo el país; la excepción es la costa central y oriental, donde el CCC–EQ señala un ligero aumento de la precipitación, no mayor al 7% en 2060.*** Menos lluvia en el trimestre más lluvioso del año puede cambiar zonas Subhúmedas Secas a Semiáridas, aumentando la superficie bajo riesgo de desertificación; para los embalses esta es la temporada de máximo escurrimiento, así sería la época de mayor impacto negativo en los mismos; también tendría impactos negativos en la agricultura, especialmente en Portuguesa y Guárico.

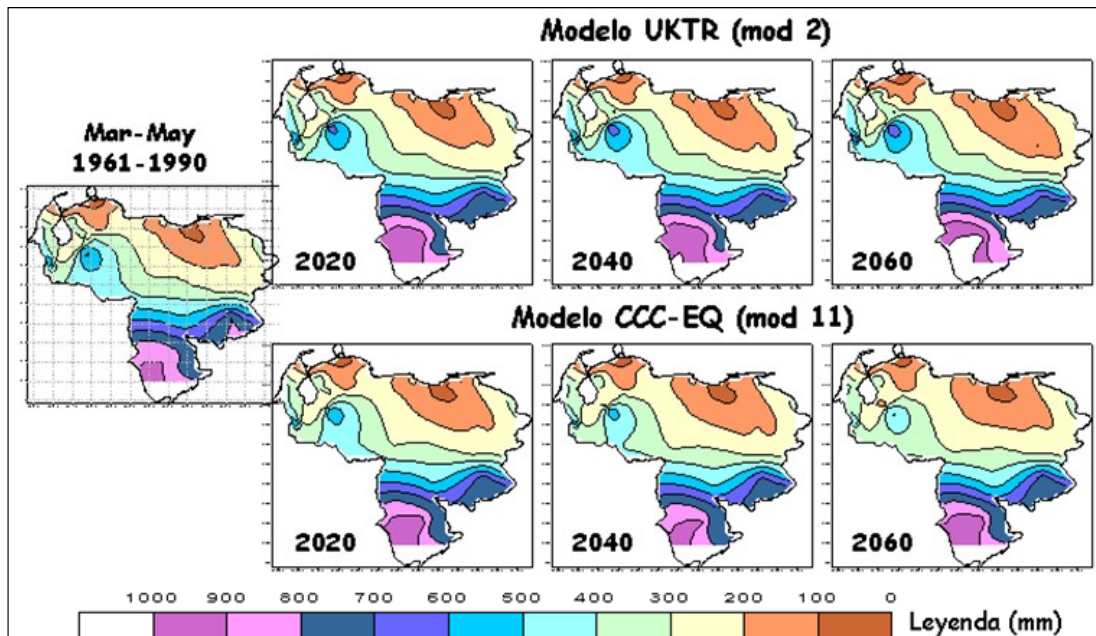


Figura 32. Comparación entre la Precipitación Trimestral Media Mar-May Actual (1961-1990) y la Precipitación Media Anual Futura bajo el Escenario Climático Intermedio (SRES-A2, Sensitividad Climática Media) según los modelos UKTR y CCC-EQ.

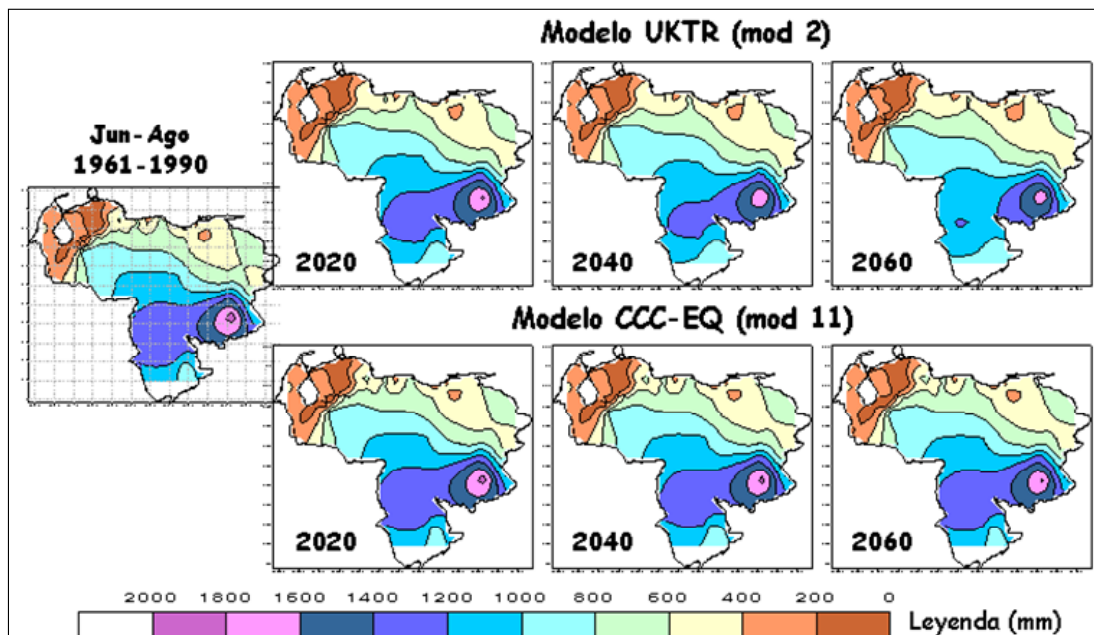
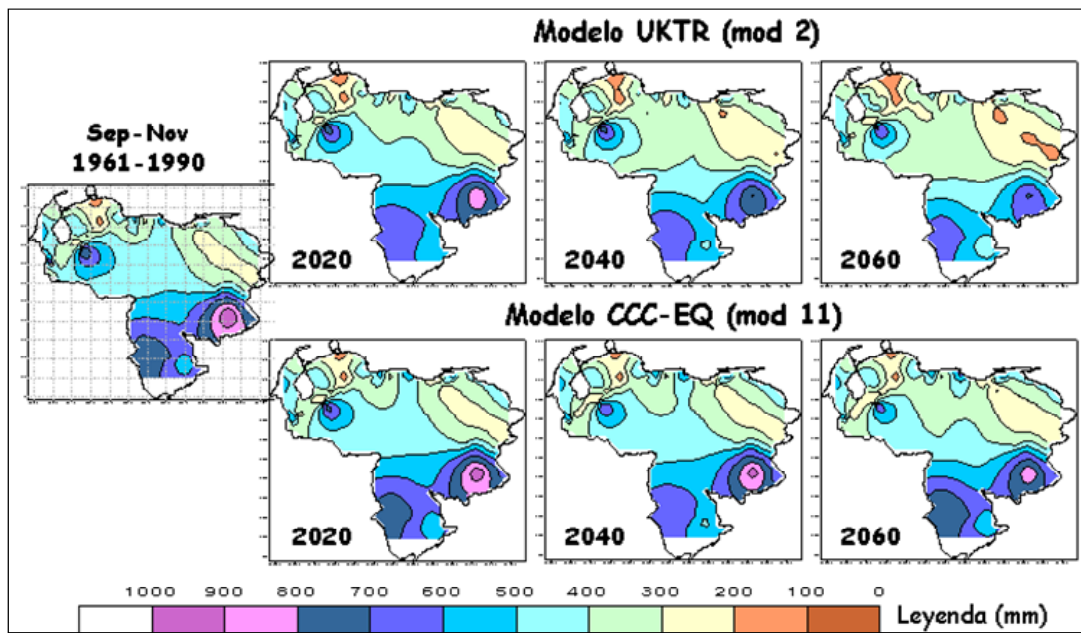


Figura 33. Comparación entre la Precipitación Trimestral Media Jun-Ago Actual (1961-1990) y la Precipitación Media Anual Futura bajo el Escenario Climático Intermedio (SRES-A2, Sensitividad Climática Media) según los modelos UKTR y CCC-EQ.



El trimestre Sep–Nov es la salida de aguas en el sur, centro y oriente del país, pero en el bimodal occidente es el segundo máximo de precipitación. **Ambos modelos simulan menos lluvia al occidente, centro y sur del país, pero difieren en cuanto al norte: el UKTR señala menos lluvia, y el CCC–EQ más lluvia.** Para occidente esta situación es muy grave, ya que el segundo pico de precipitación es el más que contribuye a la recarga de los embalses y del agua en el suelo. La mayor lluvia que simula para la costa central el CCC–EQ podría implicar mayores riesgos de deslizamientos e inundaciones repentinas, ya que llovería sobre terrenos en pendiente ya saturados de agua. Si a esto se añade el hecho de que la aceleración del ciclo hidrológico implica que con más frecuencia se presentarán lluvias muy intensas, el riesgo se ve incrementado aún más.



**Figura 34.** Comparación entre la Precipitación Trimestral Media Sep–Nov Actual (1961–1990) y la Precipitación Media Anual Futura bajo el Escenario Climático Intermedio (SRES–A2, Sensitividad Climática Media) según los modelos UKTR y CCC–EQ.

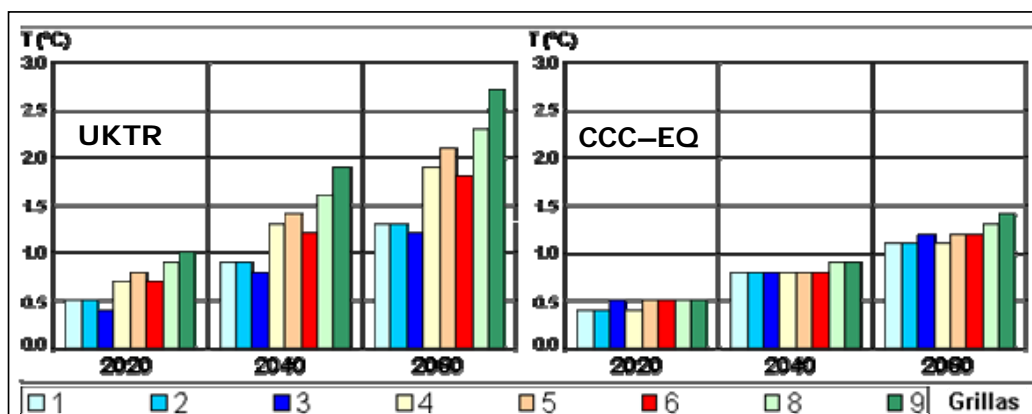
Con relación a las lluvias extremas, se sabe con certeza que la intensidad de la lluvia se está incrementando (IPCC, 2001), y son las altas intensidades las que tienen mayor capacidad para originar efectos adversos, aún si la cantidad total no es muy alta. Lisboa *et al* (2003) analizaron lluvias extremas diarias en tres series estadísticas: todas las lluvias extremas del año, las ocurridas en el bimestre ene–feb de la época seca, y las ocurridas en el bimestre jul–ago de la época lluviosa. Parece lógico que las lluvias más extremas ocurran en época lluviosa, pero no es así: sobre 17 estaciones analizadas el 41,2% mostró el comportamiento esperado, en el 47,1% las lluvias más extremas aparece en la serie total, indicando que los eventos extremos de precipitación pueden ocurrir en cualquier momento del año, y el 11,7% presentó las

lluvias más extremas en época seca. Usando la Distribución de Pareto para estimar valores extremos *para el período de retorno de 100 años*, se encontró:

- En los Llanos las mayores lluvias extremas ocurren en época lluviosa; en los Llanos Orientales son menores a 200 mm/día y de unos 350 mm/día en los Occidentales.
- En las zonas de muy baja precipitación anual (Margarita), las lluvias extremas son muy similares en las épocas seca y lluviosa, pero las máximas tienden a ocurrir en la época lluviosa; se alcanzan valores de casi 300 mm/día.
- En las zonas de muy alta precipitación anual (Barlovento y Delta del Orinoco), las lluvias extremas también son muy similares en época seca y lluviosa, pero las máximas están en la serie total, oscilando en valores de unos 200–250 mm/día.
- En algunos lugares de la Cordillera de la Costa y la zona transicional de Lara, las mayores lluvias extremas ocurren en época seca; en general los valores “altos” de lluvia en época seca no son muy altos, pero ocasionalmente ocurren eventos realmente muy extremos, de 150–250 mm/día, llegando a un valor extraordinario de casi 400 mm/día en la estación Sitio Oropeza, estado Miranda.

Para analizar si el cambio climático ha afectado las lluvias extremas, se dividieron las series en dos períodos, Antes y Después de 1975. Estos resultados son estadísticamente no significativos, dado el pequeño número de estaciones usadas, pero parecen señalar una tendencia al incremento de lluvias extremas en época lluviosa, mientras que las épocas secas han tendido a ser más secas que lo normal. Sin embargo, este patrón no es generalizable a todo el territorio nacional.

En el país la amplitud térmica anual es pequeña, no mayor de 3°C, así que la temperatura media anual es representativa de la de cualquier mes. En la Figura 35 se presentan los cambios en la temperatura media anual según los dos modelos, para cada grilla, y en la Tabla 18 las temperaturas actuales y futuras.



**Figura 35.** Cambios Absolutos (°C) de temperatura media para los períodos centrados en 2020, 2040 y 2060, según los modelos UKTR y CCC-EQ, bajo el Escenario Climático Intermedio, para cada una de las grillas de Venezuela.

Excepto en zonas de montaña como Colonia Tovar y Mérida, las temperaturas medias en el país son altas, como corresponde a nuestra latitud. En 14 de las 17 estaciones la temperatura media sobrepasa los 25°C, y en 4 incluso los 28°C (Maracaibo, Coro, Musinacio y Ciudad Bolívar). Según el UKTR para el 2060, 13 de las 17 estaciones tendrán una temperatura media mayor a 28°C, y 11 estaciones según el CCC-EQ.

**Tabla 18.** Temperatura Media Anual (°C) Actual (1961–1990) y Futura según los modelos UKTR y CCC-EQ, para 17 estaciones climáticas.

ESTACIÓN	SERIAL	ACTUAL 1961-90	GRILLA	MODELO UKTR			MODELO CCC-EQ		
				2020	2040	2060	2020	2040	2060
Maracaibo – Apto.	1015	28.7	1	29.2	29.6	30.0	29.1	29.5	29.8
Colonia Tovar	1435	16.5	2	17.0	17.4	17.8	16.9	17.3	17.6
Coro – Aeropuerto	232	28.9	2	29.4	29.8	30.2	29.3	29.7	30.0
Maracay – Apto.	466	25.5	2	26.0	26.4	26.8	25.9	26.3	26.6
Barcelona – Apto.	1773	27.3	3	27.7	28.1	28.5	27.8	28.1	28.5
Güiria	1928	27.0	3	27.4	27.8	28.2	27.5	27.8	28.2
Porlamar – Apto.	871	28.0	3	28.4	28.8	29.2	28.5	28.8	29.2
Mérida – Apto.	3047	20.0	4	20.7	21.3	21.9	20.4	20.8	21.1
San Antonio Táchira	4022	26.6	4	27.3	27.9	28.5	27.0	27.4	27.7
Biológica Los Llanos	3400**	28.1	5	28.9	29.5	30.2	28.6	28.9	29.3
Pto. Ayacucho	6424	27.8	5	28.6	29.2	29.9	28.3	28.6	29.0
Musinacio	4712**	28.1	6	28.8	29.3	29.9	28.6	28.9	29.3
Ciudad Bolívar	3882	28.5	6	29.2	29.7	30.3	29.0	29.3	29.7
Maturín – Apto.	2827	27.2	6	27.9	28.4	29.0	27.7	28.0	28.4
Tumeremo	4974	26.6	6	27.3	27.8	28.4	27.1	27.4	27.8
Sta. Bárbara Orinoco	9404**	27.7	8	28.6	29.3	30.0	28.2	28.6	29.0
Sta. Elena Uairén	7947	22.3	9	23.3	24.2	25.0	22.8	23.2	23.7

\*\* = Período actual 1970–1990

Aunque el aumento de temperatura en el país no es grande en el Escenario Climático Intermedio (para el 2060 estaría entre 1 y 2°C), **el problema es que ya hoy son altas, así que incluso pequeños incrementos pueden tener efectos severos en funciones biológicas (fotosíntesis, respiración) y físicas (difusión, evaporación), afectando a los seres vivos y a procesos como el movimiento de agua y nutrientes en el suelo o la capacidad de auto-depuración del agua.** La mayor temperatura mínima aumentará el gasto respiratorio, reduciendo la acumulación neta de materia seca (IPCC, 2007a), e influenciará negativamente a la productividad animal, por mayor estrés térmico.

