



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MEXICO

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS

COLEGIO DE GEOGRAFÍA

**EFFECTOS DEL CAMBIO Y
VARIABILIDAD CLIMÁTICOS EN EL
CULTIVO DE SOYA (*Glycine max (L.)*) EN
EL MUNICIPIO DE GONZÁLEZ,
TAMAULIPAS**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADA EN GEOGRAFÍA

P R E S E N T A

EMMA SILVA MORALES

ASESOR: DRA. ANA CECILIA CONDE ÁLVAREZ



CIUDAD UNIVERSITARIA, MÉXICO, D.F., 2008



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Dedicatoria:

A Dios quien me ha permitido concluir esta etapa de mi vida, por brindarme la paciencia y el ánimo y el tiempo necesario para seguir avanzando.

A mis Padres quienes me han apoyado toda mi vida, brindándome su amor, paciencia y su tiempo sin importar los problemas. Por confiar en que lograría cumplir mis sueños y los de ellos.

A mi esposo José Marcos quien me ha apoyado incondicionalmente desde que nos conocimos, por sus consejos, y la confianza que ha depositado en mí, su comprensión en los momentos difíciles de mi vida él siempre esta conmigo.

A mi hija Emma Alessandra quien llegó a mi vida, me ha alegrado con su presencia y por la cual me esforcé para dedicarle la tesis.

A mis Hermanos quienes quiero y adoro, apoyándome en todo momento.

AGRADECIMIENTOS

A mi asesora la **Dra. Ana Cecilia Conde Álvarez**, quien me ha apoyado en todo momento brindándome su conocimiento, experiencia y un ambiente de trabajo agradable. Por tenerme paciencia durante el tiempo que duro la elaboración de la tesis y nunca dejarme sin su apoyo.

A mis sinodales al **Dr. Carlos Gay García** por sus comentarios y tiempo dedicados por la estancia en el Centro de Ciencias de la Atmósfera. A la **Dra. Rebeca Guadalupe Granados Ramírez** por su comprensión y dedicación a mi trabajo, por sus consejos y apoyo incondicional. A la **Mtra. María de la Paz Barrios Medina** a quien conozco desde el colegio de geografía y ha contribuido en mí formación por su amplia experiencia en climatología. Al **Mtro. Alejandro Monterroso Rivas** por su tiempo y experiencia en las cuestiones agrícolas y del programa Cropwat,

A la **Universidad Nacional Autónoma de México** por haberme brindado la oportunidad de concluir la carrera de Geografía en la Facultad de Filosofía y Letras. A todos los profesores con los que estuve en sus clases aportándome parte de su conocimiento en mi formación profesional y de los cuales tengo presente gratos recuerdos.

A la **Universidad Autónoma de Tamaulipas** en especial al **Dr. Gerardo Sánchez Torres** y **Rocío del Carmen Vargas Castilleja** al brindarnos la información agrícola de la zona de estudio, a sus valiosas investigaciones que aportaron en la contribución de la tesis, por las entrevistas realizadas en campo. Y agradecerles a los **Productores agrícolas** del municipio de González quienes brindaron su apoyo y tiempo a las entrevistas.

A mis compañeros y amigos de carrera **Violeta Vidrios, Julián Alejandro, Ismael, Helbet Velásquez**, quienes me apoyaron y brindaron su ayuda en la realización de la tesis.

A mis muy estimados amigos **Silvia Valencia, Ignacio Muñoz, José Manuel Figueroa, Guillermo Rosales**, quienes me han apoyado siempre con sus consejos.

Para todos ellos son estos agradecimientos, ya que sin su apoyo y la ayuda proporcionada de cada uno no se hubiera logrado concluir esta tesis.

GRACIAS

INDICE

INTRODUCCIÓN	I
CAPITULO 1. EVOLUCIÓN HISTÓRICA Y DISTRIBUCIÓN DE LA SOYA	
1.1 Marco histórico.....	1
1.2 Marco físico (Geográfico) en el municipio de González.....	8
1.3 Condiciones Socioeconómicas del municipio de González	18
CAPITULO 2. EL CULTIVO DE SOYA	
2.1 Descripción taxonómica.....	21
2.2 Condiciones agroecológicas del cultivo de soya.....	23
2.2.1 Influencia del clima	
2.2.2 Temperatura	
2.2.3 Precipitación	
2.2.4 Viento	
2.2.5 Humedad	
2.2.6 Luz	
2.2.7 Suelo	
2.3 Condiciones agroecológicas de la soya en el municipio de González	35
2.4 Fenología	36
2.5 Variedades de la soya	39
2.5.1 Huasteca 100	
2.5.2 Huasteca 200	
2.6 Preparación del terreno.....	42
2.6.1 Técnica de preparación para la siembra	
2.7 Densidad de siembra	43
2.8 Forma de sembrar.....	43
2.9 Fertilización.....	44
2.10 Riegos	44
2.11 Problemas que enfrenta el cultivo de la soya	47
CAPITULO 3. CONCEPTOS DE CAMBIO Y VARIABILIDAD CLIMÁTICA A NIVEL GLOBAL	
Introducción.....	48
3.1 Conceptos.....	48
3.1.1 Clima	
3.1.2 Cambio climático	
3.1.3 ¿Cómo se produce el cambio climático?	
3.2 Escenarios de cambio climático.....	56
3.3 Variabilidad climática.....	61
3.4 ENSO.....	63
3.5 Canícula o sequía intraestival en México.....	65
3.6 Sensibilidad e impactos de la variabilidad climática.....	65
3.7 Vulnerabilidad y capacidad adaptativa.....	66
CAPITULO 4. CONCEPTOS DE CAMBIO Y VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN GONZÁLEZ	
4.1 Variabilidad climática en el municipio de González (sur de Tamaulipas).....	68
4.2 Fenómenos de variabilidad climática en el sur de Tamaulipas que afectan la agricultura.....	71
4.3 Ciclones tropicales.....	74
4.4 Canícula o sequía intraestival.....	78
4.5 Impactos en el norte de México.....	80

4.6 Cambio climático en el municipio de González.....	81
---	----

CAPITULO 5. ESCENARIO BASE Y ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMATICO

Introducción.....	84
5.1 La estación meteorológica 28035 y los datos climáticos.....	85
5.2 Escenario base.....	85
5.2.1 Comportamiento de la temperatura y precipitación	
5.2.2 Comportamiento de la humedad relativa y horas Sol	
5.2.3 Comportamiento del viento	
5.3 Escenario de sensibilidad.....	90
5.3.1 Escenario de sensibilidad +2° C, + -20%	
5.3.2 Escenario de sensibilidad +4° C, + -20%	
5.4 Episodios ENSO en el municipio de González.....	94
5.4.1 Análisis de los episodios ENSO	
5.4.1.A El fenómeno de El Niño: 1982-1983 y 1997-1998	
5.4.1.B El fenómeno de La Niña: 1988-1989	
5.5 Escenarios de cambio climático.....	103
5.5.1 Rangos Proyectados al 2020 y 2050	
5.5.1.A Temperatura máxima y mínima	
5.5.1.B Precipitación	

CAPITULO 6. RESULTADOS DE LOS EXPERIMENTOS NÚMERICOS CON EL MODELO CROPWAT

6.1 Programa Cropwat.....	112
6.2 Introducción de los datos al Cropwat.....	113
6.3 Experimentos numéricos con el Cropwat: Escenarios de variabilidad climática (Episodios ENSO) y cambio climático.....	117
6.3.1 Resultados de los escenarios	
6.3.1.A Escenario base	
6.3.1.B Escenario de sensibilidad	
6.3.1.C Episodios ENSO	
6.3.1.D Escenarios de cambio climático al 2020	
6.3.1.E Escenarios de cambio climático al 2050	

CONCLUSIONES.....	125
-------------------	-----

BIBLIOGRAFÍA.....	128
-------------------	-----

I n t r o d u c c i ó n

El presente trabajo se realizó para evaluar los efectos de la variabilidad climática y el cambio climático en el municipio de González, Tamaulipas, específicamente en el cultivo de soya en el ciclo agrícola primavera-verano. Para cumplir con este objetivo, se analizaron los datos climáticos del sitio de estudio y con ellos se construyó un escenario base, utilizando series de datos climáticos para el período de 1961-1990.

La región sur de Tamaulipas está dedicada a la agricultura de temporal en los cultivos que presentan mayor demanda en el mercado internacional de granos, como son el sorgo, cártamo, soya y maíz, aunque también se siembran otros productos agrícolas.

En la actualidad la actividad agrícola en el municipio de González está siendo afectada por fenómenos extremos como El Niño / La Niña, inundaciones, sequías, y probablemente por el fenómeno del calentamiento global. Estas condiciones pueden producir pérdidas de los cultivos debido a que no llegan a tolerar las nuevas condiciones adversas de la situación climática mundial actual. Se llevó a cabo el proyecto "Evaluación integrada de la vulnerabilidad social y adaptación a la variabilidad y cambio climáticos entre los productores en México y Argentina (AIACC-LA29, por sus siglas en inglés) desarrollado en México y Argentina enfocándose a estudiar los posibles impactos del cambio climático en la productividad agrícola. Tal proyecto se tiene de referencia por los análisis realizados con los escenarios climáticos utilizados en algunos cultivos del sur de Tamaulipas.

Lo anterior puede provocar la introducción de nuevos cultivos en el municipio que pudieran tener un alto potencial si se dieran las condiciones climáticas adecuadas. Esto puede basarse en el mejoramiento genético de las variedades de soya, que está realizando el Campo Experimental del Sur de Tamaulipas (CESTAM), al modificar la genética de variedades de soya permitiendo que tengan una mayor tolerancia y adaptación a las variaciones climáticas del municipio, a las plagas y enfermedades.

El cultivo de soya sobre todo las variedades utilizadas en municipio son la Huasteca 100 y la Huasteca 200, presentan tolerancia a las variaciones climáticas como es el aumento de la temperatura, y a las sequías, también son resistentes a enfermedades o plagas que merman la productividad de los cultivos, así como un alto potencial en el rendimiento del grano.

La importancia de este trabajo es analizar como es afectado el cultivo de soya por variabilidad climática, como son el fenómeno de El Niño / La Niña, al presentar condiciones climáticas drásticas en un corto tiempo y que han impactado cultivos de manera positiva y negativa. Otro problema similar son las proyecciones de escenarios de cambio climático a futuro, su objetivo es analizar las consecuencias que sucederán por el incremento de la temperatura debido a la concentración de gases de efecto invernadero que afecta el planeta, es un problema que impacta la producción de la región sur de Tamaulipas.

El primer capítulo trata de la evolución histórica de la soya, su origen, la trascendencia a nivel mundial y su importancia alimentaria. Así como su desarrollo agrícola en México, y finalmente su evolución al enfocarse a la zona de estudio, describiendo sus rasgos geográficos e históricos del municipio de González.

El segundo capítulo se enfoca a las características botánicas de la soya, las condiciones agroecológicas del cultivo; como son la temperatura, la precipitación, el tipo de suelo, el pH, entre otros factores que influyen en el desarrollo de la planta, las variedades utilizadas en la zona de estudio y las técnicas en la siembra.

En el tercer capítulo trata de los aspectos teóricos de cambio y variabilidad climática; en primer lugar se abordan los conceptos de cambio climático, los escenarios de cambio climático que permiten generar modelos futuros con respecto a las condiciones climáticas futuras. En segundo lugar se aborda el tema de variabilidad climática, describiendo particularmente a los fenómenos de El Niño y La Niña, que son de suma importancia por representar alteraciones significativas en las variaciones climáticas mundiales y locales.

El cuarto capítulo se enfoca a los sucesos y eventos de variabilidad climática que afectaron el municipio de González, así como recapitulaciones de eventos climáticos y a los estudios realizados de cambio climático en el municipio.

En el quinto capítulo se analizan los datos climáticos del escenario base (1961-1990), así como los escenarios de sensibilidad y los escenarios analógicos. También se analizaron las condiciones climáticas regionales durante los fenómenos de El Niño (1982-83 y 1997-98) y La Niña (1988-89). Por último, se presentan los escenarios de cambio climático con

los modelos de circulación general: CGCM2 (canadiense), HADCM3 (Hadley Centre versión 3 Inglaterra) y ECHAM4 (Alemania).

El sexto capítulo se describe el modelo de simulación agrícola Cropwat que se empleó para evaluar los posibles impactos del cambio y la variabilidad climáticos descritos en los capítulos anteriores, específicamente se describe paso a paso cómo se fue introduciendo la información geográfica, climática y fenológica del cultivo de soya que requiere el programa. Finalmente, se presentan los resultados obtenidos de los experimentos realizados con el modelo Cropwat y se describen brevemente algunas de las posibles alternativas ante los impactos potenciales del cambio y la variabilidad climáticos. El objetivo de esta tesis fue analizar los posibles efectos del cambio y variabilidad climáticos en el cultivo de soya en la región sur de Tamaulipas.