Sobre las temperaturas extremas, Martelo (2004) encontró en el 74% de las estaciones usadas que según ambos modelos las temperatura promedio futuras serán mayores que el actual Percentil 90%, es decir que una temperatura tan alta que hoy día ocurre sólo en el 10% de los años será tan común que ocurrirá por lo menos en la mitad de los años, en muchas estaciones desde 2020, y en todas ellas desde 2040.

**Es muy probable que en el futuro se sobrepasen valores umbrales con efectos biológicos importantes;** por ejemplo, la fotosíntesis bruta disminuye si se sobrepasa



una temperatura óptima. Supóngase un cultivo cuyo umbral del óptimo fotosintético es 26°C, sembrado en un lugar con temperatura media actual de 25,5 °C y Percentil 90% de 26,3°C. En dicho lugar, hoy día sólo en el 10% de los años hay disminución de fotosíntesis, pero si la temperatura media futura es mayor que el Percentil 90%, por lo menos en la mitad de los años el sistema de producción agrícola puede fallar. ***Este punto amerita estudios con más detalle, ya que las implicaciones para el desarrollo sostenible del país son, quizá, incluso más graves que los cambios en el régimen hídrico.***

### 3.3. Cambios plausibles en algunas cuencas de importancia agrícola.

En un sistema hidrológico (cuenca), el cambio en el escurrimiento ante el cambio climático (cambio en la precipitación) puede hacer a las actividades en la cuenca más o menos vulnerables: por ejemplo, si aumentan los caudales mínimos disminuirían los períodos críticos, pero si aumentan los caudales máximos, aumentaría el riesgo de inundaciones. Dada la complejidad de las interacciones en una cuenca (hidrológicas, tipos de uso de la tierra, problemas de deforestación, entre otros), además de los problemas de escalas temporal y espacial, es muy difícil hacer un análisis de impacto hidrológico debido al cambio climático. El estudio del CIDIAT (2005) es uno de los escasísimos trabajos con este fin. Allí se calibró el modelo SIHIM del CIDIAT para 7 cuencas (Figura 36), cuyas características principales se muestran en la Tabla 19, así como para dos acuíferos importantes, el del río Motatán y el de Quibor.

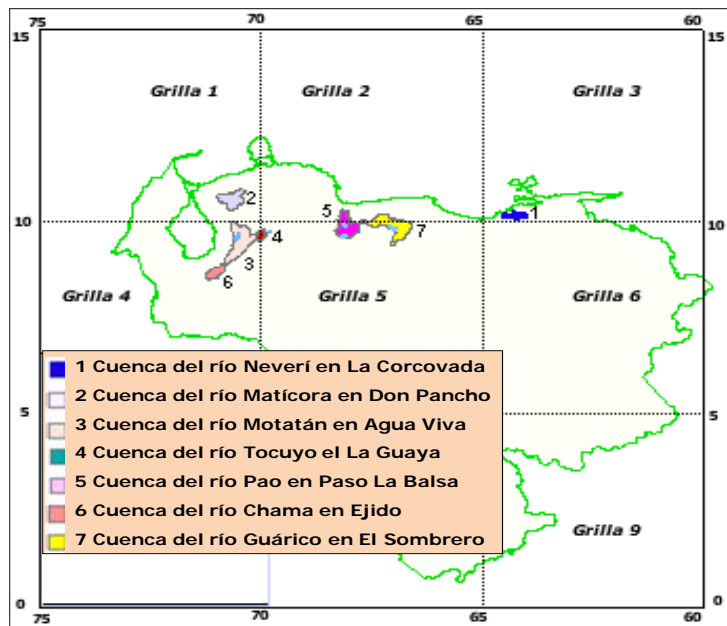


Figura 36. Ubicación relativa de las cuencas analizadas. (Fuente: CIDIAT, 2005).

Además de la lluvia, otro de los principales aspectos del ciclo hidrológico que puede variar con el cambio climático es la Evapotranspiración de Referencia (ET<sub>o</sub>), es decir, la cantidad que representa la salida de agua de un sistema, tal como la lluvia representa la entrada de agua. El CIDIAT (2005) calculó la razón de ET<sub>ofutura</sub>/ET<sub>oactual</sub>,

para cada modelo, cada período futuro considerado y cada uno de los doce meses del año, y los resultados muestran que **la ETo se incrementará, es decir, aumentará la demanda de agua de los cultivos, tanto de secano como de riego**. En la Tabla 20 se muestran los cambios en las 7 cuencas, con los efectos combinados de los cambios en la precipitación y en la ETo. El resaltado amarillo significa que hay una disminución significativa para un intervalo de confianza del 95%, mientras que el color verde indica un incremento significativo para ese mismo intervalo de confianza.

**Tabla 19.** Características de las cuencas y acuíferos analizados. (Fuente: CIDIAT, 2005).

Ríos y Acuíferos	Estación Hidrométrica	Área (km <sup>2</sup> )	% área / grilla MAGICC–SCENGEN	Estado	Caudal (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ) / Recarga (Millones m <sup>3</sup> )
R. Maticora	Don Pancho	2.457,3	100% / 1	Falcón	6,87 m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup>
R. Pao	Paso La Balsa	2.513,1	26,7% / 2 73,3% / 5	Cojedes	19,09 m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup>
R. Motatán	Agua Viva	4.454	100% / 4	Trujillo	30,87 m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup>
R. Neverí	La Corcovada	921	100% / 3	Anzoátegui	24,34 m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup>
R. Guárico	El Sombrero	4.000	31,5% / 2 68,5% / 5	Guárico	34,37 m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup>
R. Tocuyo	La Guaya	551,4	20,0% / 4 80,0% / 5	Lara / Falcón	8,37 m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup>
R. Chama	Ejido	1.085	100% / 4	Mérida	25,37 m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup>
Ac. Motatán	–	705		Zulia / Trujillo	22,319 Millones m <sup>3</sup>
Ac. Quíbor	–	973 (*)		Lara	23,659 Millones m <sup>3</sup>

**Nota:** (\*) La superficie del Valle de Quíbor es sólo 243 km<sup>2</sup>, el acuífero es mucho mayor.

**Tabla 20.** Caudal medio anual (m<sup>3</sup>/s) actual y futuro. (Fuente: CIDIAT, 2005).

Cuenca del río	Caudal Medio actual	CCC-EQ			UKTR		
		2020	2040	2060	2020	2040	2060
Maticora	6,87	6,97	7,13	7,32	5,94	5,42	4,91
Pao	19,09	17,82	17,05	16,26	16,25	14,55	12,88
Motatán	30,87	26,81	23,31	19,71	33,38	35,11	37,20
Guárico	24,34	22,88	22,03	21,14	20,58	18,33	16,06
Neverí	34,37	35,74	36,78	37,93	33,52	32,86	32,15
Tocuyo	8,37	7,73	7,25	6,73	8,00	7,73	7,46
Chama	25,37	23,18	21,54	19,81	26,09	26,74	27,50

Se notó que **pequeños cambios en la precipitación generan grandes cambios en el caudal** medio de los ríos. **Para las cuencas del Pao, el Guárico y el Tocuyo ambos modelos coinciden en señalar menores caudales a futuro, mientras que los modelos simulan futuros contradictorios para el Maticora, el Motatán, el Neverí y el Chama**. Ahora bien, los embalses Pao Cachinche y Pao La Balsa en el río Pao, Calabozo y Camatagua en el río Guárico, y Dos Cerritos y Atarigua en el río Tocuyo, significan parte del agua para Maracay, Caracas y Barquisimeto, además del riego de la principal zona arrocera del país, y parte de la zona cañera en el occidente.

Con respecto al impacto del cambio climático sobre las aguas subterráneas, en la Tabla 21 se muestran los escenarios para los dos acuíferos analizados. En el del río

Motatán, el comportamiento opuesto de los modelos se reproduce en las recargas del acuífero, y el cambio sobre el acuífero es mayor proporcionalmente que el cambio en la precipitación. **Para el de Quíbor ambos modelos coinciden en señalar una recarga menor para el futuro**, lo que hace al acuífero muy vulnerable, y deberían tomarse medidas urgentes de adaptación desde ya para tratar de salvaguardarlo.

**Tabla 21.** Variación de la recarga media anual Millones m<sup>3</sup>/año. (Fuente: CIDIAT, 2005).

	Acuífero Motatán		Acuífero Quíbor	
	CCC-EQ	UKTR	CCC-EQ	UKTR
<b>Período 61-90</b>	22,319	22,319	23,659	23,659
<b>2020</b>	19,582	24,111	21,705	20,439
<b>2040</b>	17,135	25,207	20,273	18,147
<b>2060</b>	14,520	26,327	18,827	15,939

Para mejorar la estimación del comportamiento futuro de los aspectos hidrológicos se requiere evaluar mejor el complejo papel de los cambios en los usos de la tierra, así como disponer de una adecuada red de medición de precipitación y escorrentía. En general, se estima que las variaciones de los caudales en los meses en los que ya hoy día se producen problemas, generarán sequías más duraderas y difíciles de controlar, haciendo más vulnerables a los ecosistemas y a las actividades socioeconómicas.

Con relación al impacto sobre las infraestructuras hidráulicas, **el rendimiento de un embalse y su operación cambiarán en algunas zonas del país, desmejorando los niveles de confiabilidad y/o el cumplimiento de los objetivos para los cuales se construyeron los embalses**. La disminución del caudal de agua disminuirá el nivel de calidad, aumentando el costo de tratamiento y/o inhabilitando su uso. Asimismo, **la variación en la recarga de los acuíferos asociada a sequías más frecuentes puede favorecer la sobreexplotación con posibles efectos a largo plazo**.

### 3.4. Cambios plausibles en los Períodos de Crecimiento y los Rendimientos.

La combinación de menos lluvia y más evaporación puede cambiar los tipos climáticos; se estima que el área bajo climas Áridos, Semiáridos y Subhúmedos Secos aumentará del 39% actual a un 47% a mediados del siglo XXI. En cuanto al número de meses húmedos, que determinan la época agrícola de secano, habrá una redistribución importante. El área no adecuada para cultivos sin riego (menos de 4 meses húmedos) representa hoy cerca del 10% del territorio, para el año 2060 los modelos simulan que ocupará del 15% al 17% del país y la superficie con 6–8 meses húmedos disminuirá de 50%, hoy día, a alrededor de 36% en el 2060.

El UKTR simula un gran incremento del área con menos de 2 meses húmedos en Cuenca de Unare y costa centro–oriental. El CCC–EQ simula la extensión de la zona con menos de 4 meses húmedos a la totalidad de los Andes, incluyendo grandes áreas

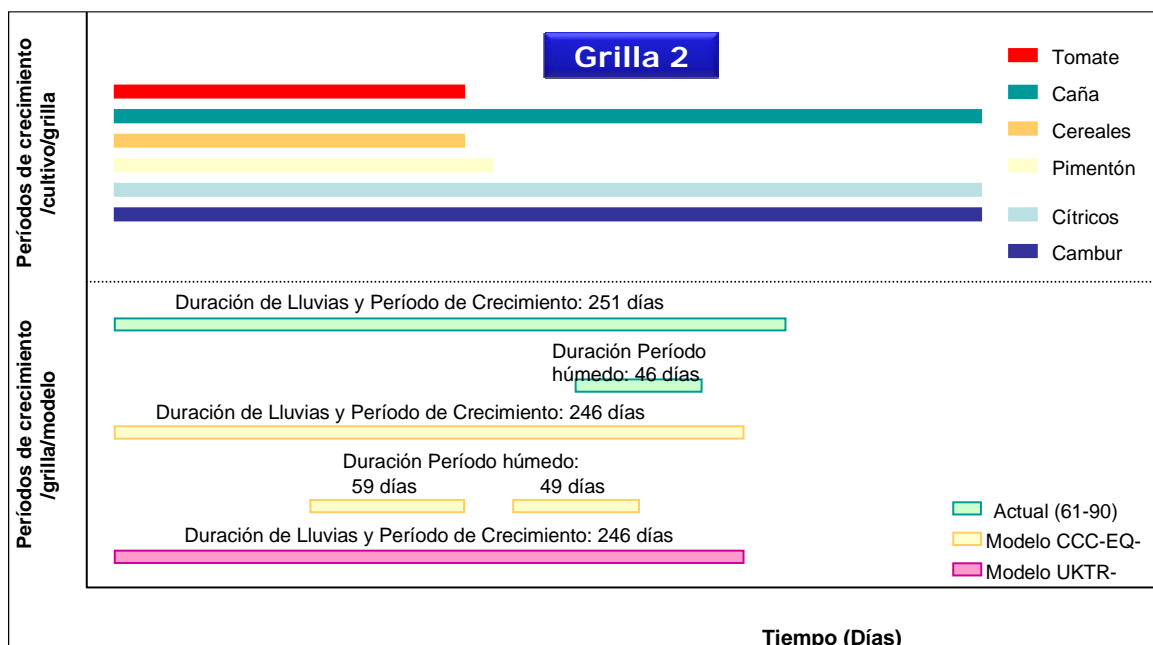
con menos de 2 meses húmedos. **Ambos modelos disminuyen significativamente el área húmeda de Barlovento e incrementan la superficie en la Depresión del Lago de Valencia con menos de 4 meses húmedos al año.**

Con relación al agua disponible (precipitación – evaporación), el UKTR simula fuertes reducciones en las fachadas oriental y sur del país, y afecta relativamente menos al nor–occidente. **Ambos modelos simulan la cuenca alta del Caroní como el lugar con mayor disminución de agua disponible.** Por su parte, CCC–EQ señala fuertes reducciones en la fachada occidental del país. **Aunque el CCC–EQ simula para el norte del país un futuro más lluvioso, sin embargo, al igual que el UKTR, simula menor cantidad de agua disponible.** La causa de esta aparente contradicción está en el aumento de los valores de evaporación.

No existe en el país información futura comparable a la mostrada en la sección 2.2.1, en el conjunto de Figuras 5 a 8; Ovalles *et al* (2005) calcularon para cada grilla del MAGICC–SCENGEN la duración *promedio* de los Períodos de Crecimiento y Húmedo. La Figura 37 muestra un ejemplo para grilla 2. Según ambos modelos en todas las grillas disminuye el Período de Crecimiento, excepto en grilla 4 según el UKTR. Para el Período Húmedo hay más incertidumbre: disminuye según ambos modelos en las grillas 2, 5 y 6, pero en grilla 4 aumenta según CCC–EQ, y desaparece según UKTR.

**En general, se observó para las diferentes grillas que los cambios en las duraciones de ambos períodos no afectarían significativamente a los cultivos de ciclo corto, pero sí a los de ciclo largo.**

Con relación a los rendimientos, Puche *et al* (2005), utilizando los modelos agrícolas DSSAT, simularon rendimientos para los cultivos maíz, arroz y caraota en 4 áreas agrícolas importantes del país, como se muestra en la Tabla 22. Un resultado muy significativo es que el cultivo caraota se simuló bajo riego, es decir, la reducción en el rendimiento no puede ser achacada al déficit hídrico. Los autores especulan que una de las posibles causas es que se sobrepasa el umbral asignado del óptimo fotosintético (que fue de 26 °C), de modo que disminuye la fotosíntesis bruta. Las reducciones en el caso del maíz y arroz están en el orden de 6% a 12%, siendo mayores para la caraota. Los autores concluyeron que el aumento de la temperatura mínima parece ser el factor principal en las reducciones de los rendimientos, mientras que la variación de la precipitación, y otras variables asociadas al balance hídrico, afectarían en poca medida el rendimiento de los cultivos evaluados.



**Figura 37.** Cambios en la duración promedio de los Períodos de Crecimiento y Húmedo en la grilla 2, y ciclo vegetativo de los principales cultivos en el área. (Fuente: Ovalles *et al*, 2005).

**Tabla 22.** Rendimientos actuales y futuros ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) y cambio porcentual respecto al actual, para cuatro localidades agrícolas del país. (Fuente: modificado de Puche *et al*, 2005).