Hipótesis:

Para el cultivo de soya los elementos climáticos como precipitación y temperatura son indispensables en las etapas fenológicas de la planta o lo que es el desarrollo del cultivo de soya en el ciclo primavera-verano y así obtener altos rendimientos. Por lo tanto se parte de la hipótesis de que pueden presentarse alteraciones en tales elementos climáticos por un cambio o variabilidad climáticas a escala global y afectar los requerimientos del cultivo de soya e impactar de alguna manera la producción agrícola de la soya en el municipio de González, Tamaulipas.

Objetivos específicos del trabajo son:

- ❖ Recopilar la información histórica de la soya, así como las condiciones geográficas de la zona de estudio.
- ❖ Recopilar conceptos de cambio y variabilidad climática de manera general como particular.
- ❖ Evaluar si el modelo Cropwat simula las condiciones actuales y futuras del cultivo de la soya en condiciones de temporal, y para el ciclo primavera – verano.
- ❖ Analizar los posibles impactos potenciales en el cultivo de la soya en la región ante condiciones climáticas de El Niño y La Niña.
- ❖ Analizar los posibles umbrales críticos que puede soportar la soya mediante escenarios de sensibilidad.
- ❖ Analizar los impactos potenciales del cambio climático en el cultivo de la soya en la región.

CAPITULO 1

EVOLUCIÓN HISTÓRICA Y DISTRIBUCIÓN DE LA SOYA

1.1 Marco histórico

La soya es una leguminosa y oleaginosa anual, se le conoce comúnmente como frijol soya, su origen es en el sudeste de Asia, algunos autores mencionan que proviene principalmente de China, "... se habla de ella difusamente en el libro Shetnon, fue escrito unos 3000 años antes de la era vulgar¹ o sea hace unos 5000 años, época en la cual la soya era ya desde varios siglos antes cultivada bajo el nombre de Sú. Bajo este apelativo chino la soya es descrita en el antiguo diccionario Kuang-ia, donde es denominado tateu o gran guisante. El nombre de soya haya sido la derivación etimológicamente de la palabra Sú" (Cerne, 1975). Aunque también creen que su país de origen es Corea, otros creen que fue Japón o Indochina. Esto se debe a que no se sabe con exactitud de donde provino. Pero lo que sí es seguro que China la producía desde la antigüedad y la consideraban uno de los alimentos primordiales en la dieta del hombre, junto con el mijo, cebada, arroz y trigo, "El dato más antiguo de este cultivo procede de China y es de casi tres mil años" (Chapman y Carter, 1976). Existen evidencias de la soya, la cual era conocida desde antes, una de las citas menciona; "... la soya (soya) es originaria de las provincias del noreste de China y de Manchuria... la cita más antigua del cultivo de soya (soya) parece contenida en el Pen Ts'ao Kang Mu del emperador Shen Hung, cuya publicación... se remonta al año 2830 a. J.C., aunque parece ser que ya fue conocida y cultivada la planta en épocas anteriores, como aparece en inscripciones en bronce y en las pinturas arcaicas chinas" (Venturi y Amaducci, 1988).

Desde que se conoce, esta planta ha jugado un papel importante en la dieta del hombre, además de que ciertas variedades son destinadas al forraje del ganado, permitiendo obtener otros beneficios como una mayor producción de leche, carne, etc. La soya ha logrado adaptarse a las condiciones agroecológicas de la zona donde se ha cultivado y no requiere de tantos cuidados, resiste los cambios del medio que está a su alrededor. Introducirla por los países de Asia fue producida en algunos países como la India, Sri Lanka y Malasia en el siglo XVII; si bien tuvo poca relevancia los países de Europa por el

¹ Era Vulgar, hace referencia a Antes de Cristo

año de 1740, esta planta se incorpora a la colección del Jardín Botánico de París. Posteriormente llega al continente Americano; algunos autores mencionan que el año en que fue introducida por primera vez al sur de los Estados Unidos, nombrándola **fríjol de soya**, fue por el año de 1888 (Cerne, 1975). No tuvo mucha importancia en ese momento, mientras que otro autor menciona que “la soya ingresó en 1904 a los Estados Unidos, importada de Manchuria, el primer procesamiento para el aprovechamiento comercial de la soya en ese país se llevó a cabo en 1911” (Claridades Agropecuarias No. 7, 1994); este año, coincide con mas frecuencia con otros autores, siendo el momento en que tuvo más importancia, extendiéndose sus áreas de cultivo. Pero también tuvo una mayor demanda por el aceite de soja durante la Segunda Guerra Mundial, que servía como secante en las pinturas y tintas, además de un aceite comestible no desecante. (Chapman y Carter, 1976).

En México se le prestó importancia hasta la década de los 60's, cuando el campo mexicano tuvo una reestructuración, que dio origen a modificaciones en el patrón de cultivos, cobrando entonces importancia la producción de cultivos forrajeros para abastecer a los complejos agroindustriales que generadores de carnes y sus derivados, donde alcanzo “4 mil hectáreas sembradas en 1970 se da un salto enorme llegando a las 112 mil hectáreas, para elevarse en 1980 a 313 583 hectáreas” (Claridades Agropecuarias No. 7, 1994).

Cuadro 1.I. Datos históricos a nivel nacional del cultivo de soya

Año	Producción	Hectárea Sembrada	Superficie Cosechada	Rendimiento Ton/ha	Precio rural N° \$ /Ton
1960		4 mil hectáreas	**	**	**
1970		112 mil hectáreas			
1980	322 mil toneladas	313 583 hectáreas			
1981	707 mil toneladas	**			
1982	649 mil toneladas				
1983	688 mil toneladas				
1984	685 mil toneladas				
1985	929 mil toneladas				
1986	709 mil toneladas				
1987	828 mil toneladas				

**EFFECTOS DEL CAMBIO Y VARIABILIDAD CLIMÁTICOS EN EL CULTIVO DE SOYA (*Glycine max (L.)*) EN EL
MUNICIPIO DE GONZÁLEZ, TAMAULIPAS**

1988	226 mil toneladas <i>disminuyo por una sequía al N del país</i>			
1989	992 mil toneladas		490 mil toneladas	2.02
1990	575 mil toneladas		286 mil toneladas	2.01
1991	725 mil toneladas		342 mil toneladas	2.12
1992	594 mil toneladas		323 mil toneladas	1.83

N*: Nuevos pesos corrientes

** No se encontraron datos

Fuente: Claridades Agropecuarias No. 7, 1994

La tendencia que ha tenido el cultivo de la soya a nivel nacional (Cuadro 1.I), su producción comercial inició en 1960, donde muestra un crecimiento rápido para los subsecuentes años, y para los 90's se reduce, esto determina el incremento o decremento de las superficies destinadas para su cultivo. "Durante el periodo de 1980 a 1992, la soya logró mantener sus niveles altos de producción (de hecho fue el periodo donde históricamente se obtuvieron los mayores volúmenes de producción y rendimiento), debido básicamente a que conservó durante esta etapa su precio real en términos positivos,..." (Claridades Agropecuarias No. 50, 1997).

El precio es una variable que determina si el producto es rentable económicamente, es otro factor que limita la producción de soya, los productores buscan obtener ingresos que cubran los costos de producción, provocando que los precios nacionales sean más altos que los internacionales, esta desventaja permite que se importe soya de otros países.

Los estados que comenzaron a sembrar la soya fueron Sonora, Sinaloa, Chihuahua y Tamaulipas, la cual contaba con un alta demanda para la alimentación humana y para los productos que derivan de ésta, sobre todo para la industria alimentaría (energéticos, balanceados, etc.).

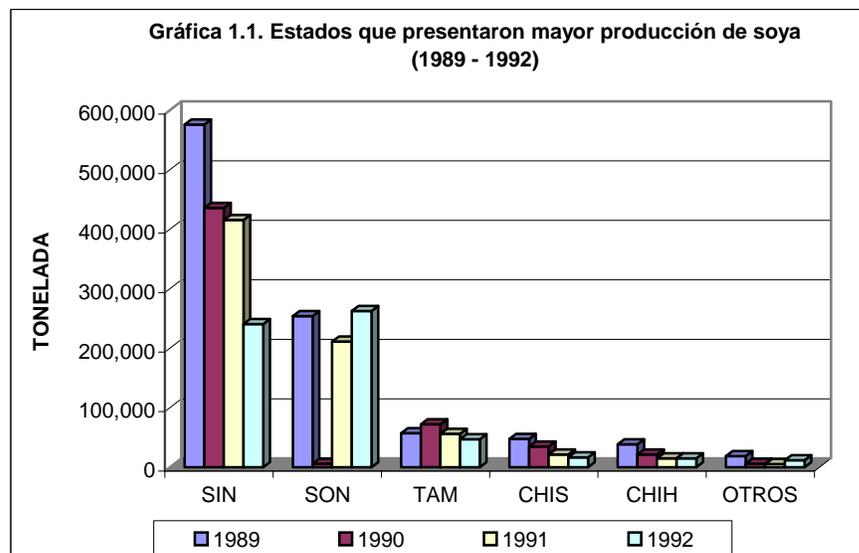
Estos estados, que iniciaron con el cultivo de soya y continúan sembrándolo actualmente, aunque no con la densidad con la que iniciaron, debido a diversas circunstancias explicadas brevemente:

1. *El estado de Sonora:* inicia en la región del Valle del Yaqui, en el año de 1959, sembrando 1 500 hectáreas, en la actualidad este cultivo esta desapareciendo de la entidad a consecuencia "... de los subsidios que el gobierno otorgó a los granos básicos,..., este caso el maíz ha ido desplazando considerablemente a la soya" (Claridades Agropecuarias No. 50, 1997), por la llegada de la mosquita blanca, debido a la falta de agua y las altas temperaturas.
2. *El estado de Sinaloa:* en la actualidad los distritos que producen la soya son: El Fuerte y Guasave, los cuales presentan problemas en la reducción de las áreas de cultivo por el ataque de plaga de la mosquita blanca la cual ha mermado los cultivos de soya durante los últimos años. Se llegó a considerar como el primer productor nacional de soya. En el año de 1988 se redujo la producción debido a la sequía y en 1992 se reduce el área destinada a la soya.
3. *El estado de Chihuahua:* se cultivó en la región de Delicias, en el año de 1967 sembrándose 150 hectáreas, se empleó el riego para su la producción. Se introdujo la soya por su fácil adaptación al clima y el suelo. Para los ciclos agrícolas de 1972 y 1973 se tuvieron pérdidas de grano "durante la cosecha... por los malos ajustes de la trilladora y por desgrane natural de la planta, esto sucede cuando el grano contiene muy bajo porcentaje de humedad" (Barreras, 1976). Registrando pérdidas de alrededor del 17% del valor de la producción general.
4. *El estado de Tamaulipas:* el cultivo se localiza en la parte sur, en los distritos de Mante y San Fernando en el año de 1968, iniciando con cerca de 150 hectáreas con la variedad Tropicana y su explotación comercial en el año de 1972, en los siguientes años esta variedad es sustituida por la Júpiter, que mostró más resistencia ante las plagas y enfermedades, además de brindar un mayor rendimiento. Se llegaron a alcanzar 90 mil hectáreas en 1977. Las cuales produjeron en el ciclo agrícola de primavera verano, en el cual se obtiene la mayor producción. Tamaulipas a diferencia de los estados ya mencionados, se basa en el calendario agrícola de temporal para el cultivo de soya. En la actualidad se siembra en el ciclo de otoño invierno, complementándose con el riego.

5. El estado de **Chiapas**: es uno de los estado que está participando desde los 90's con el cultivo de soya, sin la necesidad de emplear el riego, siendo de temporal, pero ha estado disminuyendo su producción y reduciendo sus áreas de cultivo, tal vez por la misma causa que los estados de Sonora y Sinaloa.
6. A partir de 1996 ha participado en el escenario agrícola el estado de **San Luis Potosí**, quien ha superado la producción de Sonora y Sinaloa.

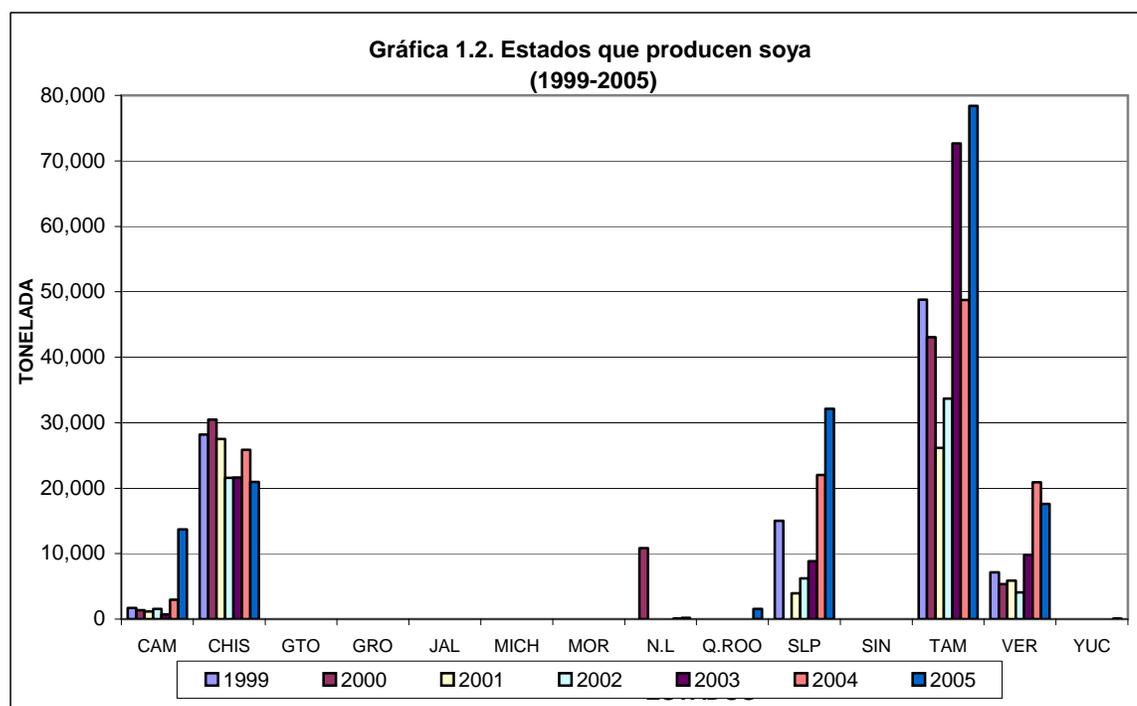
Producción Nacional

En México es reciente la introducción de la soya y sólo algunos estados la han sembrado debido a la alta demanda del mercado nacional e internacional, así que la información estadística que se representa, es de los años más recientes con datos de producción y rendimiento en el país.



Fuente: http://www.siap.gob.mx/agricola_siap/cultivo/index.jsp

Los estados de Sonora, Sinaloa y Chihuahua, los cuales cultivaban la soya por el régimen de riego, destacaron en producción en el periodo de 1990-94, con más del 80% de la producción total, y para el año de 1995 disminuye su participación a un 70%. Mientras los estados que llevaban a cabo el régimen de temporal (los estados de Tamaulipas y Chiapas) aumentaron su participación en un 87%, llegando a ser los principales abastecedores (Gráfica 1.1. y 1.2).



Fuente: http://www.siap.gob.mx/agricola_siap/cultivo/index.jsp

Cuadro 1.II. Rendimiento en toneladas por hectárea de soya, período 1989-1992

ESTADOS	1989	1990	1991	1992
SINALOA	2.275	2.104	2.274	1.854
SONORA	2.160	1.853	2.343	2.193
TAMAULIPAS	0.900	1.714	1.192	0.956
CHIAPAS	2.126	1.794	2.243	2.115
CHIHUAHUA	2.128	2.107	1.802	1.779
TOTAL NAL.	2.025	2.014	2.122	1.839

Fuente: Claridades Agropecuarias No. 7, 1994

Cuadro 1.III. Rendimiento en toneladas por hectárea de soya, período 1999-2005

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
CAMPECHE	2.17	2.45	1.49	1.8	1.1	1.95	2.59
CHIAPAS	2.3	2.39	2.3	2.34	2.55	2.38	1.81
GUANAJUATO	1			1			
GUERRERO	1.14	0.56					
JALISCO	1.5						
MICHOACAN			1.2				
MORELOS							0
NUEVO LEON		1.5	1.53			0.6	2.2
QUINTANA ROO							3.5
SAN LUIS POTOSI	2	1.33	0.75	1.5	1.63	1.93	2.64
SINALOA	0						
TAMAULIPAS	1.34	1.17	1.18	1.19	1.75	1.01	1.71
VERACRUZ	1.7	1.34	1.66	1.8	2	3	2.62
YUCATAN					0.5		3

Fuente: http://www.siap.gob.mx/agricola_siap/cultivo/index.jsp

El rendimiento es el factor que influye en los niveles de producción, indica como oscilan los movimientos o si son estables durante el periodo productivo. Se obtiene considerando

la superficie cosechable (superficie sembrada menos superficie siniestrada), la producción total y variables en las que influyen las condiciones agroclimáticas en que se está desarrollando el cultivo en el momento de hacer la estimación, como pueden ser labores de cultivo, clima, enfermedades, plagas, etc. Se aprecian variaciones que ha presentado la soya en los estados que la producen (Cuadros 1.II y 1.III), a partir de 1992 su tendencia ha disminuido incluso en algunos estados ha dejado de reportar rendimientos como en el estado de Sinaloa, mientras que otros estados que introdujeron la soya reportan rendimientos muy bajos como son el caso de Guanajuato, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nuevo León y Yucatán.

La soya ha logrado ingresar y expandirse en México, debido a la gran diversidad de derivados que genera. Como semilla se elabora la leche de soya, tofu (queso de soya), okara (subproducto de la leche), helado de soya, yogurt de soya, cacahuates de soya, café de soya, margarinas, etc. De la soya procesada se obtiene la harina de la cual, con distintos tratamientos, se consigue la harina integral o la desgrasada y sémola de soya. Otros derivados son el aceite comestible, la pasta de soya, salsas, mantecas, jabones, pinturas, lubricantes, esmaltes, etc. Además de contener un valor proteínico, es bajo en el contenido de grasas saturadas y no tiene colesterol. Por eso su importancia a nivel Nacional e Internacional.

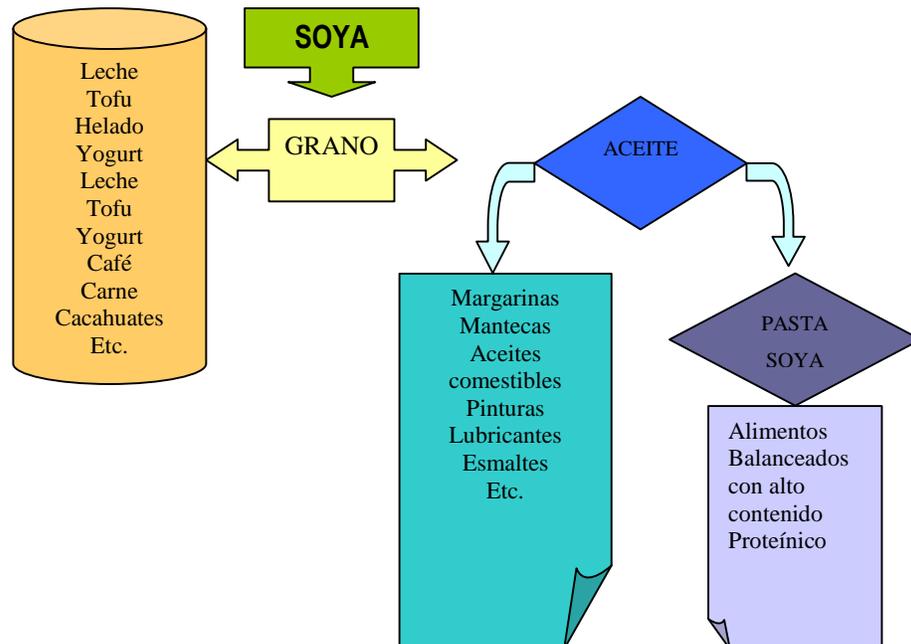


Figura 1.A. Derivados de la Soya
Fuente: Claridades Agropecuarias No. 7, 1994

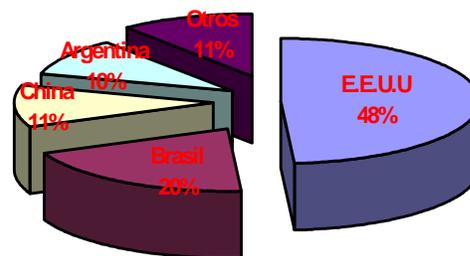
Producción mundial

La soya es la oleaginosa que más se cultiva en el mundo, se adapta fácilmente a las condiciones climáticas de las regiones donde se introduce debido a esto; se dedican recursos para apoyar su producción, que se complementa con tecnología avanzada desarrollada para obtener índices de producción y rendimientos altos. Además, se han introducido fertilizantes, semillas mejoradas, etc. Esto implicó que se dejara en segundo término el girasol, el ajonjolí, etc. En los países productores se realiza el cultivo de forma extensiva, e incluso en algunos a llegado a ser un monocultivo, debido a la alta demanda del mercado mundial y a los derivados que de la planta se obtienen.

Algunos de estos países que en los últimos años se caracterizan por su producción son:

1. Estados Unidos
2. Brasil
3. China
4. Argentina
5. Otros

Gráfica 1.3. Producción a nivel mundial de soya
Periodo 1993-1997



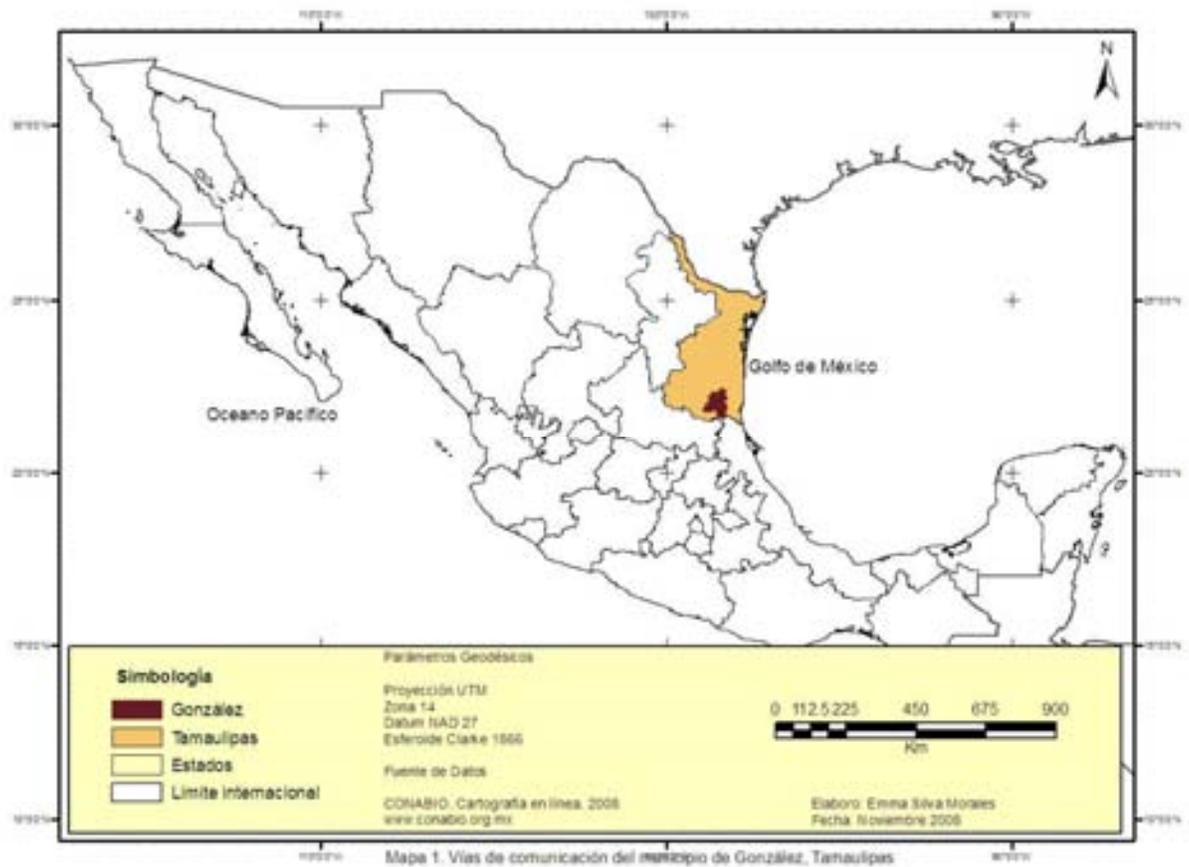
Fuente: Claridades Agropecuarias No. 7, 1994