Rendimientos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) y cambio en %	ACTUAL			UKTR 2060			CCC-EQ 2060		
	Maíz	Caraota	Arroz	Maíz	Caraota	Arroz	Maíz	Caraota	Arroz
Turén	4609	-	11296	4078	-	9962	4199	-	10286
				11,5%	-	11,8%	-8,9%	-	-8,9%
Calabozo	4894	-	11316	4307	-	10262	4433	-	10455
				12,0%	-	-9,3%	-9,4%	-	-7,6%
Santa Cruz de Aragua	4948	1846	-	4639	1543	-	4544	1686	-
El Tigre	4599	1785	-	4114	1013	-	4167	1362	-
				10,5%	-43,2%	-	-9,4%	-23,7%	-

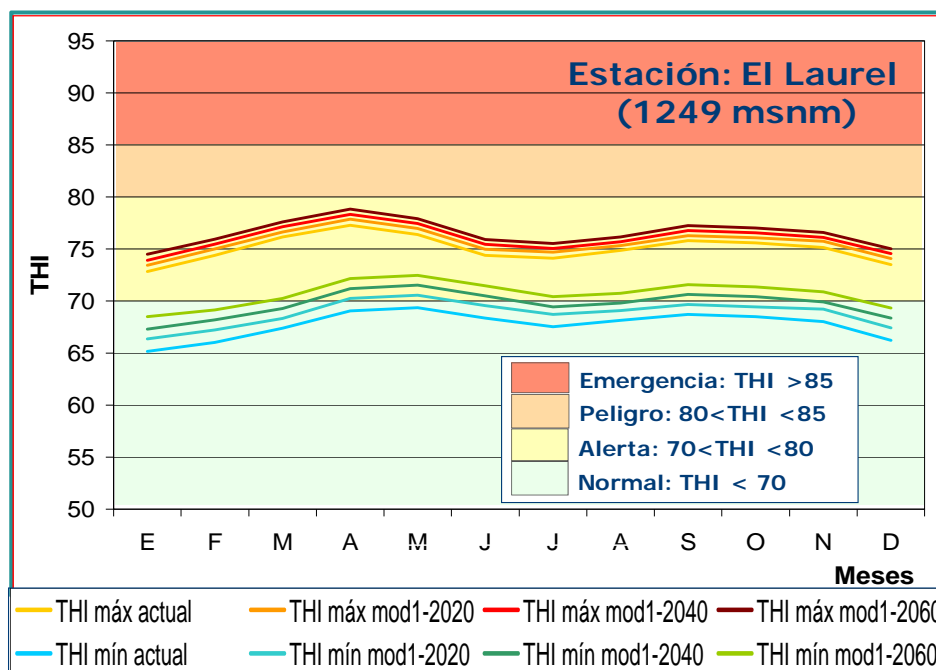
Es de hacer notar que el estudio no contempló el incremento del rendimiento debido a la fertilización por  $\text{CO}_2$ , de modo que es posible que la reducción final del rendimiento sea muy pequeña, e incluso haya un incremento de los rendimientos. Sin embargo, el estudio tampoco consideró una redistribución de los días secos y lluviosos, y dado que se estima que aumentarán los primeros y disminuirán los segundos (IPCC, 2007a), también es posible que el efecto del déficit hídrico sea peor que el simulado. El Instituto Internacional de Investigaciones del Arroz (Watson, 2002, citado por Ovalles *et al*, 2005), considera que  $1^\circ\text{C}$  de aumento en áreas tropicales disminuiría las cosechas de arroz, trigo y maíz de 10% a 30% en los próximos 50 años, en razón de la inhibición de la floración. Se requieren estudios más detallados en este tema.

### 3.5. Cambios plausibles en los Indicadores de producción animal.

Hay muy pocos estudios en el país sobre este tema. Córcega (2006) realizó análisis del Índice de Temperatura–Humedad (THI) en cuatro localidades del país donde se sitúan las estaciones experimentales de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela, descritas en la Tabla 23. Un ejemplo de sus resultados se muestra en la Figura 38, el transcurso anual del THI actual y futuro, en la condición más crítica a mediodía (THI máximo) y la condición más confortable de madrugada (THI mínimo).

**Tabla 23.** Estaciones Experimentales de la Universidad Central de Venezuela.

Estación	Estado	Precipitación Media Anual	Temperatura Media Anual
Bajo Seco	Vargas	864 mm	16 °C
El Laurel	Miranda	1309 mm	22 °C
Samán Mocho	Carabobo	1087 mm	25 °C
Maracay-INIA	Aragua	969 mm	25 °C
San Nicolás	Portuguesa	1602 mm	26 °C



**Figura 38.** THI Máximo y Mínimo, actuales y futuros, según el modelo UKTR. (Fuente: Córcega, 2006).

El THI máximo indica que ya hoy día las condiciones diurnas no son confortables en ninguna estación; **para el THI de madrugada, el más importante ya que permite a los animales recuperarse del estrés térmico diurno, se pasará a condiciones de disconfort leve (Alerta) y en algunos meses en los Llanos incluso a disconfort fuerte (Peligro)**. Las estaciones Bajo Seco, El Laurel, Samán Mocho y Maracay, pasarán de la situación actual de Confort a la de Alerta en varios meses; en

El Laurel, donde ya en el 2020 las condiciones de confort de noche serán iguales a las diurnas, se puede inferir que los animales no tendrán oportunidad de recuperarse del estrés térmico. Para San Nicolás, hoy con categorías del THI máximo de Peligro y Emergencia, desde el 2020 aumentará el número de meses con Emergencia.

En cuanto al grado de aptitud para la cría de ganado tropical, hoy día las estaciones de altura se encuentran en categoría Ideal y las demás en categoría Desfavorable, y los modelos simulan cambios sólo en El Laurel, que a partir del 2020 baja de la categoría Ideal a la categoría Favorable.

### **3.6. Cambios plausibles en los sistemas de producción.**

Ovalles *et al* (2005) trabajaron en 3 grandes zonas, determinaron la capacidad adaptativa de los sistemas de producción usando las variables: tamaño de la unidad de producción; adaptabilidad agroecológica; necesidad de infraestructura y servicios (centros de acopio y procesamiento, vialidad, riego, entre otros); condiciones socioeconómicas (nivel de educación e ingreso), y concluyen que habrá un crecimiento significativo del área con déficit hídrico, como sigue:

- Zona Oriental: de 4.600.000 ha a 9.000.000 ha; sistemas de producción afectados: cacao, coco, café, caña, palma africana, cítricos, hortalizas, yuca, pastos–ganadería, pinos y agricultura de subsistencia. Los usos cacao, coco, palma, yuca y pastos podrían quedar en áreas muy marginales por déficit de humedad, lo que exigiría el riego complementario para mantenerlos. En el Delta y estado Bolívar el nivel de afectación es bajo. Con relación a la capacidad de adaptación según los elementos tecnológicos y socioeconómicos, el 46% de los sistemas de producción tienen una baja capacidad de adaptación, el 36% media a baja y el 18% media.
- Zona Centro–Occidental: de 1.000.000 ha a 4.700.000 ha; sistemas de producción afectados: cacao, cítricos, maíz, sorgo, arroz, hortalizas, pastos–ganadería, leguminosas, caña, palma africana y agricultura de subsistencia. Los usos permanentes y la actividad ganadera (pastos) serán moderadamente afectados, en contraste los cultivos anuales parecen mostrar una mayor capacidad de tolerar los cambios, excepto para el maíz en los valles altos de Yaracuy. Con relación a la capacidad de adaptación según los elementos tecnológicos y socioeconómicos, el 41% de los sistemas de producción tienen una baja capacidad de adaptación, el 14% una media a baja y el 45% una media capacidad; el alerta se centra en los sistemas de producción palma africana y caña en Yaracuy, por su baja capacidad adaptativa y su alta afectación por el cambio de precipitación y meses húmedos.
- Zona Occidental: de 3.700.000 ha a 4.500.000 ha; sistemas de producción afectados: plátano, palma africana, cacao, café, musáceas, maíz, papa, hortalizas, pastos–ganadería y plantaciones forestales. El descenso de los meses húmedos afectará significativamente a los cultivos permanentes (Cacao, Plátano, Café y Palma aceitera) dejándolos bajo condiciones marginales. Los pastos y las hortalizas se ven menos afectados por los cambios. Con relación a la capacidad de adaptación

según los elementos tecnológicos y socioeconómicos, el 27% de los sistemas de producción tienen una baja capacidad de adaptación, el 33% una media a baja y el 40% una media capacidad. Los sistemas de producción palma africana, pastos (sur del Lago), cacao (sur del Lago) y café (Táchira), que tienen una baja capacidad adaptativa (el café media a baja), serán muy afectados.

En la Tabla 24 se resumen los impactos en las subáreas dentro de cada zona. En todo caso, lo hasta aquí expuesto levanta una serie de preguntas, entre ellas:

- ¿Los actuales sistemas de producción de alimentos pueden mantenerse con los niveles futuros de disponibilidad de agua?
  - ✓ Si pueden, ¿se mantendrían los rendimientos?
  - ✓ ¿seguirían siendo económicamente rentables?
  - ✓ Si no pueden ¿De donde saldría el agua que falta?
- ¿Los sistemas actuales de embalses cubrirán el incremento de la demanda de agua, humana y para riego?
  - ✓ Si pueden, ¿se mantendrían los mismos niveles de rendimientos?
  - ✓ ¿seguirían siendo económicamente rentables?
  - ✓ ¿cuánto cambiaría el costo del agua?
  - ✓ Si no pueden ¿Cuánto costarían los sistemas para cubrir la nueva demanda?
  - ✓ ¿De donde saldría el agua que falta?
- ¿Qué proporción de alimentos proviene de agricultura de secano en zonas donde disminuirán los meses húmedos?
  - ✓ En esas zonas, ¿cuánto costarían los sistemas para cubrir la nueva demanda?
  - ✓ ¿De donde saldría el agua que falta?
- ¿Cuánto costará garantizar la seguridad agroalimentaria?
  - ✓ ¿Mediante cuáles estrategias?
  - ✓ ¿Cuánto tiempo tomará?
- ¿Cómo se manejarán administrativamente los costos y pérdidas imputables al cambio climático?
- ¿Cómo reducimos la vulnerabilidad ante el cambio climático?



**Tabla 24.** Impacto del cambio del régimen hídrico por regiones y rubros agrícolas. Fuente: Ovalles *et al*, 2005.

Áreas	Estados Afectados	Descripción del cambio en clima	Rubros afectados	Posibles impactos a uso actual	
<b>Oriente</b>	Sucre	Se amplía el área en la cual disminuirá el rango de precipitación de 1200-1600 a 800-1200 mm/año, extendiéndose hacia las zonas de importancia agrícola.	✓ Cacao, caña, café, coco, mango, cambur, yuca	Pudiera crearse conflicto con las ciudades por el agua, los sistemas de riego pudieran verse afectados por la deficiencia de agua.	
	Caripe y Caripito		✓ Hortalizas solanáceas ✓ Agricultura de subsistencia ✓ Café, naranja, cacao ✓ Hortalizas de hoja ✓ Agricultura de subsistencia		
	Norte de Monagas	Zona marginal desde el punto de vista hídrico. La precipitación en el área afectada disminuirá de 800-1200 a 400-800 mm/año.	✓ Palma africana, cultivos anuales ✓ Tabaco bajo riego ✓ Hortalizas de piso alto con riego. ✓ Mango y limas.		
	Sur de Monagas	En esta zona hay una disminución de la precipitación de 800-1200 a 400-800 mm/año.	✓ Agricultura de subsistencia ✓ Yuca, Pino (500.000 ha), Pastizales y Pastos introducidos (cerca 20%).		Las siembras de Yuca de media /alta tecnología se pudieran ver afectadas por la falta de agua.
	Anzoátegui	La zona de menor precipitación alrededor de Anaco se expande hacia las Mesas en El Tigre, pasando de 800-1200 a 400-800 mm/año.	✓ Agricultura de subsistencia ✓ Pastizales, semillas, melón, patilla ✓ Ganadería		La demanda de riego por cultivos va a aumentar.
	Delta	la disminución es muy poca, de 1600-2000 pasa 1200-1600 mm/año	✓ Yuca ✓ Agricultura de subsistencia ✓ Arroz, pasto. ✓ Plátano en pequeñas áreas. ✓ Agricultura de subsistencia		Los cultivos dependen del nivel de agua de los caños, el problema sería la influencia de la cuña salina.
	Bolívar	Zona Norte: disminución de las lluvias de 1200-1600 a 800-1200 mm/año. La zona productora la Paragua sin grandes cambios al Sur en ninguno de los dos modelos zonas de 2600 mm pasan a 1600-2000 mm/año.	✓ Frutales, pequeñas plantaciones de eucalipto (al norte del Caroni) ✓ Maíz en la Paragua. ✓ Tomate, Yuca y Ñame ✓ Agricultura de subsistencia		No se describe ningún impacto.
Cuenca de Unare	La precipitación pasará de 1200-1600 a 800-1200 mm/año, se va acentuar la sequía. Hay cerca de 15 embalses.	✓ Ganadería doble propósito ✓ Pastizales ✓ Agricultura de subsistencia	La demanda de agua por los pastizales pudiera verse afectada.		
<b>Centro Occidente</b>	Aragua, Carabobo, Miranda, Norte de Guárico y Vargas	La zona de 800-1200 mm abarca la costa de Vargas, Aragua y Carabobo. La precipitación baja de los 1600-2000 a los 800-1200 mm/año, de acuerdo al Modelo UKTR. Se expenderá al Sur de Aragua y Norte de Guárico, llegando hasta Calabozo, y por el Occidente se une a la	✓ Cacao (bajo riego en la Costa) ✓ Plátano. ✓ Caña, cambures, semilla de cereales, frutales (en Aragua) ✓ Pimiento, tabaco, tomate, hortalizas (en la vega del Guárico) ✓ Pastizales del Sur de Aragua y	Esta zona no cambia de régimen pero se expande, por lo que la zona bajo riego pudiera competir con el turismo. Tendrá que aumentar la eficiencia del riego. La producción de pollos en Carabobo se puede ver afectada por el incremento de temperatura. Se verá	

	zona mas seca del Estado Lara, afectando al Estado Yaracuy.	Norte de Guarico. ✓ Agricultura de subsistencia ✓ Granjas avícolas (Carabobo). ✓ Cítricas, Caña ✓ Hortalizas ✓ Agricultura de subsistencia ✓ Caña (Central Santa Clara) ✓ Musáceas ✓ Cítricos ✓ Pastizales ✓ Agricultura de subsistencia	afectada las suplencias de agua de los embalses Camatagua y el propio Guárico. La zona se verá afectada por las sequías, se observa expansión del área de menor precipitación.
Sur de Carabobo	Áreas con precipitación de 1200–1600 pasan a 1200–800 mm/año	✓ Maíz y ahora también sorgo. ✓ Caña azucarera (Río Turbio) ✓ Quinchoncho frijol, caraota,	Pudiera disminuir el agua freática, y en consecuencia la siembra de cultivos de gran demanda como la caña, que además está en el límite por temperatura. La tierra se dedicaría a cultivos o actividades económicas más rentables. Siembra de variedades y/o especies resistentes a sequía como sorgo, frijol y quinchoncho; uso de métodos de riego menos exigentes en agua: goteo, chorrito.
Yaracuy (bajo Yaracuy: San Felipe-Mun. Veroes-Manuel Monje)	Zona de 1200–1600 pasa a 800-1200 mm/año	✓ Cítricos ✓ Frutales (aguacate) ✓ Musáceas, leguminosas, maíz.	
Yaracuy medio (Municipios Bruzual, José Antonio Páez, Peña, Urachiche)	La precipitación de 1200–1800 (Chivacoa-Yaritagua) pasa a 900 a 1200 mm/año		
Valles altos de Yaracuy (Mun. Nirgua)	Zona de precipitación de 600–900 (Mun Peña que incluye La Piedra-Yaritagua). Pasa 450 a 600 mm/año		
	La lluvia pasa de 1200-600 a 800–1200 mm/año entre Ciudad Ojeda hasta el Delta del Motatán y paralelo con la sierra de Trujillo, quedando solo una pequeña área entre Mene Grande y el Norte del Delta del Motatán	✓ Pasto ✓ Maíz ✓ Caña ✓ Plátanos, cambures ✓ Yuca (Trujillo)	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.
<b>Occidente</b>	Cuenca del lago de Maracaibo (Costa Oriental del lago)		
	Cuenca del lago de Maracaibo (Sur del Lago de Maracaibo).	✓ Palma africana, plátano, cacao y pasto (Pantanos) ✓ Ganadería y plantaciones forestales ✓ Café y hortalizas (Colon)	Al Sur del lago las musáceas, palma y cacao pasan de medianamente aptas a marginalmente aptas. Ganadería podría verse afectada por estrés calórico.
	Andes	✓ Ganadería y plantaciones forestales ✓ Cacao ✓ Ganadería de altura ✓ Maíz-Leguminosa ✓ Café y hortalizas	En los Andes tachirenses el café pasa de medianamente apto a marginalmente apto.

#### 4. Indicadores para monitoreo de impactos climáticos.

El monitoreo de los impactos que causa la variabilidad climática ha recibido un enorme impulso en los últimos 20 años; el desarrollo de la tecnología satelital ha permitido una visión global sobre diferentes aspectos en los ecosistemas marinos y terrestres, las condiciones de humedad del suelo y en cultivos, las condiciones hidrológicas de las cuencas, etc., lo que conllevó no solo un enorme avance en el conocimiento, sino también una mejora significativa en la toma de decisiones a los niveles nacional e incluso regional en los países muy extensos. Sin embargo, para mejorar las decisiones a nivel local sigue siendo imperativo hacer el seguimiento de todos esos aspectos mediante estaciones climáticas, hidrométricas, de calidad de aire y agua, de mediciones biológicas, etc. Asimismo, para optimizar el manejo de riesgos, se requieren Sistemas de Alerta Temprana (SAT) de diversos tipos: para inundaciones, para deslaves, para sequías, etc.

***El monitoreo se diferencia de la pura medición en que implica una comparación entre el valor medido y algún valor umbral que sirva de indicador de si el proceso medido se está moviendo en una dirección favorable o desfavorable para nuestros fines.*** Por ejemplo, el puro valor de un nivel de río de 3,25 m no ofrece información para la toma de decisiones, pero si se sabe que el nivel de desborde es de 3,35 m puede alertarse a la instancia correspondiente que se está en emergencia.

El disponer de diferentes tipos de indicadores es fundamental para apoyar la toma de decisiones; además de para monitorear la situación actual, estos indicadores pueden usarse en cambio climático para obtener una primera aproximación de los impactos en diferentes áreas de actividad. Existe un gran número de índices climáticos, de relativamente fácil cálculo que pueden servir a ambos fines, y que además pueden ser espacializados, lo que permite diferenciar áreas que requieren diferentes tipos de decisiones para solventar problemas (Rivero, 2008).

Los indicadores climáticos más simples son los promedios de temperatura y precipitación, pero usar estadísticos como la mediana y los cuartiles (valores probables a 25% y 75%) incrementa el contenido de información para los tomadores de decisiones, puesto que tienen dos umbrales que indican valores altos y bajos. En el capítulo 2 se usaron varios indicadores, entre ellos: (a) Relaciones P–ETo para fechas de inicio y duraciones de los Periodos de Crecimiento y Húmedo; (b) Índice de Precipitación Estandarizada (SPI) para sequías; (c) Índice Temperatura–Humedad (THI) para confort animal.

##### 4.1. Ejemplos de Indicadores

A continuación se describen varios indicadores para monitoreo del cambio climático.

- Indicadores para condiciones ambientales generales.
  - ✓ Tiempo Mensual de Trojer: usa el porcentaje de la Precipitación mensual respecto del total anual, por ejemplo:  $P_{\text{anual}}=1.258 \text{ mm}$ ;  $P_{\text{marzo}}=38 \text{ mm}=3,02 \%$ .

La clasificación de los Tipos de Tiempo es la siguiente:

Intensamente Seco: < 1%	Lluvioso Variable: 8,3 – 11,5 %
Muy Seco: 1,0 – 2,5 %	Lluvioso: 11,5 – 15,0 %
Seco: 2,5 – 5,0 %	Muy Lluvioso: 15,0 – 25,0 %
Seco Variable: 5,0 – 8,3 %	Intensamente Lluvioso: > 25 %

- ✓ Índice de Aridez del PNUMA:  $K = P / ETo$ . P y ETo en mm; valores de K menores de 0,65 indican climas Subhúmedos o más secos.
- ✓ Zonas de Vida de Holdridge, estimadas con base a precipitación y temperatura, por medio de un nomograma.

• Indicadores para productividad ecológica y agrícola vegetal.

- ✓ Fórmulas de Lieth para estimar Productividad Primaria Neta (NPP) si el factor limitante es la precipitación (P):  $NPP = 3000 * [1 - \exp(-0,000664 * P)]$ .
- ✓  $YAO = ETa / ETm$ . Donde: ETa es la evapotranspiración real del cultivo y ETm la evapotranspiración de referencia del mismo. Puede usarse el total del ciclo, o el total en agrupaciones decadales.
- ✓ Disminución de rendimiento por déficit hídrico:  $1 - (Ya/Ym) = Ky * (1 - YAO)$ , donde Ya y Ym son el rendimiento real y el rendimiento potencial ( $kg\ ha^{-1}$ ), y Ky un factor de efecto del déficit sobre el cultivo, en publicaciones de la FAO. En este caso se usa YAO calculado con el total durante el ciclo del cultivo.

• Indicadores para salud humana.

- ✓ Temperatura de Bochorno: nomograma (Figura 39).

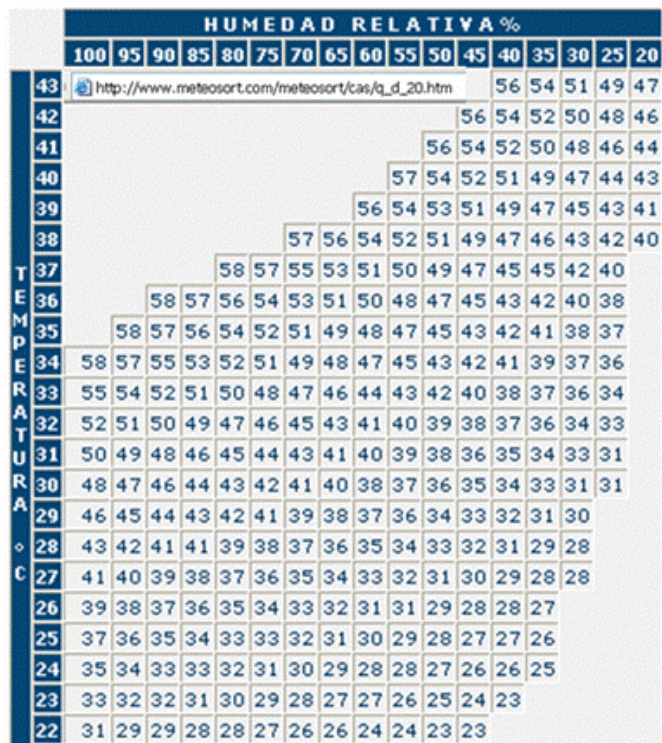


Figura 39. Nomograma para estimación de Temperatura de Bochorno, del Servicio Meteorológico Canadiense.

- ✓ Índice Temperatura–Humedad de Thom:  $THI = (1,8 * T) + (0,55 * HR) + 31,45$   
T=temperatura (°C); HR=humedad relativa en proporción. Los umbrales son:

THI	Condición
<75	Normal, la persona no esta bajo ningún estrés de calor.
76 – 80	Incomodo, fatiga posible.
80 – 90	Precaución Extrema, insolación, calambres y/o fatigas posibles.
90 – 100	Peligro, insolación, calambres y/o fatigas con facilidad.
>100	Peligro Extremo, apoplejía o insolación con mucha facilidad.

- ✓ Índice de Calor Sofocante de Lecha *et al*:  $SHI = (e - 18,8) / 2$ , donde e = presión de vapor. Los umbrales son:

No hay calor sofocante: < 1%	Fuerte: 5,0 – 7,0
Débil: 1,0 – 3,0	Extremo: 7,0 – 9,0
Moderado: 3,0 – 5,0	Extremadamente Extremo: > 9,0

- ✓ Densidad de Oxígeno en el aire:  $DOA = 80,51 * (p - e) / (T + 273,15)$ ; donde e= presión de vapor; p=presión atmosférica; T= temperatura  
La sensación subjetiva de falta de aire puede ser peligrosa para personas con asma, hipertensión y migrañas. El índice DOA tiene 3 clases: Condición de hypoxia:  $\leq 265 \text{ g/m}^3$ . Normal:  $265\text{--}270 \text{ g/m}^3$ . Condición hyperoxia:  $>270 \text{ g/m}^3$ .

- Indicadores para productividad animal.

- ✓ Índice Temperatura–Humedad de Thom:  $THI = (1,8 * T) + (0,55 * HR) + 31,45$   
Diversos autores han usado esta ecuación para humanos y animales, pero cambia la tabla de umbrales, como sigue:

THI	Condición
<70	Normal, el animal no esta bajo ningún estrés de calor.
71 – 79	Alerta, prepararse para tomar precauciones, no dejar a los animales expuestos al sol.
80 – 83	Peligro, no someter a los animales a demasiado movimiento, no dejarlos expuestos al sol, de ser posible mojar el pelaje.
>84	Emergencia, minimizar cualquier actividad del ganado, realizar las actividades temprano en la mañana.

- ✓ Disminución absoluta en la producción de leche (DismL) kg/día/vaca:  
 $DismL = -1,075 - 1,736 * NN + 0,02474 * NN * THI$   
NM = nivel normal de producción de leche (kg/día/vaca)  
THI = Índice de temperatura humedad para valores mayores de 70
- ✓ Tasa de concepción (TC):  $TC = 388,3 - 4,62 * THI$   
THI = Índice de temperatura humedad para valores mayores de 69
- ✓ Crecimiento diario de pollos de engorde (CR)

$$CR = -6,338 \cdot 10^{-2} + 1,963 \cdot 10^{-2} \cdot P + 3,055 \cdot 10^{-3} \cdot THI - 2,521 \cdot 10^{-5} \cdot THI^2 - 9,06 \cdot 10^{-5} \cdot THI \cdot P^2.$$

CR = ganancia de peso promedio diaria (kg/ave/día) en broilers entre 0,5 – 1,5 Kg de peso corporal

P = peso corporal de las aves (kg)

THI = Índice de temperatura humedad para valores mayores de 70

#### 4.2. Requerimientos para Monitoreo y Sistemas de Alerta Temprana

Como ya se mencionó, el monitoreo requiere valores umbrales, de modo que los indicadores proporcionen información útil para la toma de decisiones. Todos los indicadores mencionados en el ítem anterior son ecuaciones empíricas, lo que implica que la primera actividad a realizar es **calibrarlos** para las condiciones particulares, es decir, que pueden variar ligeramente los valores umbrales señalados en estas tablas.

Por ejemplo, los umbrales del THI para animales aquí señalados se refieren a vacas lecheras de alta producción de razas de zonas templadas; ante similares condiciones de temperatura y humedad, es de esperar que las vacas de razas tropicales reduzcan su producción de leche en una menor proporción que las razas extratropicales, dado que están aclimatadas al calor.

Otro requerimiento fundamental es **contar con información básica medida en la zona**, lo que lleva al problema de la densidad de las redes climáticas. Es importante comprender que ningún gobierno del mundo puede mantener una red de medición que sirva a todos los requerimientos particulares, es simplemente demasiado costoso. Esto implica que el sector agrícola debería considerar apoyar la actividad de medición climática, lo que puede hacerse en varias formas: (a) proporcionando fondos para instalar y/o operar más estaciones; (b) adquiriendo y operando estaciones según las normativas nacionales; (c) organizando comunidades rurales para que asuman el trabajo de operar estaciones instaladas por el gobierno y/o por empresas privadas.

La situación de la red climática en Venezuela se ha hecho crítica. En estos momentos, no llegan a cuatrocientas las estaciones midiendo lluvia en el país, cuando a finales de los años 90 había unas 700, y a mediados de los años 80 unas 1.000. Cualquier tipo de actividad de monitoreo ambiental es casi imposible bajo estas condiciones.

Buchanan (2000, citado por Hernández, 2008), define un Sistema de Alerta Temprana (SAT) como una colección de información variada que, mediante monitoreo constante, permite advertir al usuario sobre situaciones amenazantes tanto para la seguridad alimentaria como para la seguridad civil. El SAT debe ser tan efectivo como para prever a tiempo probables situaciones de crisis y, simultáneamente, permitir la elección de respuestas apropiadas.

**Un SAT debe ser regional**, lo que implica que para definir a los recursos, ejecutores, usuarios y beneficiarios deben considerarse a los niveles gubernamentales municipal y

estadal, a las comunidades organizadas, a las diversas asociaciones de productores y a las empresas hidrológicas regionales, como mínimo, y luego pueden expandirse el número de usuarios y beneficiarios, por ejemplo al sector de educación/investigación, a comités conservacionistas, etc. (Hernández, 2008).

Hernández (2008) recalca que un aspecto fundamental que debe aclararse desde el inicio del diseño de un SAT, es que éste requiere una gran cantidad de información (mediciones en tiempo real, pronósticos, aspectos socioeconómicos, información de campo para cultivos, entre otras), y no es realista pensar que va a contar con los recursos para hacer todo por sí mismo, es decir, sus insumos básicos van a depender de otras instituciones del Estado. Por ello, ***debe recalcarse la necesidad absoluta de la cooperación interinstitucional para el diseño del SAT, así como el contar con la voluntad política regional para apoyar las relaciones del SAT.***

Un SAT se compone de cuatro partes básicas: el monitoreo, la valoración del riesgo o peligro, la mitigación o respuestas, y la evaluación–retroalimentación, que son interdependientes, si una de ellas no funciona, el sistema completo falla.

Con relación al aspecto valoración del riesgo, el SAT debe considerar desde su formación la recolección de toda la información socioeconómica del área, que en el país puede ser obtenida a través del Instituto Nacional de Estadística, así como diseñar un sistema de actualización de este tipo de información. Este aspecto está íntimamente relacionado con el de evaluación–retroalimentación. Por ejemplo, que el SAT reciba información cada año sobre las fechas de siembra para los diferentes cultivos y las superficies sembradas (Ministerio de Agricultura y Tierras), o los niveles semanales de los embalses (Ministerio del Ambiente), permitiría una valoración del riesgo mucho más dinámica, y en consecuencia los mensajes emitidos a los usuarios serían mucho más específicos y precisos, en cuanto a los impactos negativos y también en cuanto a las recomendaciones de acciones de respuesta.

Es también necesario diseñar indicadores para hacer el seguimiento interno del SAT, que incluya, entre otros, número de usuarios atendidos, número de mensajes enviados, medidas tomadas por los usuarios siguiendo las alertas recibidas, valoración económica de las pérdidas evitadas, eficacia de la retroalimentación tanto con los usuarios como con los entes del Estado proveedores de la información básica y, por supuesto, también el número de casos fracasados, para aprender de los errores.

El diseño de la red de observación, los centros de acopio de información y la mecánica de procedimientos, deben ser bien planeados, de forma tal que involucren diversos sectores de observación e indicadores. ***Es importante recalcar que la relación con las comunidades, los usuarios básicos del SAT es fundamental; si la comunidad conoce el sistema y se siente involucrada con él, muy probablemente cuidará de motu proprio los equipos en campo, apoyará actividades y, en general, se beneficiará realmente de la alerta temprana.***

## 5. Recomendaciones para el sector agrícola en el Plan de Acción Nacional para el Cambio Climático.

El Panel Intergubernamental para el Cambio Climático estableció en su Tercer Informe de Evaluación (IPCC, 2001), algunos puntos muy importantes para los temas de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático, entre ellos las siguientes:

- **Los aspectos sociales y ambientales a las escalas local, regional y global están inextricablemente ligados, y afectan al desarrollo sostenible:** Pobreza, Cambio Climático, Desastres Naturales, Pérdida de Biodiversidad, Desertificación, Disponibilidad de Agua Fresca y Calidad del Agua están todos interconectados.
- El Cambio Climático **afectará fundamentalmente a los países más pobres y a los sectores más pobres en cualquier país**, por su alta vulnerabilidad y su escasa capacidad para tomar medidas de adaptación y/o mitigación.
- **Es más fácil adaptarse a condiciones climáticas medias a largo plazo que a fenómenos extremos y a variaciones interanuales en las condiciones climáticas.** El tiempo necesario para la adaptación socioeconómica varía entre años y decenios, y en función del sector y de los recursos disponibles.