1.2 Marco físico (geográfico) en el municipio de González

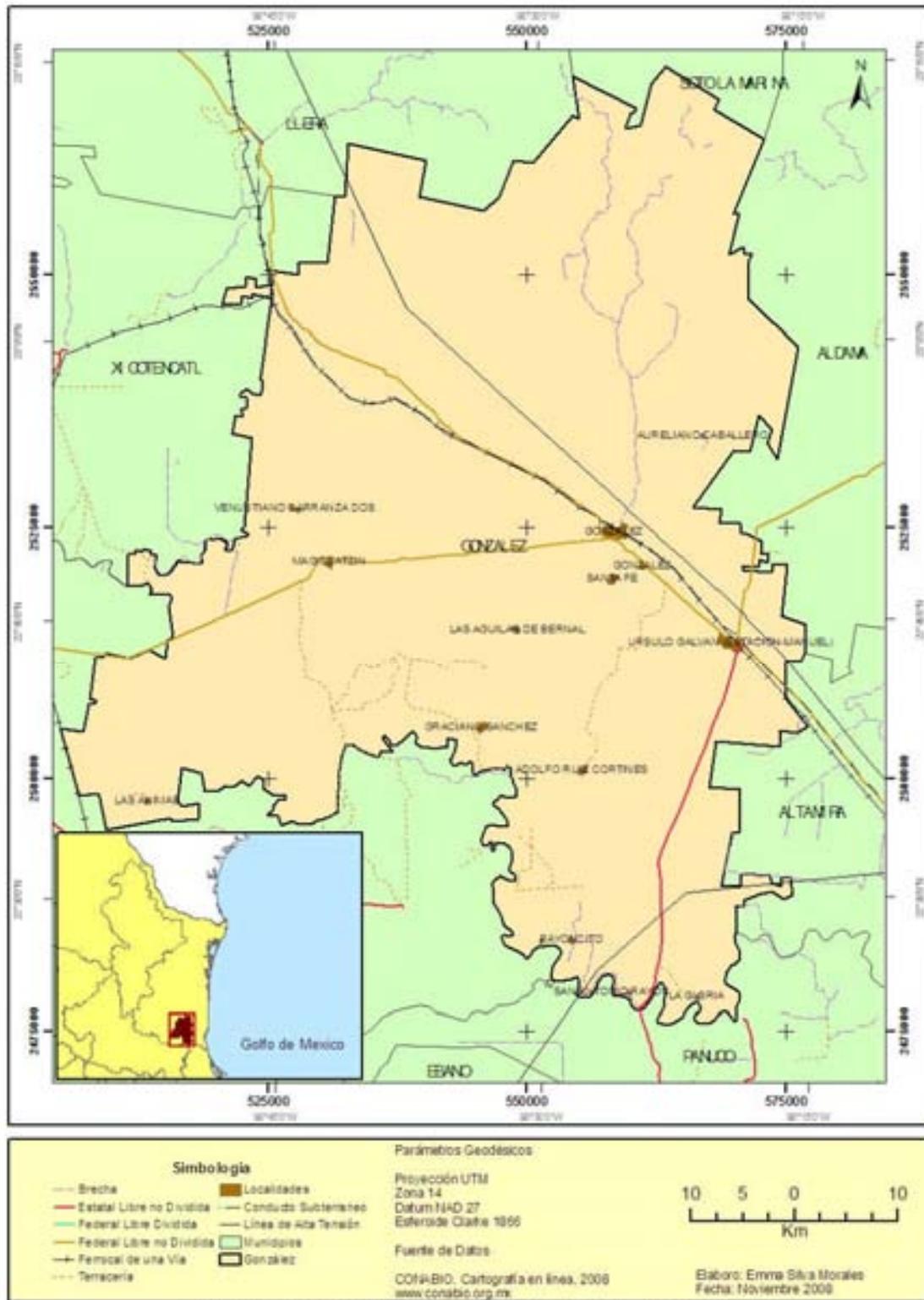
El municipio de González o Villa González se localiza al sur en el estado de Tamaulipas en las coordenadas 22° 48' latitud Norte y a los 99° 41' de longitud Oeste (Mapa 1), limitando con los municipios de Llera y Casas al Norte, Aldama y Altamira al Este, Xicotencatl y El Mante al Oeste, y el Estado de Veracruz al Sur (Mapa 1 y 2). Cuenta con una superficie de 3 491 km², y se encuentra a una altitud promedio de 56 metros sobre el nivel del mar, está conformado por 30 localidades, destacando Villa González (cabecera municipal) por concentrar poco más de la mitad de la población, mientras que otra parte considerable de la población se distribuye en los poblados de Graciano Sánchez, López Rayón, Francisco I. Madero, Santa Fe, Ruiz Cortínez, Aureliano Caballero y Magiscatzin.

**EFFECTOS DEL CAMBIO Y VARIABILIDAD CLIMÁTICOS EN EL CULTIVO DE SOYA (*Glycine max* (L.)) EN EL
MUNICIPIO DE GONZÁLEZ, TAMAULIPAS**

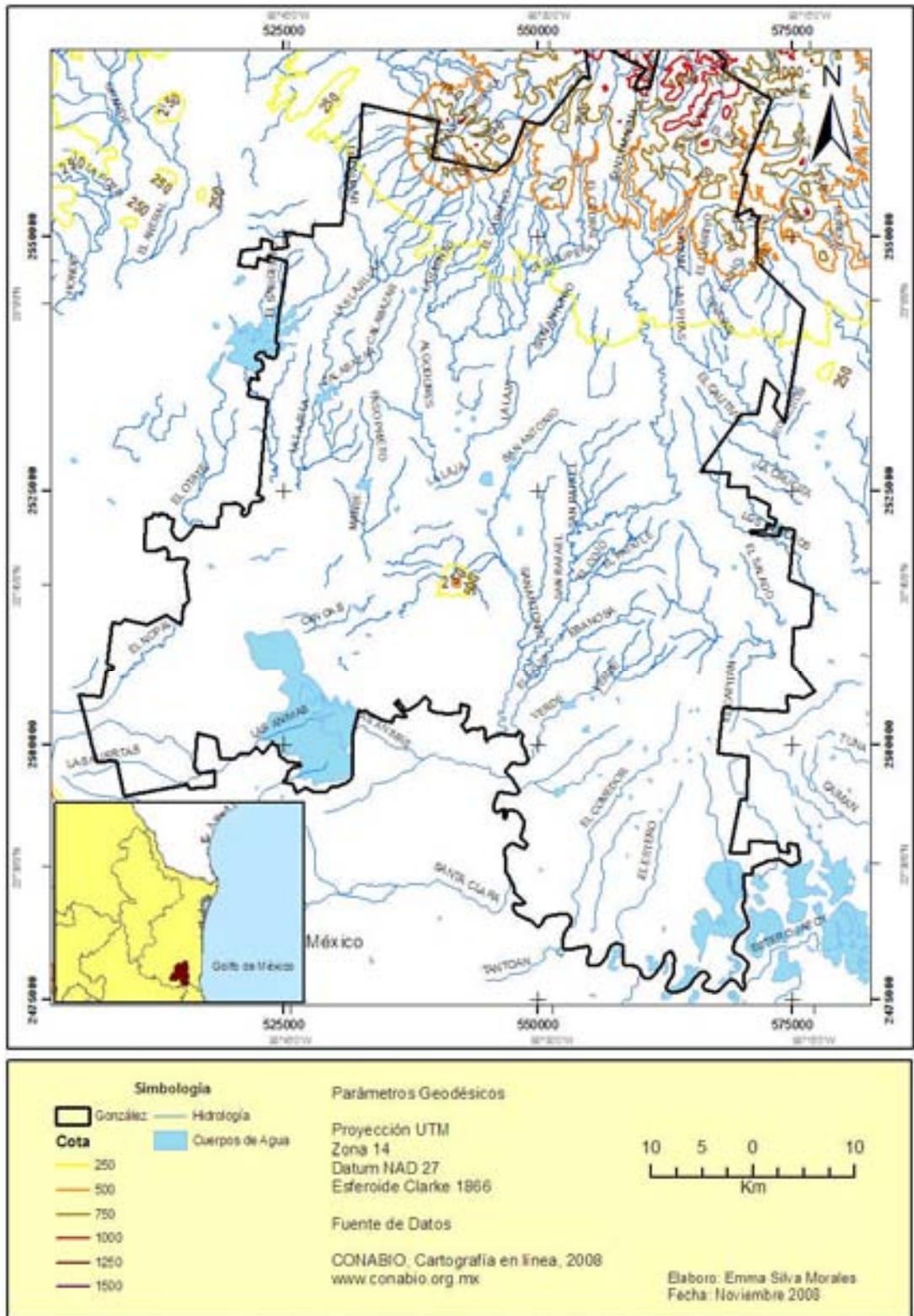
Cuenta con un área de 3 491.41 km², con un relieve predominante de llanura y en su centro sobresale el cerro Bernal de Orcasitas, con una altura de 1 116 metros sobre el nivel del mar (Mapa 3). Además de ser el símbolo y emblema representativo del escudo del estado de Tamaulipas y del municipio de González.



EFFECTOS DEL CAMBIO Y VARIABILIDAD CLIMÁTICOS EN EL CULTIVO DE SOYA (*Glycine max (L.)*) EN EL MUNICIPIO DE GONZÁLEZ, TAMAULIPAS



EFFECTOS DEL CAMBIO Y VARIABILIDAD CLIMÁTICOS EN EL CULTIVO DE SOYA (*Glycine max* (L.)) EN EL MUNICIPIO DE GONZÁLEZ, TAMAULIPAS



Mapa 3. Topografía e Hidrología del municipio de González, Tamaulipas



Figura 1.B. El Cerro de Bernal de Orcasitas, a su lado se encuentran los escudos del Estado de Tamaulipas y el del municipio de González, en ambos se aprecia el icono del cerro como parte del emblema principal.
Fuente: <http://www.gonzalez.gob.mx/>

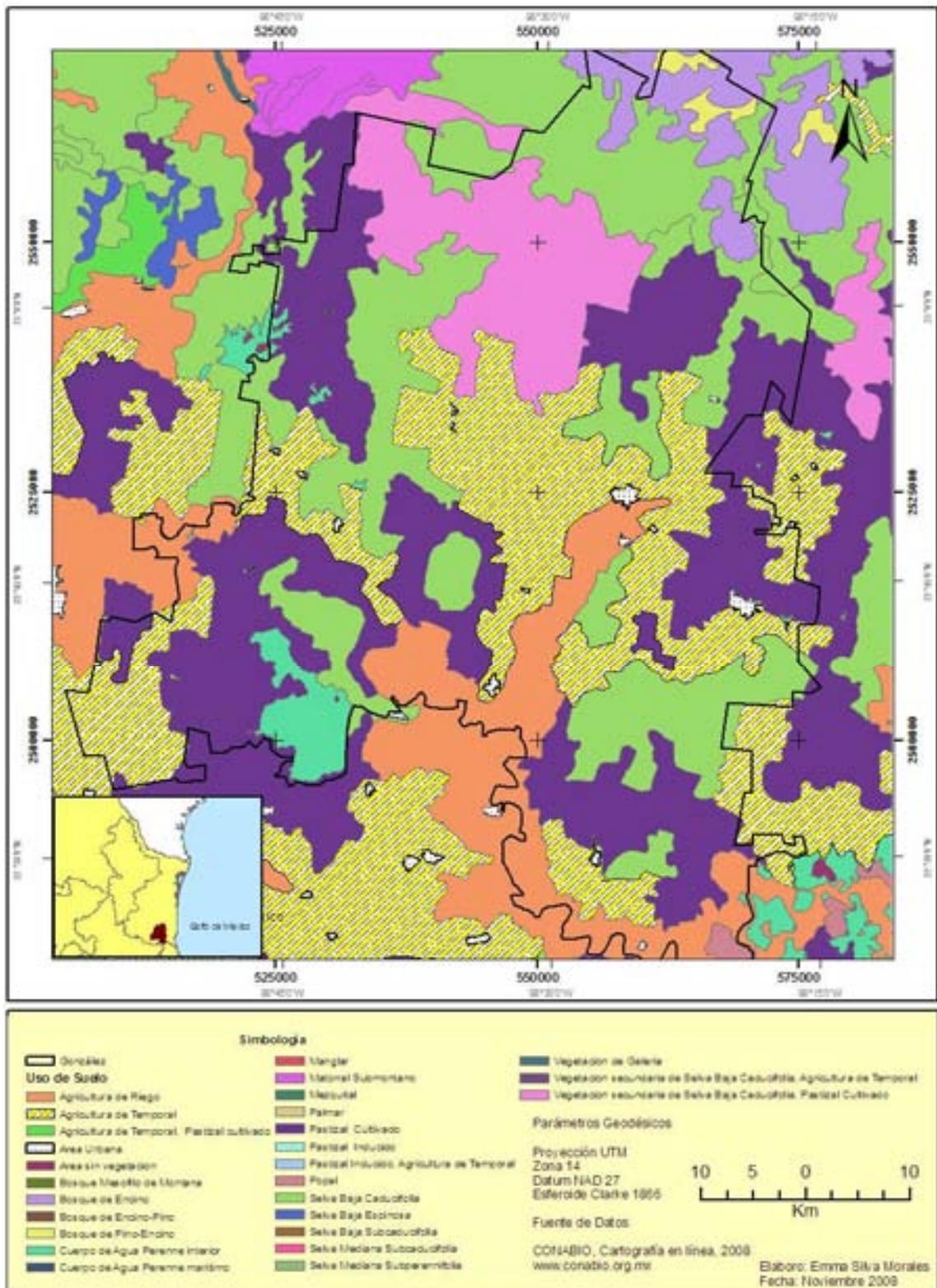
La historia del municipio de González data de tiempos antes de la conquista española, en la parte sur de la sierra de Tamaulipas se encuentran vestigios de pueblos indígenas, principalmente en los Laureles, San Antonio y Los Frailes. El municipio, debido a su situación geográfica y al río Guayalejo-Tamesí permitió el asentamiento de numerosos pueblos indígenas, uno de los que destaca es el pueblo de Tanchoy y numerosas rancherías.