Los impactos del cambio climático tienen enormes costos económicos, financieros, sociales y ecológicos. El caso es más grave para los países petroleros por los efectos "spill over" sobre la economía: Menor presupuesto nacional → Menor disponibilidad para gasto de inversión, incluyendo las medidas de adaptación y mitigación → Disminución en el crecimiento nacional. En la Figura 41 se esquematizan los principales (no únicos) tipos de costos del cambio climático.

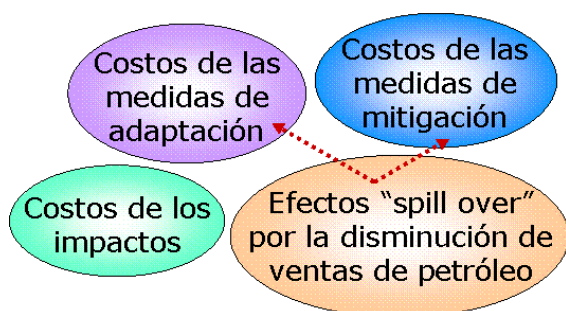


Figura 40. Principales tipos de costos asociados al cambio climático.

Los costos de los impactos, a su vez, incluyen como principales tipos los siguientes:

- Reducción de la productividad de ecosistemas naturales y generación de agua en las cuencas (son escasísimos los estudios de valoración ambiental).
- Reducción de la productividad de las actividades humanas (agrícola, forestal, pesquerías, industrial).
- Eventos extremos (destrucción de infraestructura, pérdida de bienes, pérdida de cosechas y ganado, pérdida de vidas humanas).



**Es imprescindible comenzar a establecer al menos órdenes de magnitud a nivel nacional sobre el impacto económico y financiero del cambio climático;** los estamentos nacionales de planificación deben contar con esta información para definir los planes sociales y económicos a mediano y largo plazo.

### 5.1. Aspectos generales de Vulnerabilidad, Adaptación y Mitigación.

Es importante señalar las diferencias entre los conceptos en manejo de riesgos y en cambio climático. El primero usa la ecuación:  $Riesgo = Amenaza \times Vulnerabilidad$ , donde la Amenaza generalmente se expresa como la probabilidad de que ocurra un evento no deseado, y la Vulnerabilidad se estima a partir de condiciones socioeconómicas y/o físicas (por ej., las viviendas en ladera son más vulnerables que las situadas en zonas planas; a igualdad de pendiente del terreno, las viviendas construidas racionalmente son menos vulnerables que los ranchos, etc.). En cambio climático, la ***Vulnerabilidad se define como el efecto residual sobre un sistema, que no puede ser evitado, una vez que se han tomado las medidas de adaptación.*** Se usa un concepto diferente de vulnerabilidad para garantizar el Principio de Equidad establecido en la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático: para la misma amenaza, los países y ciudadanos pobres son más vulnerables, porque su capacidad de adaptación es mucho menor.

La ***Adaptación se define como "ajuste en los sistemas ecológicos, sociales o económicos, en respuesta a estímulos climáticos actuales o esperados, y a sus efectos o impactos"*** (IPCC, 2001). Se refiere a cambios en procesos, prácticas o estructuras para moderar o compensar daños potenciales, o para explotar las oportunidades beneficiosas asociadas al cambio climático. ***Las medidas de adaptación son la única forma de reducir la vulnerabilidad; cuántas más y mejores medidas de adaptación se tomen, menores serán los efectos residuales que no se pueden evitar.*** En la Figura 41 se esquematizan los tipos de medidas de adaptación.

**Figura 41.** Tipos de medidas de adaptación, y algunos ejemplos por tipo de medida.

		Anticipativas	Reactivas
<b>Sistemas Humanos</b>	<b>Naturales</b>	X	
	<b>Privada</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Compra de pólizas de seguros</li> <li>▪ Construcción de casas sobre pilotes</li> <li>▪ Nuevo diseño de plataformas petrolíferas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cambios en la duración de la estación de crecimiento</li> <li>▪ Cambios en la composición de los ecosistemas</li> <li>▪ Migración de los humedales</li> <li>▪ Cambios en las prácticas agrícolas</li> <li>▪ Cambios en las pólizas de seguros</li> <li>▪ Compra de equipo de acondicionamiento de aire</li> </ul>
	<b>Pública</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sistemas de alerta temprana</li> <li>▪ Nuevos códigos de edificación y normas de diseño</li> <li>▪ Incentivos para la reubicación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pago de indemnizaciones, subvenciones</li> <li>▪ Observación de los códigos de edificación</li> <li>▪ Mantenimiento de playas</li> </ul>

Obviamente, los ecosistemas y las cuencas sólo pueden reaccionar (es decir, adaptarse) de forma “reactiva”; si el cambio climático es más intenso y/o rápido que la capacidad de adaptación reactiva, los ecosistemas no podrán adaptarse, lo que conlleva al riesgo de extinción; se estima que para mediados de este siglo puede extinguirse cerca del 30% de las especies amenazadas hoy día. En el caso de actividades socioeconómicas, las respuestas a los cambios pueden ser previstas y realizarse ajustes en forma anticipada, es decir, la adaptación puede ser “planificada”, contribuyendo a reducir los impactos negativos, es decir, a disminuir la vulnerabilidad.

Las medidas de adaptación tienen varias características importantes, entre ellas:

- Deben tomarse a nivel local, regional y nacional, por entes públicos, privados y ciudadanos en general.
- **Las medidas de adaptación son necesariamente sectoriales;** las acciones que tomará un agricultor para minimizar sus pérdidas debidas a los cambios en la lluvia y la temperatura, no serán las mismas que tomará un médico, quien por los mismos cambios se verá afectado de otra manera, por ejemplo teniendo muchos más pacientes con malaria y dengue, o como un ingeniero civil, quien debe recalcular sus indicadores de diseño de intensidades de la precipitación.
- **Para el éxito de las medidas de adaptación, es necesario un esfuerzo sostenido de información y educación de todos los actores sociales, ya que se requiere un profundo cambio en los patrones de uso de los recursos naturales y en los patrones de consumo de bienes y servicios.**
- La capacidad de adaptación depende, entre otras, de la capacidad institucional, la filosofía de la gestión de la riqueza, la escala temporal de la planificación, el marco jurídico y organizacional, la tecnología y la movilidad de la población.

Evaluar el impacto del cambio climático de manera detallada es algo muy difícil, y más cuando no se dispone de información básica, tanto del área natural como socioeconómica, sin embargo, está reconocido que el no considerar este impacto es condenarse a vivir bajo condiciones muy difíciles, cuando pudo haber sido menos duro si se hubieran hecho las inversiones requeridas para conocer mejor estos temas. Al respecto, el IPCC estableció en su Tercer Informe de Evaluación (IPCC, 2001) que:

**“La adopción de decisiones sobre el cambio climático es un proceso secuencial que se desarrolla en condiciones de incertidumbre.** En cualquier momento la adopción de decisiones conlleva ponderar los riesgos de tomar medidas insuficientes o excesivas.”

**“Si no se toma en cuenta, el cambio climático puede afectar la eficacia de los proyectos de desarrollo.** Los proyectos de desarrollo a menudo incluyen inversiones en infraestructuras, instituciones y capital humano para la gestión de recursos sensibles al clima, como el agua, la energía hidráulica, las tierras agrícolas y los bosques. Aunque estos factores no se tienen muy en cuenta en el diseño de los proyectos, el rendimiento de dichos proyectos se puede ver afectado por el cambio climático y el aumento de la variabilidad

climática. Los análisis han mostrado que *en algunos casos conviene incorporar en semejantes proyectos, con sólo un pequeño costo incremental, cierto grado de flexibilidad que permita obtener un buen rendimiento en una amplia variedad de condiciones climáticas y, debido a los riesgos presentes en la actual variabilidad climática, esa mayor flexibilidad tiene un valor inmediato.*"

En la Tabla 25 se muestran algunas relaciones entre los cambios en elementos climáticos y sus consecuencias directas e indirectas, con ejemplos tanto para el sector agrícola como para el de recursos hídricos. Un cuadro tal es solo descriptivo, ya que las interacciones pueden ser de órdenes superiores. **Parte importante del trabajo en el área de adaptación consiste en completar de forma exhaustiva la jerarquización de consecuencias**, lo cual debe hacerse a nivel sectorial (agrícola, generación de energía, salud, etc.). Este tipo de cuadro puede funcionar de hecho como un "árbol de problemas", permitiendo clarificar como debería ser el "árbol de soluciones"; también puede usarse como base para definir estrategias FODA. Tal procesamiento permitirá tomar medidas de adaptación cada vez más puntuales, y en consecuencia más eficaces.

**La mitigación se refiere al conjunto de prácticas y medidas que se implanten para reducir la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), o para aumentar los sumideros de los mismos.** Como ya se mencionó, el sector agrícola es la principal fuente de metano (CH<sub>4</sub>) y de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O); aunque como país No Anexo I en la CMNUCC Venezuela no tiene obligación de reducción de emisiones, tanto el imperativo moral como la propia conciencia de supervivencia indican que el país debería comenzar a planificar cómo podría mitigar sus emisiones.

## 5.2. Condiciones sistémicas actuales: Marcos legal, económico e institucional.

Venezuela es país Parte de las tres Convenciones Ambientales de Naciones Unidas (Cambio Climático, Desertificación y Sequía, y Diversidad Biológica, en adelante referidas como CC, DyS y DB), y como tal se obliga a cumplir con los compromisos adquiridos al firmarlas. En muchos casos, las políticas, programas y medidas que deben implantarse para cumplir con los compromisos, por ejemplo, recuperar ecosistemas degradados, fomentar la conservación de los recursos de tierras y los recursos hídricos, disminuir la emisión y aumentar los sumideros de gases de efecto invernadero, o preparar la adaptación al cambio climático, son las mismas medidas "clásicas" de 3 áreas fundamentales: (a) el ordenamiento territorial; (b) la gestión integrada de recursos hídricos, y (c) el manejo integrado de riesgos. En todos estos casos, existen algunas instancias públicas y privadas que implementan acciones de modo parcial y, en general, descoordinadamente.

**Tabla 25.** Ejemplos de consecuencias del cambio climático sobre el sector agrícola y el de recursos hídricos a tres niveles.

Cambios	Consecuencias Primarias	Consecuencias Secundarias	Consecuencias Terciarias
Mayor Temperatura y menor Amplitud Térmica Diaria	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento del gasto energético.</li> <li>• Menor acumulación neta de materia seca.</li> <li>• Cambios en Umbrales Críticos.</li> <li>• Aumento/Disminución de plagas y enfermedades.</li> <li>• Mayor estrés térmico en humanos y animales.</li> <li>• Disminución en la concentración de azúcares</li> <li>• Cambios negativos en la calidad del agua.</li> <li>• Cambios en el número de meses húmedos.</li> <li>• Cambios en la disponibilidad hídrica (P – ETP).</li> <li>• Cambios en el régimen de humedad del suelo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor inversión en generación de energía.</li> <li>• Incremento del costo de la electricidad.</li> <li>• Incremento del costo del agua subterránea.</li> <li>• Menores rendimientos en finca</li> <li>• Mayores costos en agroquímicos.</li> <li>• Mayores costos de potabilización del agua.</li> <li>• Desorganización de labores: retraso en préstamos agrícolas, dificultad para conseguir maquinaria, etc.</li> <li>• Mayores costos por repetición de labores agrícolas, o por pérdida de oportunidad para realizar las mismas.</li> <li>• Menor disponibilidad de agua en zonas rurales.</li> <li>• Reducción de las cantidades de agua y/o los tiempos para riego a nivel de finca.</li> <li>• Cambios en la operación de los sistemas de riego.</li> <li>• Mayores costos de reposición de aves muertas por olas de calor.</li> <li>• Mayores pérdidas postcosecha.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menor productividad vegetal y animal a nivel local, regional y nacional.</li> <li>• Disminución del ingreso de los productores, y del PIB agrícola.</li> <li>• Incremento de la pobreza en los pequeños productores.</li> <li>• Disminución de la seguridad agroalimentaria.</li> <li>• Más fallas en el servicio de agua potable.</li> <li>• Más conflictos por uso del agua.</li> <li>• Mayor costo de tratamiento del agua.</li> <li>• Mayor irregularidad en la generación de hidroelectricidad.</li> <li>• Mayor dificultad para el manejo de cuencas.</li> <li>• Aumento en la presión sobre las aseguradoras.</li> </ul>
Cambios en la cantidad de lluvia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminución/Aumento de pastos.</li> <li>• Niveles de Embalses más bajos en época seca</li> <li>• Cambios en caudal en ríos.</li> <li>• Mayor riesgo de incendios, desertificación y enfermedades asociadas al agua.</li> <li>• Aumento de la demanda para riego.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayores costos por repetición de labores agrícolas, o por pérdida de oportunidad para realizar las mismas.</li> <li>• Menor disponibilidad de agua en zonas rurales.</li> <li>• Reducción de las cantidades de agua y/o los tiempos para riego a nivel de finca.</li> <li>• Cambios en la operación de los sistemas de riego.</li> <li>• Mayores costos de reposición de aves muertas por olas de calor.</li> <li>• Mayores pérdidas postcosecha.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menor productividad vegetal y animal a nivel local, regional y nacional.</li> <li>• Disminución del ingreso de los productores, y del PIB agrícola.</li> <li>• Incremento de la pobreza en los pequeños productores.</li> <li>• Disminución de la seguridad agroalimentaria.</li> <li>• Más fallas en el servicio de agua potable.</li> <li>• Más conflictos por uso del agua.</li> <li>• Mayor costo de tratamiento del agua.</li> <li>• Mayor irregularidad en la generación de hidroelectricidad.</li> <li>• Mayor dificultad para el manejo de cuencas.</li> <li>• Aumento en la presión sobre las aseguradoras.</li> </ul>
Cambios en la distribución temporal del agua	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cambios en fechas de siembra.</li> <li>• Problemas para realizar labores agrícolas.</li> <li>• Cambios ecológicos en plagas y enfermedades.</li> <li>• Problemas en los sistemas de gestión de agua.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayores costos por repetición de labores agrícolas, o por pérdida de oportunidad para realizar las mismas.</li> <li>• Menor disponibilidad de agua en zonas rurales.</li> <li>• Reducción de las cantidades de agua y/o los tiempos para riego a nivel de finca.</li> <li>• Cambios en la operación de los sistemas de riego.</li> <li>• Mayores costos de reposición de aves muertas por olas de calor.</li> <li>• Mayores pérdidas postcosecha.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menor productividad vegetal y animal a nivel local, regional y nacional.</li> <li>• Disminución del ingreso de los productores, y del PIB agrícola.</li> <li>• Incremento de la pobreza en los pequeños productores.</li> <li>• Disminución de la seguridad agroalimentaria.</li> <li>• Más fallas en el servicio de agua potable.</li> <li>• Más conflictos por uso del agua.</li> <li>• Mayor costo de tratamiento del agua.</li> <li>• Mayor irregularidad en la generación de hidroelectricidad.</li> <li>• Mayor dificultad para el manejo de cuencas.</li> <li>• Aumento en la presión sobre las aseguradoras.</li> </ul>
Aumento de la intensidad de la lluvia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento de la erosión.</li> <li>• Disminución de la infiltración.</li> <li>• Mayor riesgo de deslaves e inundaciones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayores costos por repetición de labores agrícolas, o por pérdida de oportunidad para realizar las mismas.</li> <li>• Menor disponibilidad de agua en zonas rurales.</li> <li>• Reducción de las cantidades de agua y/o los tiempos para riego a nivel de finca.</li> <li>• Cambios en la operación de los sistemas de riego.</li> <li>• Mayores costos de reposición de aves muertas por olas de calor.</li> <li>• Mayores pérdidas postcosecha.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menor productividad vegetal y animal a nivel local, regional y nacional.</li> <li>• Disminución del ingreso de los productores, y del PIB agrícola.</li> <li>• Incremento de la pobreza en los pequeños productores.</li> <li>• Disminución de la seguridad agroalimentaria.</li> <li>• Más fallas en el servicio de agua potable.</li> <li>• Más conflictos por uso del agua.</li> <li>• Mayor costo de tratamiento del agua.</li> <li>• Mayor irregularidad en la generación de hidroelectricidad.</li> <li>• Mayor dificultad para el manejo de cuencas.</li> <li>• Aumento en la presión sobre las aseguradoras.</li> </ul>

Para los países en desarrollo como Venezuela, el implantar actividades en dichas áreas presenta limitaciones, que generalmente derivan de 4 grandes debilidades:

- la escasez de personal especializado;
- las limitaciones tecnológicas (incluyendo la falta de información básica);
- las pobres relaciones interinstitucionales;
- la escasa disponibilidad de recursos financieros.

El país cuenta con un marco jurídico excelente a nivel general, comenzando por la Constitución, que establece los derechos ambientales y define la corresponsabilidad de conservación y aprovechamiento sostenible del ambiente por todos los ciudadanos, sectores, grupos e instituciones sociales. Entre las Leyes Ambientales se cuentan: Ley Orgánica de Planificación y Ordenamiento Territorial (LOPOT), que define las Áreas Bajo Régimen de Administración Especial (ABRAE's); Ley Orgánica del Ambiente – Decreto asociado: N° 2.127 (18-04-77); Ley Orgánica para la Planificación y Gestión de la Ordenación del Territorio; Ley Penal del Ambiente; Ley de Reforma Parcial de la Ley del Instituto Nacional de Parques; Ley de Meteorología e Hidrología; Ley Orgánica para la Conservación Ambiental; Ley sobre Manejo Integral de Riesgos; Ley de Áreas Naturales Protegidas. También existen leyes y decretos para aspectos particulares: la Ley de Protección a la Fauna Silvestre; la Ley de Diversidad Biológica; las Normas de manejo y reglamentación de Jardines Zoológicos, Botánicos y Bancos de Genes; la Ley Forestal de Suelos y de Aguas – Decretos asociados: N° 156 (18-08-64), N° 1.804 (20-01-83) y N° 1.659 (05-06-91); el Decreto N° 1.337 (16-12-75): formulación y ejecución de un Plan General de Vigilancia para la protección permanente de las cuencas hidrográficas; el Decreto N° 2.212 (23-04-93): Normas de Movimientos de Tierra y Conservación Ambiental; el Decreto N° 1.257 (13-03-96): Normas de Evaluación Ambiental de actividades susceptibles de degradar el ambiente.

***La debilidad fundamental es que no existen los reglamentos de esas leyes, lo que da amplio campo a la discrecionalidad de los funcionarios, lo que limita su aplicabilidad. Otra limitación importante es el escaso uso de la capacidad jurídica de los poderes regionales y locales para emitir reglamentos y ordenanzas.***

El marco de políticas es quizá el más desarrollado; las tres áreas cuentan con líneas de acción prioritarias, definidas después de 1999, por lo que en su elaboración se consideraron los elementos de participación y corresponsabilidad establecidos en nuestra Constitución.

- ***Estrategia Nacional de Diversidad Biológica y su Plan de Acción (2000)*** – 15 líneas prioritarias de acción: Conocimiento, valoración y divulgación sobre la DB; Promover la conservación in situ; Promover la conservación ex situ; Incorporar la DB en la educación y capacitar recursos humanos; Participación de la sociedad en la gestión de la DB; Participación de las comunidades indígenas y locales en la gestión de la DB; Prevenir y mitigar los impactos de las actividades humanas en la DB; Promover el aprovechamiento sustentable de la DB; Mecanismos que permitan el acceso de los recursos genéticos; Desarrollar biotecnologías para el aprovechamiento sustentable de la DB; Fortalecer la cooperación internacional,

regional y subregional; Fortalecer las instituciones dedicadas a conservar la DB; Promover financiamiento para la Estrategia Nacional sobre la DB; Desarrollar programas para cumplir compromisos internacionales en DB; Desarrollar otros programas de prioridad nacional.

- **Programa de Acción Nacional de Lucha contra la Desertificación (2004)** – 5 líneas prioritarias de acción: Desarrollo sostenible de las zonas afectadas por DyS; Educación, capacitación y concienciación; Investigación científica e innovación tecnológica; Fortalecimiento institucional y local; Cooperación intra e internacional.
- **Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático de Venezuela (2005)** – 6 líneas prioritarias de acción: Concienciación a todos los niveles; Investigación aplicada a la toma de decisiones; Reforzamiento de la capacidad de medición para detectar impactos; Participación, Gestión y Protección ambiental; Saneamiento y control de ríos y cuencas; Seguridad alimentaria.

Por el contrario, el marco institucional es muy débil. Aunque el país asumió la función de los Punto Focales en las tres Convenciones, no creó ninguna estructura organizacional (departamento, oficina, etc.) para realizar dicha función; en la práctica la desarrolla un pequeño grupo de funcionarios como una labor a tiempo parcial. Cancillería Nacional es el Punto Focal Político, y el MINAMB es el Punto Focal Técnico, a través de la Dirección General de Cuencas Hidrográficas (CC, DyS) y la Oficina Nacional de Diversidad Biológica, apoyadas por la Oficina de Gestión y Cooperación Internacional. Con relación a instancias funcionales y/o de coordinación para lidiar con los aspectos prácticos de las tres áreas, existen muy pocas, pero sin embargo es muy importante el hecho de que todas ellas se encuentran a nivel regional (DyS y DB; no hay institucionalidad definida para cambio climático).

En general, no existe un marco económico-financiero claro para ningún área. Algunas actividades en los Planes de Acción de DB y DyS se realizan con presupuesto ordinario del MINAMB, o con apoyo financiero de otras instancias nacionales e internacionales, de acuerdo a los intereses de los actores de cada proyecto en particular.

Una debilidad muy importante es el escaso conocimiento de los niveles gerenciales en organismos públicos y privados, de las complejas interrelaciones socioeconómicas de los problemas ambientales; en consecuencia, éstos tienden a verse como asuntos cuya solución recae exclusivamente en el MINAMB, limitando en gran medida la creación de los indispensables lazos interinstitucionales requeridos para solventar problemas que son, en esencia, de origen y consecuencias multifactoriales. Ejemplos de requerimientos de capacidad para niveles gerenciales se muestran en la Tabla 26.

Aunque el marco de políticas generales existe para las tres áreas, las funciones, atribuciones y responsabilidades en las mismas están dispersas entre varios entes gubernamentales, pero no se han asignado las nuevas funciones institucionales, ni establecido los mecanismos para el seguimiento y control de planes y proyectos interinstitucionales y la rendición de cuentas de los mismos. Asimismo, deben organizarse mecanismos (por ejemplo, una comisión interministerial) para armonizar las políticas públicas en las tres áreas.

**Tabla 26.** Ejemplos de requerimientos de capacitación a nivel gerencial para mejorar el trabajo en el área ambiental.

Aspectos	Actores
Temas Económico – Financieros del área ambiental	Ministerios del poder popular en el sector económico, Fedecámaras, Facultades de Economía
Manejo Institucional	Oficinas ambientales de alcaldías y gobernaciones, Directores de ministerios del poder popular.
Políticas de Transferencia de Tecnología	Oficinas ambientales de alcaldías y gobernaciones, Directores y Jefes de División de ministerios del poder popular, Empresarios, Productores, ONG's
Costos de vulnerabilidad, adaptación y mitigación (CC)	Oficinas ambientales de alcaldías y gobernaciones, Directores, Jefes de División, Empresarios, Productores, ONG's
Técnico – Científicos de evaluación de Vulnerabilidad y Adaptación, mitigación	Oficinas ambientales de alcaldías y gobernaciones, Profesionales y gerentes medios, Empresarios, Productores, ONG's
Mercados (Biocomercio, Agrícola)	Tomadores de decisiones, Empresarios

A pesar de que muchas limitaciones son comunes a CC, DyS y DB, hay diferencias tanto de grado como de fondo entre el área de CC respecto a DB y DyS; en primer lugar, ***cambio climático no tiene absolutamente ningún marco jurídico***, excepto el artículo de la Constitución que establece al "clima" entre los aspectos ambientales tales como el agua, la vegetación, las tierras, etc. Otra diferencia importante radica en los problemas prioritarios: para DyS y DB se trata de la escasa aplicación de planes y programas, el pobre desarrollo de metodologías y la necesidad de reforzamiento institucional, mientras que ***en cambio climático los problemas prioritarios actualmente en el país son el desconocimiento, la falta de información y la falta de herramientas tecnológicas***.

### 5.3. Requerimientos de Información e Investigación.

En general, se considera una limitación grave a la generación de información básica: la medición hidrometeorológica, el levantamiento de suelos y de vegetación, etc., debido fundamentalmente a su elevado costo, pero se considera una gran fortaleza el disponer de información procesada: mapas, inventarios, estudios, etc. El círculo que comienza con la escasa información física y socioeconómica, es en verdad un efecto de la inadecuada planificación en el país, que contempla sólo muy parcialmente políticas, planes, estrategias y proyectos de recolección de información continuos y coherentes. El círculo se cierra cuando se justifica la falta de planificación como "consecuencia" de la falta de información. Sin embargo, hay gran claridad en cuál es la información que se requiere para lidiar con los problemas en las tres áreas:

- Para DB, se necesita incrementar el conocimiento sistemático (Taxonomía, especialmente a nivel local), así como desarrollar información sobre tecnología para

4 aspectos: el uso sostenible de la DB, prevenir la degradación de hábitat, restaurar ecosistemas y mitigar los impactos sobre la DB.

- Para el área de DyS se necesita definir el enfoque y diseño metodológico para realizar el diagnóstico nacional de áreas degradadas, así como los tipos y grado de avance de la degradación de tierras.
- En CC, se requiere realizar sectorialmente los análisis de vulnerabilidad, y luego la selección de medidas de adaptación y de mitigación.

Los recursos y los procesos tecnológicos son clave tanto para generar como para analizar la información, realizar investigaciones y ejecutar actividades, y el punto más crítico es la transferencia de tecnologías. En general, **deben reforzarse las capacidades para identificar, evaluar, adquirir, desarrollar, adaptar e integrar tecnologías en diferentes campos de acción, y lograr el desarrollo del "know how" de metodologías, modelos, elaboración de proyectos, instalación de equipos**, o de cualquier actividad en las áreas de DB, DyS y CC. La situación general para estos dos aspectos es la siguiente:

- En DB las tecnologías aplicadas en el país van de las más rudimentarias a las más sofisticadas, pero todas se diseñaron sin el enfoque ecosistémico; otros aspectos pobremente dotados son la biotecnología (incluyendo la seguridad en el uso y manipulación de la misma), y la protección a conocimientos de comunidades indígenas y locales sobre el uso de la DB, particularmente de los recursos genéticos. Es parte del proceso tecnológico el aprovechamiento de los conocimientos tradicionales de indígenas y comunidades locales, y la transferencia de los mismos.
- En DyS, el problema principal en el trópico húmedo es la degradación de tierras debida a malas prácticas agrícolas; se conocen, pero no siempre se aplican, tecnologías de gestión ambiental integral en las cuencas. Es crítica la creación de bases de datos e información, centralizadas e interconectadas a todos los centros que la requieren para apoyar la toma de decisiones. También se requiere aprovechar los conocimientos tradicionales de indígenas y comunidades locales, y la transferencia de los mismos. El esfuerzo en educación y transferencia tecnológica hacia los sectores agrícola y agroindustrial es especialmente importante.
- En CC, es muy escaso el acceso a modelos y generación de escenarios tanto físicos como socioeconómicos; hay problemas graves con transferencia de tecnologías ambientalmente saludables, y poca interacción entre los centros de investigación que desarrollan y adaptan tecnología, y la empresa privada. Los principales aspectos tecnológicos son: mejorar los equipos de las industrias petrolera y de generación de energía termoeléctrica; incrementar las energías limpias; mejorar el transporte urbano; desarrollar implementos eléctricos de bajo consumo de energía; desarrollar e implantar tecnologías para optimizar el aprovechamiento del recurso hídrico, incluyendo la captación de agua de lluvia; y mejorar las tecnologías para tratamiento de desechos líquidos y sólidos.

Algunas de las investigaciones básicas requeridas en agricultura debido al cambio climático son las siguientes:



- Umbrales térmicos (especialmente los valores máximos) para los procesos fisiológicos de cultivos (germinación, floración, respiración, fotosíntesis), y razas animales (tasa de concepción, aprovechamiento del alimento), más importantes en el país.
- Umbrales térmicos para los principales tipos de plagas.
- Disminución de la producción de huevos, leche y carne en función del estrés térmico, para las principales razas en el país.
- Impacto de los cambios de temperatura y humedad en la pérdidas postcosecha.
- Impacto de los cambios en la precipitación (cantidad y distribución) sobre la dinámica de los pastos.
- Impacto económico de la disminución de la productividad.
- Escenarios de costos de medidas de adaptación.
- Desarrollo de tecnologías de aprovechamiento de agua de lluvia.
- Desarrollo de modelos de producción para *estabilizar* rendimientos.
- Aumento de la cantidad de agua disponible.
- Conservación de la humedad del suelo (Mejoramiento de la infiltración y de la eficiencia de riego).
- Reducción de la Evapotranspiración del cultivo.

Una seria limitación es que hay una profunda desvinculación entre los requerimientos de las instituciones del Estado y del sector privado en cuestión de desarrollo tecnológico e investigaciones que apoyen la toma de decisiones, y los que llevan a cabo los sectores académico y de investigación.

#### **5.4. Lineamientos para Adaptación por sistemas de producción.**

Ovalles *et al* (2005) prepararon para la Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático (MARN, 2005), el aspecto de adaptación del sector agrícola. A continuación se resume esa información. Los grandes lineamientos de adaptación incluyen:

##### 1. Aspectos institucionales:

- Implementación de una política de difusión de los Planes Estratégicos de las Instituciones del Estado y establecimiento de mecanismos de retroalimentación para ir realizando los ajustes pertinentes.
- Implementación de un mecanismo efectivo de articulación; puede ser un Consejo Interinstitucional.
- Las políticas sectoriales deben integrar criterios ambientales, y deben ser integrales de manera de asegurar respuesta conjunta y coherente a las situaciones planteadas.
- La base legislativa debe permitir tomar acciones en el corto plazo, sobre todo en lo relacionado a la implementación de planes de ordenamiento que contemplen cambios importantes en el uso actual de la tierra. No debe descartarse una revisión de leyes (legislación agrícola forestal) con la finalidad de estimular la producción.
- Se debe de disponer de recursos ordinarios para la implementación de los programas de difusión, capacitación, apoyo a la investigación e implementación de las medidas de adaptación por parte de los productores agrícolas. Se debería

establecer un fondo de contingencia que permita destinar recursos para la implementación de dichas medidas.

- Se debe establecer una política de fortalecimiento del desarrollo de:
  - ✓ Planes sociales con la finalidad de reducir la pobreza y mejorar la infraestructura y servicios en el medio rural.
  - ✓ Investigación en el sector agrícola, en particular en la generación de híbridos y variedades adaptadas a las nuevas condiciones agroecológicas, la fenología de cultivos, el fortalecimiento de los bancos de germoplasma regionales, las buenas prácticas agrícolas, los modelos, entre otros.
  - ✓ Incentivos a los productores para una adopción mas efectiva de las medidas de adaptación.
  - ✓ Nuevas tecnologías de manejo de la información y de las comunicaciones y el aprovechamiento de las redes de información en la institucionalidad agrícola.
  - ✓ Programas de transferencia, extensión y capacitación; con particular énfasis en el establecimiento de un servicio de extensión.
  - ✓ Planes de ordenamiento a escalas regionales y locales, con base en la evaluación, entre otros, de los efectos del cambio climático.
  - ✓ Mayor articulación entre sector público, sector privado, la investigación, academia y los usuarios.