La Villa de San Juan Bautista de Horcasitas fue fundada el 11 de mayo de 1749, por el capitán José Antonio de Oyervides. Denominada posteriormente Magiscatzin, siendo Cabecera Municipal hasta los años veinte, ya que el 14 de octubre de 1927 por decreto Núm. 42, siendo Gobernador del Estado el Licenciado Felipe Canales, se hizo el cambio del Ayuntamiento de Magiscatzin a González, la cual fue originalmente una estación de ferrocarril, llamada así por encontrarse en los terrenos de la Sucesión González, propiedad del General Manuel González Aldama, dueño de la hacienda del Cojo.

En el municipio se encuentran las ruinas de la Tamaholipa, misión y convento, que fundó Fray Andrés de Olmos en el año de 1544, al pie de la sierra y a la orilla del Arroyo del Cojo. Cuenta con las grandes haciendas coloniales del municipio como el Cojo, Alamitos, Pretil Viejo, Cardiel y Tancasneque.

En cuanto a tipos de suelos (Mapa 4), en la zona norte del municipio se encuentran los suelos de rendzinas y regosoles calcáricos; en la zona suroeste, aledaña a los ríos y lagunas, dominan los fluvisoles, cuyo horizonte está saturado de agua y su nivel freático es variable, pueden ser susceptibles para desarrollo de algunos cultivos que toleran el exceso de agua; al norte de la presa Ramiro Caballero y de Lagunas del sur, existen los suelos salinos que con un lavado recuperan su nivel de producción; en el resto del municipio predominan los vertisoles pélicos y crámicos, de textura fina, arcillosos y pesados, agrietándose notablemente cuando se secan y expandiéndose cuando se saturan, presentan dificultades en su labranza, pero con el manejo adecuado son aptos para una gran variedad de cultivos por su fertilidad; susceptibles a salinarse si se emplea un uso excesivo de agua (Mapa 5). En lo que respecta a la tenencia de la tierra, el municipio cuenta con una superficie de 339 910 hectáreas distribuidas equitativamente entre régimen ejidal y pequeña propiedad.

EFFECTOS DEL CAMBIO Y VARIABILIDAD CLIMÁTICOS EN EL CULTIVO DE SOYA (*Glycine max* (L.)) EN EL MUNICIPIO DE GONZÁLEZ, TAMAULIPAS



Mapa 5. Uso de suelo del municipio de González, Tamaulipas

El principal afluente que recorre el municipio de González es el río Guayalejo (Mapa 3), el cual cambia de nombre al sur por río Tamesí y siendo el límite con el estado de Veracruz, es el proveedor de agua, además de fertilizar gran parte de las tierras por donde cruza. Cuenta con grandes presas como la de San Lorenzo, Venustiano Carranza, y Ramiro Caballero esta última con una capacidad útil de 508 millones de metros cúbicos. Existen las lagunas del sur y los arroyos de corriente intermitente como el Cojo, San Vicente, el Comedor, el Estero y el Verde.



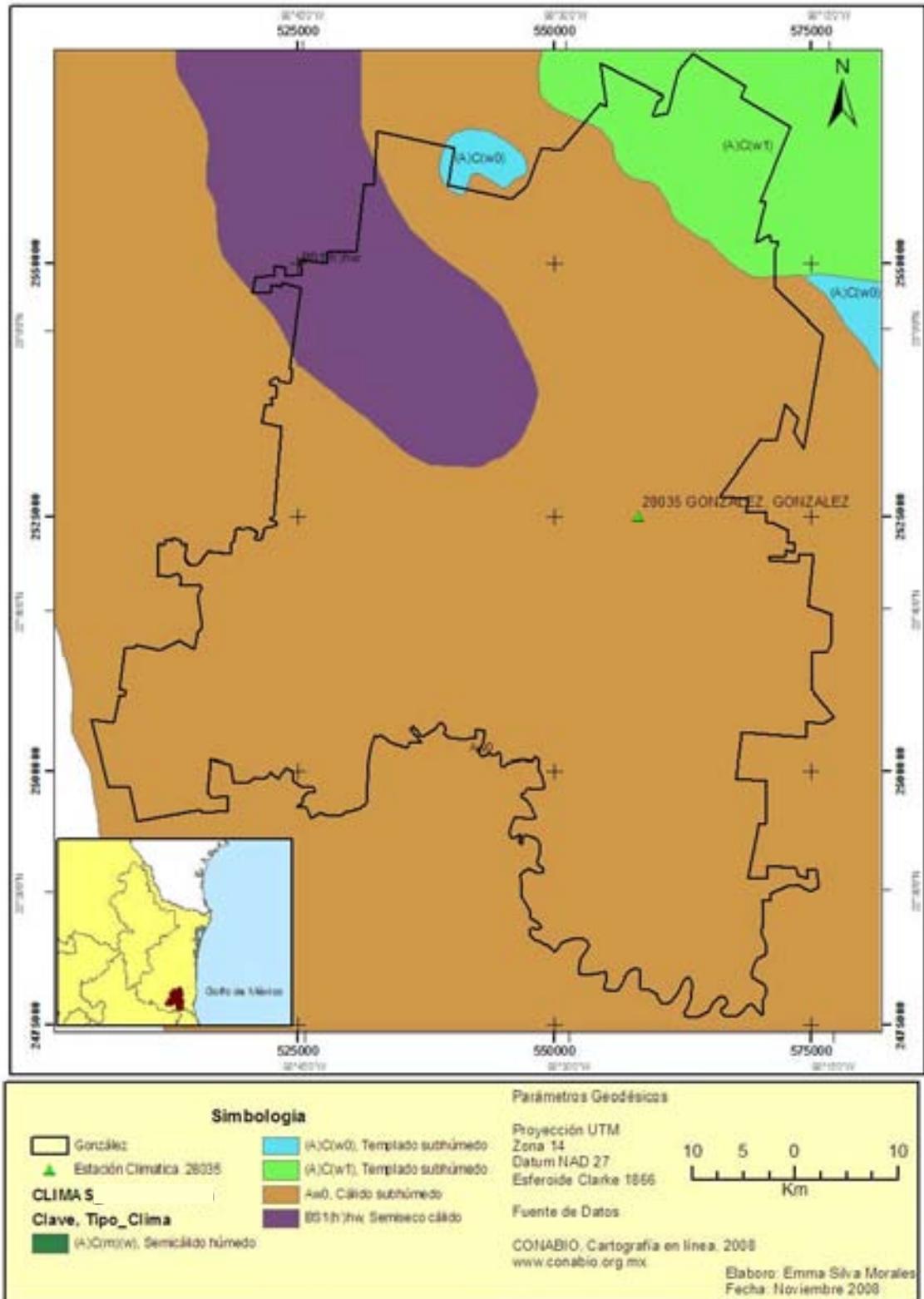
Figura 1.C. Cuencas hidrológicas del río Pánuco

Fuente: <http://www.gonzalez.gob.mx/>

El municipio de González, se encuentra dentro de la cuenca hidrológica del Río Pánuco, formando parte de una de las regiones de mayor producción agropecuaria.

El clima predominante es el subhúmedo, siendo su precipitación, en el mes más seco, menor de 60 milímetros; el clima característico de la zona con el sistema de Köppen modificado por E. García (1988), es un **A w₀ (e) w''**, Cálido, el más seco de los subhúmedos, con lluvias en verano (Mapa 6). La oscilación térmica anual es extrema; al norte del municipio hay una baja en la precipitación que puede variar de los 600 mm, marcando un clima seco estepario cálido, y al sur puede ser de 1 200 mm. La temperatura media anual es de 25° C, en la región persisten los días despejados, lo que favorece una evaporación de 600 a 900 mm anuales. La mayor disponibilidad de agua se da durante la primavera y verano. En el invierno, se presentan lluvias debido a la influencia de los *Nortes*, por lo que las obras de riego en la región son las que sustentan la agricultura durante el otoño invierno.

EFFECTOS DEL CAMBIO Y VARIABILIDAD CLIMÁTICOS EN EL CULTIVO DE SOYA (*Glycine max* (L.)) EN EL MUNICIPIO DE GONZÁLEZ, TAMAULIPAS



1.3 Condiciones socioeconómicas del municipio de González

La economía del municipio es básicamente agrícola, desde hace cuatro décadas, González es considerado como uno de los productores agrícolas más importantes de Tamaulipas. Sus principales productos son sorgo, cártamo, soya, algodón, maíz, chile, tomate, cebolla, melón, sábila, agave, y henequén (Mapa 4).

La ganadería ocupa un lugar preponderante en la actividad económica del municipio, con mas de 250 ranchos ganaderos, los cuales abastecen el consumo local y producen miles de cabezas anuales para el consumo regional y nacional, criándose el ganado bovino, ovicaprino, porcino, equino y aves.

El sector industrial cuenta con tres plantas procesadoras de sábila, cuatro despepitadoras de algodón, dos maquiladoras textiles, dos fábricas de muebles finos de acero forjado y fundido, y una fábrica de tequila: "La Gonzaleña".

En turismo, el municipio ha desarrollado la infraestructura para crear centros turísticos, de recreo, pesca, caza, excursionismo, deportes y alpinismo. Sus tres principales presas: San Lorenzo, Venustiano Carranza y las Ánimas, son extraordinarios lugares para el desarrollo de proyectos turísticos de pesca y deportivos. Además de contar con sitios de interés arqueológico como las ruinas de los Laureles, el Nogalar, los Gitanos o el Aguacate, los cuales cuentan con piezas de la cultura Huasteca con una antigüedad de más de dos mil años. Asimismo las construcciones coloniales y las viejas haciendas de la antigua Horcasitas.

Con relación a los servicios públicos básicos, el municipio ha realizado en los últimos años un esfuerzo por mejorar la infraestructura de estos servicios. Se han ampliado y mejorado los caminos rurales y ampliado las redes de energía eléctrica, construido carreteras, pavimentando calles y mejorado los servicios de salud.

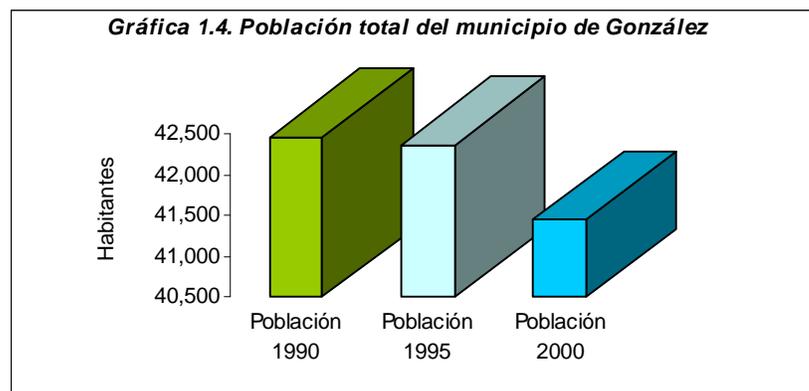
Las principales vías de comunicación que atraviesan al municipio de González es la carretera Tampico-Mante en 66 kilómetros, la González-Llera en 44 kilómetros, la de Manuel-Ebano en 29 kilómetros y la de Manuel-Aldama en 6 kilómetros. Tiene una extensa red de caminos vecinales que comunican a los ejidos y centros de población.

Cuenta con servicios foráneos de autobuses de cuatro líneas de transporte y con una línea de servicio de la Cabecera Municipal a los principales centros de población. La línea de ferrocarril Tampico-Monterrey tiene 58 kilómetros, con estaciones en Manuel, González, Rosillo y Estación Calles. González y Estación Manuel cuentan con servicio telefónico, telegráfico y de correo, con toda la República Mexicana y el extranjero; además hay una estación de microondas ubicado al pie del cerro del Bernal que permite captar y transmitir las señales que benefician a los diferentes medios de comunicación como es radio y televisión.

La población del municipio comprende poco más de 41 mil habitantes, distribuidos en 103 comunidades, ejidos, rancherías y poblaciones como Estación Manuel, Graciano Sánchez, Francisco I. Madero, López Rayón, Santa Fe, Ruiz Cortínez, Aureliano Caballero y Magiscatzin, entre otros (*Plan Municipal de Desarrollo 2005-2007*).

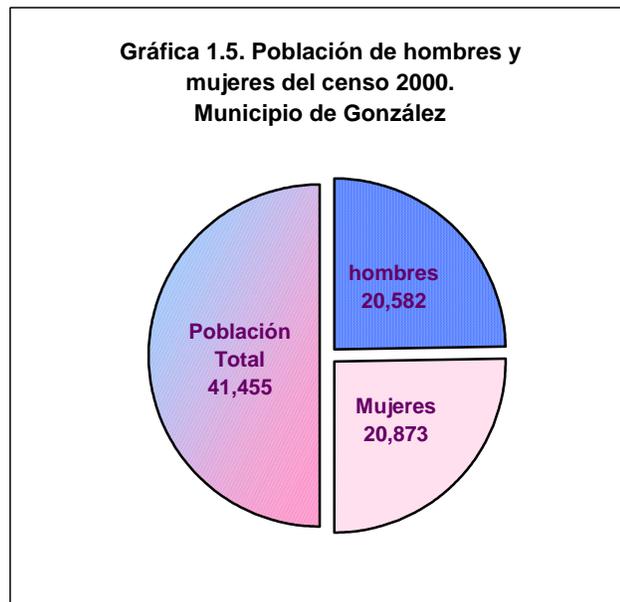
http://www.tamaulipas.gob.mx/gobierno/secretarias/ejecutivo/stecnica/copladet/pdf/plan_municipal/gonzalez.pdf

La Gráfica 1.4. muestra una tendencia de disminución de la población al comparar los censos de 1990 y 2000, la diferencia es de 1 010 habitantes, mientras que si se comparan los censos de 1990 y 1995 sólo presentó una diferencia de 94 habitantes, por lo que el municipio de González, ha reducido su población por diversos factores, tanto económicos, como políticos y sociales.



Fuente: Censos INEGI, 1990, 1995 y 2000; Plan Municipal de Desarrollo 2005-2007

http://www.tamaulipas.gob.mx/gobierno/secretarias/ejecutivo/stecnica/copladet/pdf/plan_municipal/gonzalez.pdf



Fuente: Plan Municipal de Desarrollo 2005-2007

El Gráfico 1.5. representa en proporciones iguales los géneros tanto de hombres como mujeres que pertenecen a González, con respecto del total de población correspondiente al censo del 2000.

CAPITULO 2

EL CULTIVO DE SOYA

2.1 Descripción taxonómica

Taxonómicamente la soya se clasifica en la familia Fabaceae; de las leguminosas (*Leguminosae*), es una planta mejorante; se fertiliza con N (nitrógeno) (Andrade, 1973).

Sub-familia *Papilionoideae*: Las flores, amariposadas (papilionáceas), se encuentran en racimos en las axilas de las hojas. El fruto es una legumbre o vaina que contiene de 1 a 4 semillas. La semilla es generalmente esférica (*op.cit.*).

Género *Glycine*: el género *Glycine* comprende 12 a 15 especies, se divide en los subgéneros *Glycine* y *Soja* (*soya*). De las cuales *Glycine max* es la de mayor importancia económica.

- A) El subgénero *Soja* (*soya*) contiene dos especies: Sieb., y Zucc., ($2n=2x=40$), especie silvestre nativa del lejano oriente.
- B) *Glycine max* (L.) Merrill., ($2n=2x=40$), soya cultivada.



Figura 2. Taxonomía de la soya

Fuente: (Andrade, 1973; Ministerio de agricultura. La soya,1973)

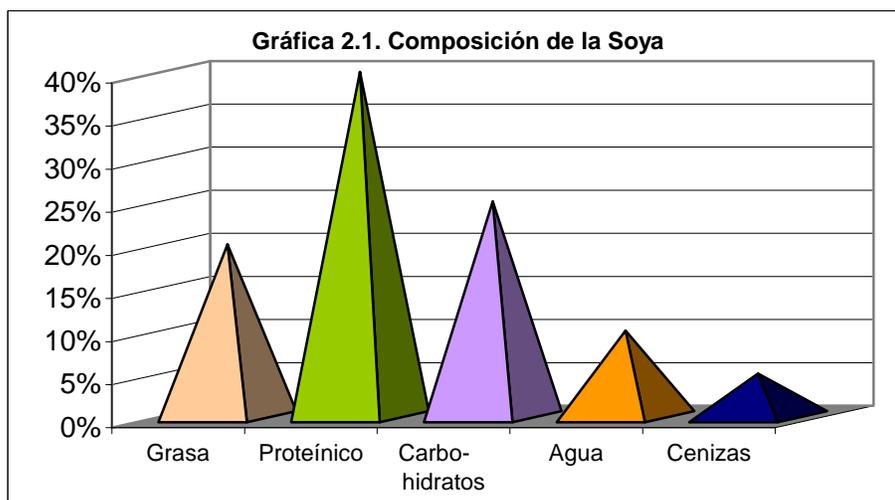


Es una leguminosa, sus frutos se forman dentro de la vaina y presentan grandes hojas situadas encima del segundo nudo, son trifoliadas y ramificada. Las semillas o granos son de matiz amarillo, verde, negro o marrón, los cuales son semirredondos, nacen en racimos axilares. El tallo es erecto y diversificado de nudos y entrenudos debido a su crecimiento y por el proceso de fotoperíodo, difiere en altura y precocidad según la variedad (Figura 2.A). En las raíces hay una gran nodulación y la raíz principal puede alcanzar una profundidad de hasta 2 metros.



Figura 2.A. Planta de soya, características físicas. A la derecha los granos o semillas de soya.

“El “frijol soya” es considerado una oleaginosa, debido a que tiene un alto contenido de grasa evaluado en 20%, además de su también alto valor proteínico de 40%, hidratos de carbono o carbohidratos en 25%, agua en un 10% y cenizas en 5% (Gráfica 2.1); Desde una perspectiva alimentaría y comercial, sus principales componentes son la proteína y la grasa” (Claridades Agropecuarias No. 7, 1994).

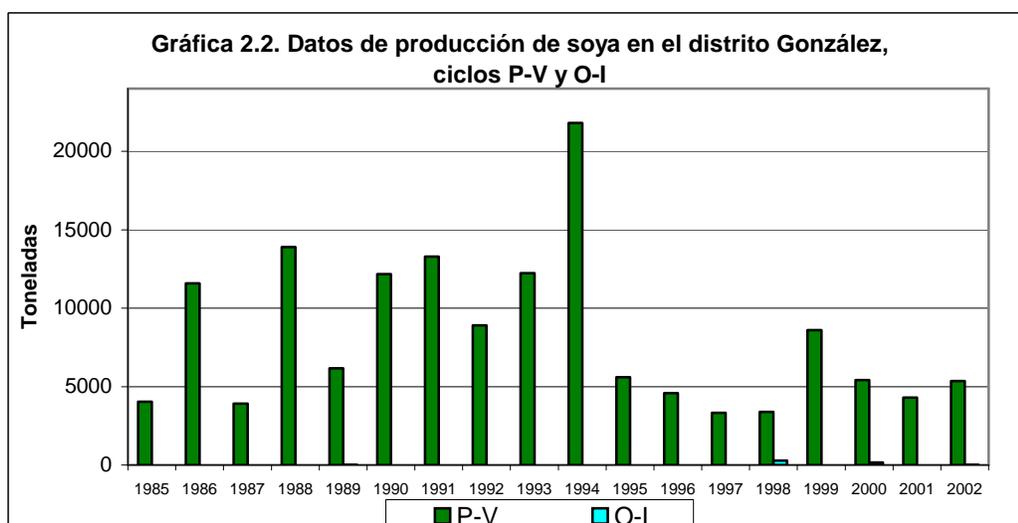


Fuente: Claridades Agropecuarias No. 7, 1994

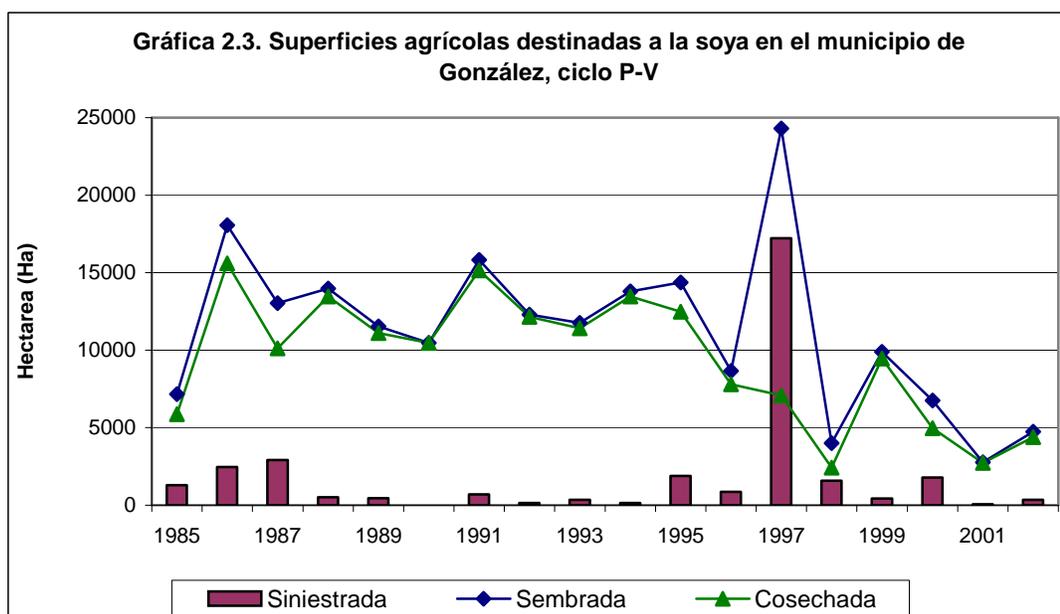
2.2 Condiciones agroecológicas del cultivo de soya

La soya es una planta anual que llega a sembrarse en ambos ciclos agrícolas, en algunos lugares el ciclo de primavera-verano (P-V), sólo estará condicionado con el temporal, que va desde el mes de abril a octubre o septiembre, mientras que el ciclo de otoño-invierno (O-I) se auxiliará con el riego y va desde los meses de octubre a marzo, esto debido a que la temporada de lluvias disminuye y no es suficiente para el desarrollo de la planta. Así las condiciones ambientales idóneas van a depender de la latitud y la altitud de la zona, que modifican los elementos geográficos como son temperatura, radiación solar, precipitación, nubosidad, vientos, etc.

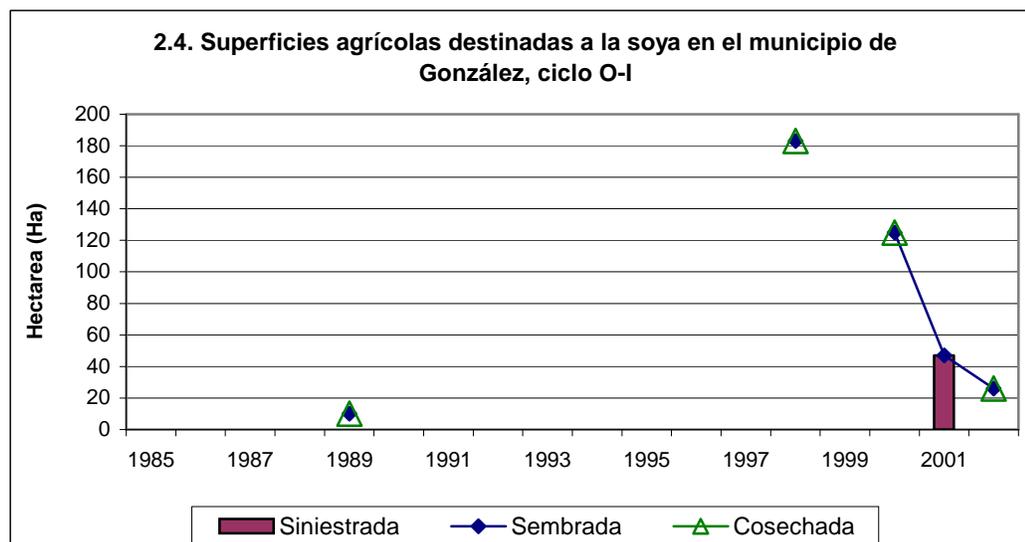
La Gráfica 2.2 se observan los datos de producción en los ciclos P-V y O-I, mostrando que González depende de la agricultura de temporal de la cual obtiene una mayor producción, las superficies destinadas a la soya del período 1985-2002 (Gráficas 2.3 y 2.4), con las estimaciones, permite comprobar que la actividad agrícola presenta mayor importancia en el ciclo P-V, dependiendo del inicio e intensidad de las lluvias así como de la temperatura que permiten un desarrollo óptimo a la planta. El ciclo O-I depende del riego, debido a que las lluvias disminuyen su intensidad, además que las condiciones de temperatura son bajas, por consecuencia la soya tiende a disminuir sus rendimientos.