## **2. Aspectos de información:**

- Generar información de calidad, actualizada y oportuna, consolidando una red climatológica con una distribución y densidad de estaciones adecuada, y la estandarización de sistemas de información para un intercambio de datos eficiente.
- Generar información de suelos a mayor escala que la que se dispone hoy día, principalmente en las regiones agrícolas.
- Sistematizar los inventarios de los recursos naturales, así como los procesos de evaluación de tierras.

## **3. Aspectos de sistemas de producción:**

- Planes de ordenamiento donde los usos propuestos garanticen el incremento del empleo y del ingreso, para favorecer el desarrollo socioeconómico del medio rural.
- Orientación al logro de una efectiva y eficiente organización de los productores.
- Garantizar la sostenibilidad de los pequeños y medianos productores.
- Incrementar la diversidad genética de los sistemas de producción a objeto reducir la vulnerabilidad ante el cambio climático y su efecto directo en los agentes bióticos y abióticos (ambiente agroecológico, plagas, enfermedades, entre otros).
- Implementación de las buenas prácticas agrícolas, orientada hacia el uso eficiente de agua y fertilizantes, reducción de los GEI, y calidad e inocuidad de los productos.
- Promover las asociaciones, rotaciones–secuencias y los sistemas agroforestales.

La Tabla 27 presenta las medidas de adaptación generales, a corto, mediano y largo plazo. Las Tablas 28, 29 y 30 presentan las medidas de adaptación para las 3 grandes zonas oriental, centro–occidental y occidental, y cada sistema de producción.

**Tabla 27.** Medidas generales de adaptación para el sector agrícola.

A Corto Plazo ( < 5 años)	<ul style="list-style-type: none"> <li>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.</li> <li>b. Implementación de Impuestos – Pago de Pasivos Ambiental (incentivo ambiental, conservación de agua, entre otros).</li> <li>c. Comenzar la implementación de las Buenas Prácticas Ambientales (BPA).</li> <li>d. Mantener la movilidad del ganado en zonas de pastoreo sujetas a sequía.</li> <li>e. Ajuste del calendario agrícola.</li> <li>f. Evaluación del impacto de las medidas de adaptación y la evolución de las condiciones socioeconómicas de los productores agrícolas.</li> </ul>
A Mediano Plazo (5 – 20 años)	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Fortalecer el desarrollo cooperativo con base a la diversificación del valor agregado de los productos.</li> <li>b. Consolidar la implementación de Impuestos – Pago de Pasivos Ambiental (incentivo ambiental, conservación de agua, entre otros).</li> <li>c. Consolidar el uso de las BPA, con orientación hacia la calidad e inocuidad de los productos.</li> <li>d. Desarrollar y distribuir híbridos y variedades de cultivos y razas de ganado resistentes a condiciones climáticas adversas (sequías, temperaturas más altas, entre otros).</li> <li>e. 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.</li> <li>f. Promocionar los sistemas de producción agroforestales para aumentar la capacidad de adaptación y mantener la biodiversidad.</li> <li>g. 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).</li> <li>h. 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.</li> <li>i. 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.</li> </ul>
A Largo Plazo ( > 20 años)	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Consolidar los sistemas de producción agroforestales.</li> <li>b. Consolidar la sustitución de cultivos.</li> <li>c. 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.</li> </ul>

**Tabla 28.** Medidas de Adaptación Políticas y Tecnológicas al Cambio Climático para los sistemas de producción en la región Oriental.

Sistema de Producción		MEDIDAS DE ADAPTACIÓN POLÍTICAS (Ordenamiento, Infraestructura, Legislación, otras)		
		CORTO PLAZO (< 5 AÑOS)	MEDIANO PLAZO (15-20 AÑOS)	LARGO PLAZO (>20 AÑOS)
Agricultura Subsistencia	Promover cooperativas para pequeños, medianos y grandes productores desde el punto de vista de mercadeo. Evaluación de la importancia que tienen los pequeños agricultores. Planes y políticas por áreas y sectores. Promoción de cultivos rentables y diversificados.		Fortalecer el desarrollo cooperativo con base a la diversificación del valor agregado de los productos. Desarrollar fuentes de financiamiento estables.	Normalizar la propiedad de la tierra. Estabilizar los planes o programas para garantizar la seguridad alimentaria.
Cacao, Coco, Café	Desarrollo de planes de zonificación agroecológica.		Desarrollo de infraestructura y canales de mercadeo que mejore la producción y el valor agregado.	
Caña, Africana	Palma Evitar las áreas marginales de expansión.		Buscar alternativas de sustitución del cultivo.	
Cítricos	Desarrollo de planes de zonificación del cultivo		Programas de selección de especies más aptas por resistencia a sequías. Planes de diversificación. Desarrollo de infraestructura de procesamiento (Producción de jugos).	
Hortalizas	Promoción de cultivos hortícolas.		Desarrollo de infraestructura. Selección de especies de menor demanda de agua.	
Pastos Ganadería	Desarrollo de programas de selección y evaluación de especies adaptadas		Planes de rotación de cultivo, mientras se establece el cultivo.	
Yuca	Planes de selección de áreas con mayor potencial		Desarrollo de infraestructura para incrementar el valor agregado de los productos.	
Pino	Definición de políticas para el uso actual y futuro de la madera que allí se produce. Estabilización de la producción. Consolidación de la infraestructura.		Zonificación y ordenamiento de las áreas de siembra. Planes de expansión hacia el sur del Orinoco como barrera protectora de ecosistema selvático y captación de CO <sub>2</sub> .	Establecer límites de áreas de expansión. Definir políticas del uso del territorio.
Sistema de Producción		MEDIDAS DE ADAPTACIÓN TECNOLÓGICAS (Información, investigación, transferencia, educación)		
Agricultura Subsistencia	Levantar toda la información sobre rubros existentes (Cuales son, donde están, áreas sembradas). Diseño de planes de investigación y transferencia de tecnologías.		Transferencia de tecnologías exitosas.	
Cacao, Caña	Evaluar los productos agronómicos y mejorar la eficiencia del riego.		Introducción de variedades más adaptadas a los potenciales cambios climáticos.	

Sistema de Producción	MEDIDAS DE ADAPTACIÓN TECNOLÓGICAS (continuación, región Oriental) (Información, investigación, transferencia, educación)		
	CORTO PLAZO (< 5 AÑOS)	MEDIANO PLAZO (15-20 AÑOS)	LARGO PLAZO (>20 AÑOS)
Coco	Mejorar el proceso de comercialización. Diversificación con cultivos anuales mientras se establece el cultivo.	Participación de los productores en las industrias procesadoras del cultivo.	
Café	Desarrollar germoplasma más resistentes.	Renovación de plantaciones y manejo ecológico de estas. Introducción de variedades más adaptadas a los potenciales cambios climáticos.	
Cítricos	Seleccionar las especies mas adaptadas a resistencia a sequías. Renovación de plantaciones. Planes de diversificación.		
Palma Africana	Estudios de rubros alternativos para sustituir la palma. Selección de especies de menor demanda de agua.		
Hortalizas	Estudios de requerimientos hídricos de los sistemas. Uso más eficiente del agua. Introducción de variedades mas adaptadas		
Pastos Ganadería	Aprovechar la situación de forrajes con un mayor valor nutritivo y al mismo tiempo más resistentes a las fluctuaciones climáticas.	Planes de rotación mientras se establece el cultivo	
Yuca	Selección y evaluación de clones.	Diversificación de la producción con otros usos: En pequeños productores (cerdos y aves), y en grandes productores (Ganado)	
Pino	Investigación sobre diversificación de uso de la materia prima; pulpa, madera etc.		

**Tabla 29.** Medidas de Adaptación Políticas y Tecnológicas al Cambio Climático para los sistemas de producción en la región Centro-Occidental.

<b>Sistema de Producción</b>		<b>MEDIDAS DE ADAPTACIÓN POLÍTICAS (Ordenamiento, Infraestructura, Legislación, otras)</b>		
		<b>CORTO PLAZO (&lt; 5 AÑOS)</b>	<b>MEDIANO PLAZO (15-20 AÑOS)</b>	<b>LARGO PLAZO (&gt;20 AÑOS)</b>
Agricultura Subsistencia	Promover la organización social. Políticas de desarrollo del sector. Tenencia de la tierra. Políticas de transferencia de tecnologías.		Fortalecer el desarrollo cooperativo con base a la diversificación del valor agregado de los productos. Desarrollar fuentes de financiamiento estables. Planes de capacitación. Políticas de transferencia de tecnologías.	Normalizar la propiedad de la tierra. Estabilizar los planes o programas para garantizar la seguridad alimentaria.
Cacao	Planes de incentivos para mejorar la competitividad. Planes de ordenamiento, orientado a la selección de zonas de mayor adaptabilidad agroecológica.			
Cítricos (Miranda)	Política de desarrollo de infraestructura (vialidad) Política de precios			
Maíz, Sorgo (Guárico)	Planes de ordenamiento			
Arroz, Hortalizas, Pastos (Guárico)	Planes de ordenamiento y desarrollo de infraestructura según medidas generales señaladas con anterioridad			
Cítricos (Carabobo)	Planes de ordenamiento según la aptitud agroecológica, infraestructura de riego, políticas de precios.			
Caña (Yaracuy) Palma Africana	Planes de ordenamiento y desarrollo de infraestructura según medidas generales señaladas con anterioridad			
Maíz (Yaracuy)	Zonificación según la potencialidad agroecológica, desarrollo de infraestructura de riego y drenaje.			
Leguminosas (Yaracuy)	Planes de ordenamiento y desarrollo de infraestructura según medidas generales señaladas con anterioridad			
Cítricos (Yaracuy)	Planes de ordenamiento según la aptitud agroecológica, infraestructura de riego, políticas de precios.			
<b>Sistema de Producción</b>		<b>MEDIDAS DE ADAPTACIÓN TECNOLÓGICAS (Ordenamiento, Infraestructura, Legislación, otras)</b>		
Agricultura Subsistencia	Transferencia de tecnologías. Formación generación de relevo.		Capacitación.	Capacitación.
Cacao	Mejoramiento genético, caracterización sistemas de producción, manejo agronómico.			
Cítricos (Miranda)	Información agroecológica, medidas de conservación de suelos y agua, obtención de porta injertos tolerantes a la sequía, transferencia de agrotecnologías.			
Maíz (Guárico)	Diversificación del cultivo, definición de calendario agrícola, mejoramiento genético orientado hacia el rendimiento y la adaptabilidad, mejora en las prácticas agronómicas (uso de coberturas).			
Sorgo (Guárico)	Sustitución del maíz.			
Arroz (Guárico)	Eficiencia del uso del agua de riego, uso de arroz de secano con riego complementario, manejo integrado orientado a reducir el impacto ambiental			
Hortalizas (Guá.)	Eficiencia del uso del agua, manejo integrado, disminución de uso de biocidas.			
<b>Sistema de Producción</b>		<b>MEDIDAS DE ADAPTACIÓN TECNOLÓGICAS (continuación, región Centro-Occidental) (Ordenamiento, Infraestructura, Legislación, otras)</b>		
		<b>CORTO PLAZO (&lt; 5 AÑOS)</b>	<b>MEDIANO PLAZO (15-20 AÑOS)</b>	<b>LARGO PLAZO (&gt;20 AÑOS)</b>

Pastos	<p>Uso de especies tolerantes a la sequía.                  Banco de germoplasma y de materiales probados para condiciones de menor disponibilidad de agua.                  Difusión de técnicas de conservación del pasto (importante): heno, harina, ensilaje, uso de caña etc.                  Diversificación de fuentes alimenticias</p>	<p>Cambios de Manejos del pasto adaptados a los nuevos escenarios.</p>
Cítricos (Carabobo)	<p>Información agroecológica, medidas de conservación de suelos y agua, obtención de porta injertos tolerantes a la sequía, eficiencia de riego (goteo), cosecha del agua.</p>	
Caña (Yaracuy)	<p>Uso de riego localizado, uso de maduradores fisiológicos, uso de cultivares tolerantes a la sequía</p>	<p>Usos con cultivos alternativos adaptados a las condiciones agroecológicas</p>
Palma Africana	<p>Mejoramiento genético, bancos de germoplasma con material adaptado a las condiciones agroecológicas, manejo agronómico</p>	<p>Banco de germoplasma con material adaptado a las condiciones agroecológicas</p>
Maíz (Yaracuy)	<p>Transferencia de tecnología, obtención de cultivares tolerantes a las condiciones agroecológicas</p>	
Leguminosas (Yaracuy)	<p>Asociaciones de cultivos</p>	
Cítricos (Yaracuy)	<p>Información agroecológica, medidas de conservación de suelos y agua, eficiencia de uso de agua, selección de materiales que se acerquen a la calidad de los de Carabobo.</p>	

**Tabla 30.** Medidas de Adaptación Políticas y Tecnológicas al Cambio Climático para los sistemas de producción en la región Occidental.

Sistema de Producción	MEDIDAS DE ADAPTACIÓN POLÍTICAS (Ordenamiento, Infraestructura, Legislación, otras)		
	CORTO PLAZO (< 5 AÑOS)	MEDIANO PLAZO (15-20 AÑOS)	LARGO PLAZO (>20 AÑOS)
Plátano	Planes de ordenamiento y desarrollo de infraestructura según medidas generales señaladas con anterioridad		
Palma	Planes de ordenamiento y desarrollo de infraestructura según medidas generales señaladas con anterioridad		
Pastos (Sur del Lago)	Políticas de fortalecer el procesamiento local (Valor agregado)		
Cacao (Sur del Lago)	Políticas de desarrollo orientadas a la mejora de la infraestructura de riego y drenaje		
Musáceas (Costa Oriental del Lago)	Políticas de desarrollo orientadas a la mejora de la infraestructura de riego y drenaje		
Maíz, Pastos, Caña (Costa Oriental del Lago)	Planes de ordenamiento del uso.		
Café (Táchira)	Planes de ordenamiento y desarrollo de infraestructura según medidas generales señaladas con anterioridad		
Papa (Táchira)	Política de Implementación de Servicio de Diagnostico Regional.		
Ganadería (Táchira)	Políticas de Procesamiento de leche.		
Hortalizas (Táchira)	Planes de ordenamiento y desarrollo de infraestructura según medidas generales señaladas con anterioridad		
Ganadería (Piedemonte)	Política de Implementación de Servicio de Diagnostico Regional.		
Plantaciones forestales (Piedemonte)	Políticas de Procesamiento de leche.		
	Políticas de Financiamiento de sistemas agroforestales-agrosilvoforestal.		
Sistema de Producción	MEDIDAS DE ADAPTACIÓN TECNOLÓGICAS (Información, investigación, transferencia, educación)		
Plátano	Manejo agronómico del sistema. Medidas de Saneamiento de tierra(control inundaciones). Semillas limpia sana, libre enfermedades	Manejo sistema de riego Sistema integrado.	Manejo sistema de riego. Sistema integrado
Palma	Producción de semilla, corregir la dependencia foránea. Sistema integrado. Aprovechamiento de agua, el Sur del Lago posee agua sub superficiales aprovechables. Banco de germoplasma y de materiales probados para condiciones de menor disponibilidad de agua.	Sistema integrado. Aprovechamiento de agua, el Sur del Lago posee agua sub superficiales aprovechables. Sistemas de riego más adaptados.	
Pastos (Sur del Lago)	Difusión de técnicas de conservación del pasto (importante): heno, harina, ensilaje, uso de caña etc. Diversificación de fuentes alimenticias	Cambios de Manejos del pasto adaptados a los nuevos escenarios.	
Sistema de Producción	MEDIDAS DE ADAPTACIÓN TECNOLÓGICAS (continuación, región Occidental) (Información, investigación, transferencia, educación)		