Fuente: Distrito de desarrollo rural No. 162 "González". Estadística agrícola del cultivo de la soya.



Fuente: Distrito de desarrollo rural No. 162 "González". Estadística agrícola del cultivo de la soya.



Fuente: Distrito de desarrollo rural No. 162 "González". Estadística agrícola del cultivo de la soya.

El distrito de desarrollo rural (DDR's) No. 162, está integrado por González, Aldama, Altamira, Madero y Tampico (Figura 2.B), con una superficie de 818 474 has, cuenta con tres centros de apoyo para el desarrollo rural (CADER's). Los DDR's son zonas con características ecológicas y socio-económicas homogéneas para la actividad agropecuaria, forestal, etc. Sus objetivos son el promover, fomentar, coordinar y evaluar programas agropecuarios, forestales, y de otras actividades económicas.



Figura 2.B. Distrito de desarrollo rural No. 162
Fuente: http://www.tml.sagarpa.gob.mx/ddr_162.htm

En el siguiente cuadro 2.II, se registran los datos estadísticos de las actividades económicas del distrito de desarrollo rural No. 162.

Cuadro 2.II. Datos estadísticos del distrito de desarrollo rural No. 162

Agrícola			Pecuario					Forestal	Otros Usos	Total
Riego	Temporal	Total	Pastos			Agostadero	Total			
			Riego	Temporal	Total					
23,632	122,182	145,814	-	369,538	369,538	165,549	535,087	66,510	71,063	818,474

Fuente: http://www.tml.sagarpa.gob.mx/informacion_ddrs/162/suelos.htm

En los DDR's "destacan las superficies sembradas de oleaginosas, como son la soya en el ciclo agrícola P-V, y el cártamo en el ciclo O-I. También se cultiva sorgo, habiéndose incrementado notablemente su siembra en los últimos años; y el algodón".

(http://www.tml.sagarpa.gob.mx/informacion_ddrs/162/agr_gen.htm)

2.2.1 Influencia del clima

El clima es el estado medio de la atmósfera en una región, determinado por un período de tiempo de 30 años preferentemente, es decir la recopilación de información meteorológica diaria de temperatura, precipitación, humedad, viento, radiación solar, nubosidad, etc., que registran las estaciones meteorológicas, para determinar las características climáticas predominantes del lugar.

En el municipio de González, predomina el clima cálido, con lluvias en verano, registrando temperatura media anual de 25° C, condiciones que favorecen el desarrollo del cultivo de soya en el temporal, llegando a obtener altos rendimientos en el ciclo de P-V.

2.2.2 Temperatura

La temperatura es un elemento importante para el desarrollo del cultivo, se encuentra influenciada por la latitud, los vientos dominantes, la humedad, y los cuerpos de agua cercanos, por consecuencia la localización geográfica de la zona de estudio, permite analizar los rasgos físicos del municipio de González, ubicado al sur del estado de Tamaulipas, con cercanía al Golfo de México, a una altitud de 56 msnm, con pocas elevaciones, permitiendo el paso de vientos que traen la humedad del mar e influenciada por la corriente cálida que proviene del Ecuador, chocando con el continente, transportando el calor de dicha corriente a los municipios cercanos.

La soya se desarrolla de manera óptima en regiones cálidas y tropicales, aunque puede adaptarse a diversos tipos de climas. “La temperatura óptima para la germinación de la soya está entre los 25° y 30° C, y cuando las temperaturas son bajas la germinación se retrasa” (Claridades Agropecuarias No. 7, 1994), repercutiendo en el rendimiento del cultivo. Debido a las variaciones de temperatura de la zona, se realiza la selección de variedades que soporten ciertas condiciones del clima, permitiendo un control en el crecimiento.

Mientras a bajas temperaturas los cultivos de soya llegan a ser tolerantes a las heladas durante una gran parte de su desarrollo, “... algunas variedades toleran temperaturas hasta de 4° C, sin causar graves daños en las hojas” (INIA, 1975).

2.2.3 Precipitación

La precipitación forma parte del ciclo del agua y se origina por la evaporación de agua ya sea salada o dulce, proveniente principalmente de las masas oceánicas, y en menores proporciones de los ríos, lagos, presas, etc., y llega a los continentes en estado líquido (lluvia), sólido (nieve y granizo).

Es el elemento de mayor importancia para los cultivos, no debe faltarle humedad antes de la floración, cuando llega este momento requerirá mayores cantidades de agua. El mayor requerimiento de agua es durante la formación del grano y el desarrollo de la planta. Las plantas llegan a tolerar la sequía, aún cuando se encuentren en su etapa de maduración. Las exigencias de agua varían con las condiciones de la temperatura y las características del suelo, lo que hace posible que hayan mayores o menores rendimientos. La disponibilidad de agua está condicionada por el clima que predomine en la zona, y si llegara a ser escasa la lluvia, es posible en algunos casos, complementarse con el riego.

Para el caso de la soya se necesitan “530 mm/ciclo en promedio, con un requerimiento diario promedio de 3.3 mm/día. Crece en climas húmedos con abundante lluvia durante la estación de crecimiento y clima seco durante la maduración... Las necesidades de agua para una producción máxima varían entre 450 y 700 mm/temporada, dependiendo del clima y de la duración del período vegetativo.” (Ruiz, *et al.*, 1999).

2.2.4 Viento

La acción de este elemento es indirecta, debido a que afecta la temperatura y la humedad del aire, a la vez influye en la evapotranspiración. El efecto directo del viento sobre el cultivo, está en función de su intensidad la cual podría provocar la caída de flores o las vainas, además transporta agentes patógenos y plagas a las hojas de las plantas.

El viento durante el ciclo agrícola de la soya, presenta intensidades mayores durante los meses de mayo y junio, y disminuye en los meses en que se presenta la canícula, así como la humedad en el municipio.

2.2.5 Humedad

La humedad ambiental es la cantidad de vapor de agua presente en el aire. Tiene que ver con el tipo de clima que predomine en el lugar, en este caso en el municipio de González hablamos de una zona templada, donde la humedad prevalece la mayor parte del día y noche, debido a la cercanía de los cuerpos de agua, además de la proveniente del Golfo de México.

2.2.6 Luz

La luz es esencial para la fotosíntesis de las plantas, la duración de la luz diurna contribuye a determinar el crecimiento de la planta, obteniendo como resultado sus distintas fases. Mientras que la radiación afecta la temperatura de manera significativa, e interactúa con otros elementos que la modifican.

La soya se considera como una planta de días cortos y es muy sensible a la duración del día, el período de oscuridad permite determinar que la planta produzca. “Algunas variedades requieren hasta 10 o más horas de oscuridad. Todas las variedades florecen más rápidamente con periodos oscuros de 14 a 16 horas, que con períodos más cortos” (INIA, 1975).

“De acuerdo con esta diferencia de sensibilidad fotoperiódica, las variedades se adaptan y se recomiendan para su uso” (INIA, 1975).

2.2.7 Suelo

El suelo está compuesto por partículas de arena y limo que se mantienen unidas por la arcilla y materia orgánica, que se encuentran aglomeradas. Un suelo con buena estructura soportará mejor los elementos que lo alteran, tales como la precipitación erosiva, además permite una mejor producción de los cultivos.

Otro factor para determinar su estructura es la porosidad, es decir los espacios entre partículas del suelo y agregados, permitiendo la entrada de aire y del agua en el suelo, ésta también ayuda en el drenaje si es necesario y permite el crecimiento del cultivo,

sobre todo las raíces que deben ser capaces de explorar completamente el volumen del suelo para conseguir humedad, aire y elementos nutritivos.

La soya se desarrolla satisfactoriamente en una gran variedad de suelos, excepto en los muy arenosos. Aún en suelos que son relativamente pobres en nutrientes y humedad llega a producirse, siempre que se fertilice adecuadamente. Y en suelos arcillosos se adapta mejor. Sin embargo, cuando se excede en humedad el cultivo es muy susceptible, especialmente en estado de plántula, los encharcamientos son perjudiciales en cualquier época de su desarrollo.

Los mejores rendimientos se obtienen en suelos de alta fertilidad, consistencia media, profundos, bien drenados y neutros o poco ácidos (pH óptimo, de 6.5 a 7), mientras que en suelos que contienen sales el cultivo es más susceptible.

1. “*Suelos pobres*: de baja fertilidad, tiene que ser abonado generosamente con los elementos minerales necesarios, principalmente fósforo y potasio” (La soja, 1973).
2. *Suelos ligeros*: producen un desarrollo prematuro de la planta y una maduración anticipada. El ciclo vegetativo se acorta.
3. “*Suelos fuertes*: llevan la vegetación a ritmo más lento y hacen que la maduración sea más larga y completa. El ciclo vegetativo se alarga” (*op.cit.*).

“Para el caso específico de México, la soya ha progresado en el noreste del país, donde se tiene un pH que varía de 8.0 a 8.5% o bien en suelos de baja fertilidad con la aplicación de los fertilizantes adecuados” (Claridades Agropecuarias No. 9, 1994).

El suelo predominante en el municipio de González es vertisol, sus características son suelos casi siempre muy fértiles, de origen aluvial, de textura arcillosa, masiva o pesada que originan grietas anchas y profundas en la estación de sequía y muy plásticos en la humedad, el clima suele ser tropical, semiárido a subhúmedo. Son de colores negro y gris, de susceptibilidad baja a la erosión. El labrado es muy difícil excepto en los periodos

de transición entre ambas estaciones. Por ser arcilloso puede retener por mayor tiempo el agua (Figura 2.C).

En el municipio de González se realizó el análisis de suelo de la localidad de Santa Fe, en el predio “La Espiga”, parcela del Ing. Adán Ávila Contreras: Sus coordenadas geográficas son: 22° 47’ 10” de Latitud Norte y 98° 27’ 15” de Longitud Oeste (Figura 2.D). La altura sobre el nivel del mar es de 70 m.



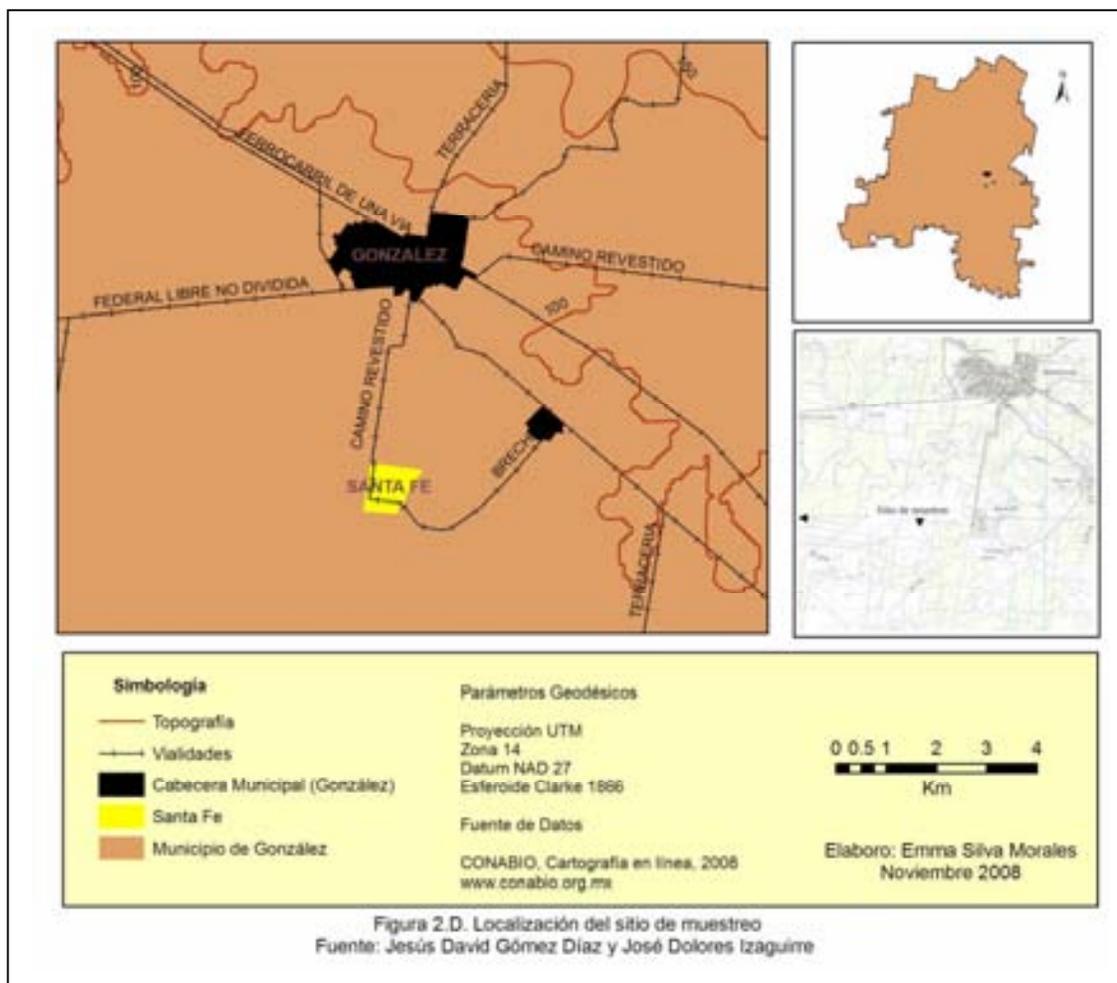
Figura 2.C. Suelo vertisol, municipio de González, Tamaulipas.