	<b>CORTO PLAZO (&lt; 5 AÑOS)</b>	<b>MEDIANO PLAZO (15-20 AÑOS)</b>	<b>LARGO PLAZO (&gt;20 AÑOS)</b>
Cacao (Sur del Lago)	Procesamiento "in situ", introducir técnicas para darle valor agregado. Regionalización de bancos de germoplasma y de propagación. Densidad de siembra, uso de coberturas, diseños de siembra.		
Musáceas (Costa Oriental del Lago)	Desarrollo de cultivares tolerantes a la sequía.		
Maíz (Costa Oriental del Lago)	Diversificación del cultivo, mejoramiento de los maíces criollos orientado al mayor rendimiento.		
Pastos (Costa Oriental del Lago)	Banco de germoplasma y de materiales probados para condiciones de menor disponibilidad de agua. Difusión de técnicas de conservación del pasto (importante): heno, harina, ensilaje, uso de caña etc. Diversificación de fuentes alimenticias	Cambios de Manejos del pasto adaptados a los nuevos escenarios.	
Caña (Costa Oriental del Lago)	Eficiencia de uso del agua, uso de maduradores y nuevas variedades, manejo agronómico mejorado. Actualmente se siembra cultivar Arábico, introducir cultivares con mayor resistencia al déficit hídrico, y de temperaturas		
Café (Táchira)	Incrementar uso de sistemas asociados, diversificación. Procesamiento ecológico.		
Papa (Táchira)	Mejoramiento genético y en los aspectos uso eficiente agua, uso fertirrigación, biocidas, manejo integrado de plagas. Cultivos asociados, coberturas.		
Ganadería (Táchira)	Mejoramiento animal, sistemas de conservación de alimento para el animal, según época, fuentes alternas para disminuir costos de producción, nuevas fuentes alimenticias (caña, leguminosas, etc.). Saneamiento animal.		
Hortalizas (Táchira)	Mejoramiento genético y en los aspectos uso eficiente agua, uso fertirrigación, biocidas, manejo integrado de plagas. Cultivos asociados, coberturas. Cubrir las deficiencias de producción de semilla mejoradas. Tecnología para ganadería doble propósito Intensificar investigación en sistemas silvopastoril.		
Ganadería (Piedemonte)	Uso de inseminación artificial para mejora de los rebaños. Mejoramiento del animal, tolerante a condiciones de alta temperatura.		
Plantaciones forestales (Piedemonte)	Investigación enfermedades infecto contagiosa. Producción, recolección y certificación de semilla. Uso de cobertura en la fase de implantación		

## 5.5. Recomendaciones del sector agrícola para un Plan Nacional en Cambio Climático.

14. Considerar las sinergias con las otras Convenciones Ambientales de Naciones Unidas, especialmente la de Desertificación. En la Tabla 31 se señalan algunas de las áreas de sinergias más importantes.

**Tabla 31.** Prioridades de acción para sinergias entre las Convenciones Ambientales.

Políticas nacionales, cooperación internacional y financiamiento	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Definir una política ambiental intersectorial.</li> <li>2. Manejar en forma sinérgica los acuerdos ambientales multilaterales.</li> <li>3. Manejar en forma conjunta los recursos destinados a la ejecución de las Convenciones.</li> <li>4. Definir una política comunicacional agresiva y permanente.</li> </ol>
Sistemas de información y capacitación	<ol style="list-style-type: none"> <li>5. Hacer el inventario de quiénes somos, qué estamos haciendo y dónde estamos.</li> <li>6. Definir los elementos comunes ya establecidos en los planes de las convenciones, a través de un grupo de trabajo conformado por los puntos focales de las mismas, a los fines de producir un documento que abarque dichos puntos en la aplicación de las convenciones en Venezuela.</li> <li>7. Aumentar el número de actores participantes, a través de programas de divulgación y capacitación.</li> <li>8. Dirigir hacia las comunidades campañas de divulgación, capacitación y educación (sensibilización), a fin de incrementar su grado de participación.</li> <li>9. Inventariar la información disponible e identificar los "vacíos" de información.</li> <li>10. Organizar un sistema integrado de generación de información procesada e intercambio de información que sea común a las convenciones, lo cual requiere la organización del proceso interinstitucional. Se recomienda especialmente oficializar la publicación periódica de indicadores ambientales.</li> <li>11. Organizar cursos, talleres para fortalecer la capacidad de negociación en cada convención.</li> <li>12. Establecer mecanismos de coordinación: Intra-MINAMB, Inter-Convenciones, Interinstitucionales y con las comunidades.</li> </ol>
Otras	<ol style="list-style-type: none"> <li>13. Evaluar los elementos comunes en los planes de las convenciones.</li> </ol>

15. Integrar las actividades del sector agrícola en las 6 Líneas de Acción establecidas en la Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático, e incluir a los temas de las tres Convenciones Ambientales como variables de análisis en los Planes Estratégicos Sectoriales.

16. Establecer un programa para comenzar a discutir en profundidad, con todos los actores del sector agrícola, los grandes lineamientos de adaptación y su posible jerarquización, como por ejemplo: aumento de la superficie regada vs desarrollo de variedades resistentes a la sequía; reubicación de sistemas productivos en nuevas áreas agrícolas vs desarrollo de nuevas tecnologías para mantenerlos en los lugares originales vs desarrollo de otros sistemas productivos en el área.

17. Asignar funciones relativas al cambio climático en las instituciones del sector agrícola y establecer mecanismos expeditos y eficientes para el control y seguimiento de los planes, y para la rendición de cuentas.

18. Dado que aún no está claramente definido el marco institucional para cambio climático, incrementar de modo oficial la interacción intrasectorial en el tema, y de modo oficioso con otros entes (MINAMB, Cancillería, Universidades, entre otros).
19. Definir un conjunto mínimo de actividades sinérgicas intrainstitucionales para el sector agrícola, e interinstitucionales con MINAMB y otros entes generadores de información básica (física y socioeconómica), para concentrar, organizar y hacer de fácil acceso la información existente (por ejemplo, crear un SIG agrícola).
20. Comenzar a desarrollar lineamientos para los aspectos jurídicos del sector agrícola en relación al cambio climático, a fin de contribuir al desarrollo del marco jurídico.
21. Desarrollar una política de apoyo económico–financiero a las prácticas agrícolas que reduzcan emisiones y/o aumenten sumideros, que utilicen menos agua y generen menor contaminación por agroquímicos.
22. Capacitar personal del sector agrícola en los diversos aspectos de su relación con cambio climático: análisis de vulnerabilidad, medidas de adaptación, tecnologías de mitigación, impactos y costos económicos, etc.
23. Definir las modalidades y los reglamentos específicos que regulen la contraloría social ambiental en los aspectos agrícolas que influyen al cambio climático (mitigación), y en los aspectos del cambio climático que influyen al sector agrícola (adaptación), y generar capacidades en las comunidades para que puedan realizar esta función de modo eficiente.
24. Apoyar la generación de información básica, física y socioeconómica, aprovechando la capacidad del sector agrícola en términos de empleados, sedes regionales, campos de investigación, relaciones con productores, y en general, todos los recursos que el sector puede compartir para obtener un insumo básico para sus propias actividades, como por ejemplo la información climática.
25. Apoyar el desarrollo del monitoreo de productividad agrícola vegetal y animal, mediante indicadores simples, aprovechando las capacidades mencionadas en el ítem anterior.
26. Apoyar la elaboración prioritaria de estudios sobre sequía, usando indicadores simples como el SPI en combinación con información socio–ambiental (potencialidades y limitaciones para agricultura y recursos hídricos; uso actual de la tierra; infraestructura hidráulica presente; población, entre otras), para llegar a una zonificación de vulnerabilidad ante la sequía.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. Aranguren, M.B. (2008). **VENEZUELA. Informe de análisis base de datos de pérdidas por desastres Versión 1.8.** Proyecto PREDECAN, Apoyo a la Prevención de Desastres en la Comunidad Andina, Consultoría 025–2006: *Creación, actualización y/o homogeneización de inventarios de desastres por eventos históricos y cotidianos a nivel de la Subregión Andina.* Edición: Corporación Osso. Cali, Colombia.
2. **Atlas Práctico de Venezuela.** (s/f). Publicación en fascículos del diario El Nacional y Cartografía Nacional-MARNR. Caracas, Venezuela.
3. **Cambio Global. Impacto de la actividad humana sobre el sistema Tierra.** (2006). Colección Divulgación, Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid, España.
4. 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, CAF. Caracas, Venezuela.
5. Cárdenas, P., Alonso, R. (2003). **Variaciones de la Temperatura del Aire en Venezuela.** Proyecto MARN–PNUD VEN/00/G31 Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático de Venezuela. Caracas, Venezuela.
6. Cárdenas, P., De Grazy, E. (2003). **Tendencia a largo plazo en la Precipitación para Venezuela.** Proyecto MARN–PNUD VEN/00/G31 Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático de Venezuela. Caracas, Venezuela.
7. Cárdenas, P., Martelo, M.T., García, L.F., Gil, A. (2003). **Impacto de los eventos El Niño – Oscilación del Sur en Venezuela. Parte II.** Corporación Andina de Fomento, CAF. Caracas, Venezuela.
8. Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial – CIDIAT. (2205). **Análisis de los posibles impactos de los cambios climáticos sobre los recursos hídricos en Venezuela.** Proyecto MARN–PNUD VEN/00/G31 Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático de Venezuela. Mérida, Venezuela.
9. Córcega, E. (2006). **Consecuencias agrícolas y ambientales del cambio climático a escala local: estudio del caso de las Estaciones Experimentales de la facultad de agronomía – UCV.** Tesis de Grado para optar al título de Ingeniero Agrónomo Mención Fitotecnia, UCV. Maracay, Venezuela.
10. Corporación Andina de Fomento – CAF. (2000). **Las lecciones de El Niño: Vol.VI, Venezuela. Memorias del Fenómeno El Niño 1997–1998. Retos y Propuestas para la región Andina.** Unidad de Publicaciones de la CAF. Caracas, Venezuela.
11. Hernández, R. (1999). **Calendarios de Siembra del estado Guárico.** Dirección de Hidrología y Meteorología, Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales. Caracas, Venezuela.
12. Hernández, R. (2008). **Caracterización de la sequía meteorológica en los climas Áridos, Semiáridos y Subhúmedos Secos en los Llanos Centro Orientales de Venezuela, para el manejo de los recursos hídricos.** Tesis para la Maestría en Gerencia Ambiental, Instituto Universitario Politécnico de las Fuerzas Armadas Nacionales (IUPFAN). Mayo 2008. Caracas,

Venezuela.

13. <http://www.fao.org/docrep/X5320S/x5320s04.htm> - La desertificación y sus causas.
14. <http://www.ine.gov.ve/ine/>
15. <http://www.ipcc.ch>
16. Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC. (2001). **Impacts, Adaptation and Vulnerability – Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report (TAR) of the IPCC**. Cambridge University Press, United Kingdom.
17. Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC. (2007a). **Working Group I Report "The Physical Science Basis"** Technical Summary. Cambridge University Press, United Kingdom.
18. Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC. (2007b). **Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK.
19. Lisboa, E., Martelo, M.T. (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 y Meteorología, MARN. Caracas, Venezuela.
20. Martelo, M.T. (1992). **Relaciones Clima–Maíz en la Finca Naranjal, estado Yaracuy**. Dirección de Hidrología y Meteorología, Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales. Caracas, Venezuela.
21. Martelo, M.T. (1993). **Calendarios de Siembra del estado Yaracuy**. Dirección de Hidrología y Meteorología, Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales. Caracas, Venezuela.
22. Martelo, M.T. (2000a). **Estudio sobre la posible influencia del Fenómeno "El Niño–Oscilación del Sur" (ENOS) sobre el clima de los Llanos en Venezuela**, en: Reunión de Expertos de las Asociaciones Regionales AR-III y AR-IV sobre Fenómenos Adversos (111-118). Organización Meteorológica Mundial, 2000. Ginebra, Suiza.
23. Martelo, M.T. (2000b). Proyecto CONICIT N° 96001922 **Reforzamiento de los Sistemas de Información Hidroclimática Digitalizada de Venezuela**. Dirección de Hidrología y Meteorología, Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales. Caracas, Venezuela. (Archivos Digitalizados de: Mapas mensuales y anual de Precipitación, Mapas anuales de Temperatura Máxima Media y Temperatura Mínima Media, 8 Mapas de Clasificación Agroclimática para 11 Estados al Norte del Orinoco, Mapa Hidrogeológico, 2000 Registros Geoeléctricos. Fuente de los mapas y Registros Geoeléctricos: 21 estudios del Departamento de Agrometeorología de diversos autores, estudios del Departamento de Aguas Subterráneas de diversos autores).
24. Martelo, M.T. (2002). **Influencia de las variables macroclimáticas en el Clima de Venezuela**. Trabajo de Ascenso a la Categoría de profesor Asistente, Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Dpto. de Ingeniería Agrícola. Maracay, Venezuela.

25. Martelo, M.T. (2004). **Consecuencias ambientales generales del Cambio Climático en Venezuela**. Trabajo de Ascenso a la Categoría de profesor Agregado, Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Dpto. de Ingeniería Agrícola. Maracay, Venezuela.
26. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales – MARN. (2004). **Programa de Acción Nacional de lucha contra la Desertificación y Mitigación de la Sequía, República Bolivariana de Venezuela**. Fundambiente. Caracas, Venezuela.
27. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales – MARN. (2005). **Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático de Venezuela**. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Fondo Mundial para el Medio Ambiente. Fundambiente. Caracas, Venezuela.
28. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales – MARN. (s/f). Borrador del "**Libro de Recursos Hídricos en Venezuela**". Dirección General de Cuencas Hidrográficas. Caracas, Venezuela.
29. Osorio. L., Urbina, C. (1993). **Calendarios de Siembra del estado Cojedes**. Dirección de Hidrología y Meteorología, Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales. Caracas, Venezuela.
30. Osorio. L. (1994). **Calendarios de Siembra del estado Anzoátegui**. Dirección de Hidrología y Meteorología, Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales. Caracas, Venezuela.
31. Ovalles, F.; Cabrera, E.; Cortéz, A.; Rodríguez, M.F.; Rey, J.C. (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**. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas – INIA. Proyecto MARN–PNUD VEN/00/G31 Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático de Venezuela. Maracay, Venezuela.
32. Parry, M., Carter, T., Konijn, N.T. (1988). **The Impact of Climatic Variations on Agriculture**.
33. Puche, M., Silva, O., Warnock, R.. (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 MARN–PNUD VEN/00/G31 Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático de Venezuela. Maracay, Venezuela.
34. Rivero, R. (2008). **Workbook on climate change impact assessment in agriculture: Basic knowledge, methodologies and Tools**. Caribbean Community Climate Change Centre & Instituto Cubano de Meteorología. ISBN 978-976-95260-1-3.
35. Rodríguez, B. (2004). **Calendarios de Siembra del estado Sucre**. Tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo en la Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela.
36. Sáez. V. (1993). **Calendarios de Siembra del estado Portuguesa**. Dirección de Hidrología y Meteorología, Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales. Caracas, Venezuela.

37. Sáez, V., Durán, C. (1994). ***Calendarios de Siembra del estado Barinas***. Dirección de Hidrología y Meteorología, Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales. Caracas, Venezuela.
38. Sáez, V. (1995). ***Calendarios de Siembra del estado Miranda***. Dirección de Hidrología y Meteorología, Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales. Caracas, Venezuela.
39. Suárez, J. (2000). ***Análisis de las lluvias acumuladas extremas para cinco, diez y quince días en la región norte – costera de Venezuela***. Dirección de Hidrología y Meteorología, Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales. Caracas, Venezuela.
40. Urbina, C. (1997). ***Calendarios de Siembra del estado Monagas***. Dirección de Hidrología y Meteorología, Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales. Caracas, Venezuela.
41. Vasili, A. (1980). ***Agrometeorología Tropical***. Editorial Científico-Técnica. Cuba.
42. Vivas, Z., Martelo, M.T. (1994). ***Determinación de Fechas de Siembra en el estado Carabobo***. Dirección de Hidrología y Meteorología, Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales. Caracas, Venezuela.
43. Vivas, Z., Martelo, M.T., Moreno, A. (1995). ***Agroclimatología del estado Aragua***. Dirección de Hidrología y Meteorología, Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales. Caracas, Venezuela.