CUADRO 2.IIA. Ficha agroecológica de la soya		
CLIMA	HUMEDAD	SUELO
<p>Ciertas variedades resistentes a las heladas. Toleran hasta 4° C sin graves daños en las hojas.</p> <p>El período de germinación es el más crítico.</p> <p>Sequía prolongada o una humedad excesiva pueden ser perjudiciales.</p> <p>Iniciado su crecimiento tolera períodos cortos de sequía.</p> <p>Es muy sensible a la duración del día se clasifica como una planta de día cortos.</p> <p>Requiere de hasta 10 h o más de oscuridad, determina que una planta produzca o no primordios florales.</p> <p>Todas las variedades florecen rápidamente en períodos oscuros de 14 o 16 h (períodos más cortos)</p> <p>Crece mejor en climas húmedos con abundante lluvia durante la estación de crecimiento y clima seco durante la maduración.</p>	<p>La soya es capaz de resistir periodos de sequía.</p> <p>Es imprescindible el agua en la emergencia y en la floración para asegurar la cosecha.</p>	<p>Se produce en una gran variedad de suelo, se produce bien:</p> <p>Suelos ribereños, ensenadas o suelos que tienen de media a alta profundidad, drenaje y capacidad de retención de humedad,</p> <p>Suelos altos que son de medio a muy profundos, de medios a pesados, en constitución y poseen buena capacidad para retener humedad.</p> <p>Suelos de pradera con buen drenaje y buena profundidad.</p> <p>Suelos arenosos de riego, es susceptible a excesos de humedad, especialmente en estado de plántula, los encharcamientos en su desarrollo.</p> <p>Se considera adecuado un suelo franco-arenoso y suelto con mediana fertilidad. Por la retención de agua</p> <p>La soya es susceptible a las sales solubles sirve de indicador para detectar la presencia de las mismas en suelo o en el agua de riego.</p> <p>Suelos limosos y pesados son poco permeables y aireados impidiendo un normal desarrollo de las raíces y las bacterias que con ellas conviven.</p> <p>Suelos demasiados fértiles suelen provocar ausencia de nodulación y exceso de desarrollo vegetativo, alargamiento del ciclo y producción de frutos con semillas mal formadas o sin ellas.</p> <p>Excepto en suelos arenosos, mientras que en suelos arcillosos se adapta mejor.</p>

EFFECTOS DEL CAMBIO Y VARIABILIDAD CLIMÁTICOS EN EL CULTIVO DE SOYA (*Glycine max (L.)*) EN EL MUNICIPIO DE GONZÁLEZ, TAMAULIPAS

- Antes de la floración la planta es tolerante a la sequía
- En la floración y durante la formación de vainas no debe faltarle la humedad a fin de obtener un buen rendimiento.
- Los mejores rendimientos se obtienen en suelos de alta fertilidad o en suelos ácidos (pH de 6.0-6.5). La soya prospera en el noroeste de México, cuyo pH varía de 8.0-8.5 o suelos de baja fertilidad con la aplicación de fertilizantes apropiados. En la región de Tamaulipas los suelos arcillosos tienen un pH que varía entre 7.5-8.7.
- Altitud 0-1600m
- Precipitación 530 mm/ciclo en promedio
- Rango térmico es 18° C -35° C con un óptimo entre 20° C y 25° C. La temperatura mínima para el desarrollo es 10° C.

Fuente: Sánchez, 1998; Ruiz, *et al.*,1999.



Descripción del lugar de muestreo

Relieve: El relieve particular del sitio es una Planicie Ondulada, la pendiente media es de 3 %, el pozo se ubico en una área convexa. En la Figura 2.E se muestra una vista general del sitio.



Figura 2.E. Paisaje general del sitio de muestreo
Fuente. Jesús David Gómez Díaz y José Dolores Izaguirre

Drenaje superficial del sitio: El drenaje particular del sitio va de medio a rápido.

Material parental de los suelos: En el sitio predominan las lutitas calcáreas. Se encontró una capa continua de clorita de 1 cm de espesor a los 95 cm, lo que probablemente se formó a partir de metamorfismo ligero del material original y se concentró en franjas. En la Figura 2.F se muestra la excavación de una “olla de agua” cercana al predio en el que se aprecia la naturaleza del material parental.



Figura 2.F. Material parental del sitio.
Fuente. Jesús David Gómez Díaz y José Dolores Izaguirre

Drenaje interno: Moderadamente drenado, por las propiedades verticas del suelo al inicio de las lluvias, cuando el suelo se encuentra seco son comunes las grietas, que pueden ser de varios centímetros de dimensión y hasta más de 50 cm de profundidad, el drenaje

interno es rápido a través de las grietas. Cuando el suelo esta húmedo y se ha expandido, el drenaje interno es imperfecto.

Erosión: A pesar de la pendiente y del drenaje superficial, no se aprecian vestigios de erosión hídrica.

Pedregosidad y rocosidad: En la superficie del terreno no se encontraron rocas.

Otros aspectos: Grietas de más de 2 cm ancho

Cuadro 2.III. Descripción del perfil del sitio Santa Fe, predio La Espiga (Figura 2.H)

Capa	Distancia	Color	Características
Ap	0-17 cm	Gris muy oscuro (5YR 3/1) en húmedo; arcilla	Estructura de bloques subangulares medios a gruesos muy firme en húmedo, plástico y adherente en mojado Poros finos, muy finos, tubulares, verticales; pocas raíces muy finas, localizadas dentro de los poros y sobre las caras de los agregados; transición a la siguiente capa clara y horizontal.
AB	17-45 cm	Gris muy oscuro (5YR 3/1) en húmedo; arcilla	Estructura de prismas que rompen a bloques angulares gruesos firme en húmedo muy plástico y adherente en mojado poros finos y muy finos comunes, tubulares y verticales raíces muy finas transición a la siguiente capa clara y horizontal.
Bss	45-65/74 cm	Gris oscuro (5YR 4/1) en húmedo; arcilla	Estructura de prismas que se rompen a bloques angulares gruesos Agregados en forma de cuña en las líneas de fractura de las caras de deslizamiento, fuertemente desarrollada; Muy firme en húmedo, plástico y adherente en mojado; Caras de deslizamiento comunes; poros muy finos y finos comunes, tubulares, verticales Pocas raíces muy finas; transición a la siguiente capa clara y ondulada
BC	65/74 - 85/89 cm	Gris claro (5YR 7/1) en húmedo; arcilla	Estructura masiva que rompe a prismas y bloques angulares gruesos, del 5 al 10 % del horizonte son gránulos de 0.5 a 1 cm de diámetro y con estructura de roca parcialmente intemperizada; firme en húmedo, muy plástico y muy adherente en mojado; poros muy finos y tubulares, verticales; No se observan raíces; transición a la siguiente capa clara y ondulada.

Continua			
C	85/89 – 100 cm	Gris cafésoso claro (2.5 Y 6/2) en húmedo; arcilla	Estructura masiva, del 10 al 20% del horizonte son fragmentos granulares con estructura de roca parcialmente intemperizada de 1 a 2 cm de diámetro; extremadamente firme en húmedo, plástico y adherente en mojado; franja continua de clorita parcialmente intemperizada a los 95 cms, de un centímetro de espesor; poros finos comunes; no se observan raíces; transición a la siguiente capa abrupta y horizontal
R	100	Lutita calcárea	Localmente se le conoce al material como "Choy".

Fuente. Jesús David Gómez Díaz y José Dolores Izaguirre



Figura 2.H. Perfil del sitio de muestreo

Fuente. Jesús David Gómez Díaz y José Dolores Izaguirre

2.3 Condiciones agroecológicas de la soya en el municipio de González

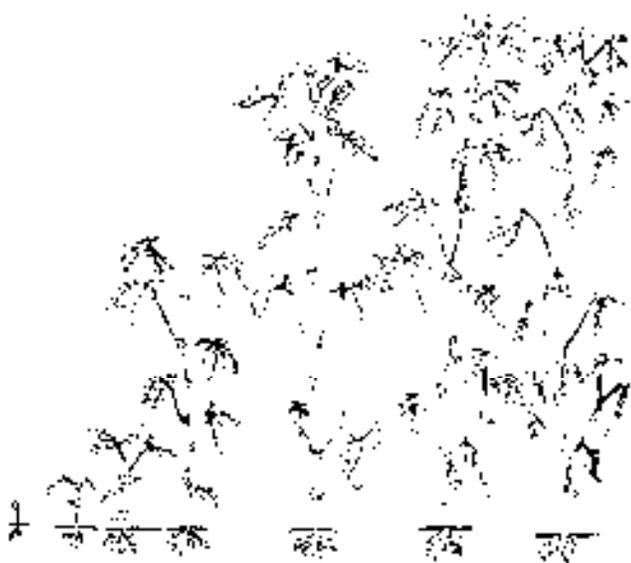
SOYA (CONDICIONES PARA LA SIEMBRA EN EL MUNICIPIO DE GONZALEZ)	
Nombre Científico	<i>Glycine max (L). Merr</i>
Origen	Asia Oriental
Familia	Fabaceae (Leguminosae)
Sub-familia	Papilionoideae
Nombre Común	Frijol soya, soya, soja
Varietades	Huasteca 100, Huasteca 200, Júpiter, Santa Rosa, UFV-1, Tapachula 86
Período Vegetativo	Oscila de 3 a 7 meses
Épocas de Siembra	Ciclo agrícola Primavera-Verano Siembras Tempranas: 15 de Junio al 15 de Julio Siembras tardías: 16 al 31 de julio
Época de Siembra Ciclo Primavera-Verano	Época de Cosecha:
➤ Siembras Tempranas 15 junio a 15 julio	25 Octubre a 10 Noviembre
➤ Siembras Tardías 16 julio a 31 julio	1 de Noviembre a 25 de Noviembre
Ciclo Otoño-Invierno	
➤ 1 al 31 de diciembre	10 de abril al 30 de mayo
➤ 15 diciembre al 15 de enero	120 a 130 días después de la siembra (depende de la variedad)
Clima	Cálido húmedo y subhúmedo
Temperatura optima	15 y 18° C para la siembra 25 y 30° C para la floración-germinación
Temperatura mínima	18 °C
Precipitación	Para una producción máxima 450 y 700 mm/temporada 530 mm/ciclo en promedio 800 a 1000 mm/anual (Maldonado, 2004)
pH optimo	6.5 a 7 La parte NE del país tiene un pH que varía de 8.0 a 8.5 o suelos con baja fertilidad. La solución es la aplicación de fertilizantes adecuados.
Suelo	Vertisol
Requerimiento de Suelo	De consistencia media, profundos y bien drenados
Resistencia a la sequía	Antes de la floración, la planta tolera la sequía, después no debe faltarle la humedad

Se elaboro con información recopilada de varias fuentes, aplicables para la zona sur de Tamaulipas.
Fuente: Castillo, *et al.*, 1996; INIFAP, 2001; INIFAP, 1996; Maldonado, 1994; Ruiz, *et al.*, 1999.

2.4 Fenología

Es el proceso de crecimiento de la planta que va desde su germinación hasta la formación de las nuevas semillas, durante el desarrollo llega a mostrar varios cambios externos, los cuales son el resultado de las condiciones ambientales que a su vez están influenciados por los factores meteorológicos, como temperatura, precipitación, tipo de suelo, la duración de la luz del día (fotoperíodo), etc. Estos cambios externos son denominados fases fenológicas (o etapas) del desarrollo de la planta y las observaciones que de ellos se hace se denominan observaciones fenológicas.

Los datos fenológicos son utilizados para trabajos de investigación, también para pronósticos agrometeorológicos como modelos de cultivos y el rendimiento esperado. Las fechas promedio de aparición de las fases fenológicas en un área constituyen lo que se llama “calendario de cultivos”, que consiste en registrar las fechas de ocurrencia de esos fenómenos periódicos.



“La estación de crecimiento puede definirse como el número de días a lo largo de un año en que una planta puede crecer” (Castillo, *et al.*, 1996).

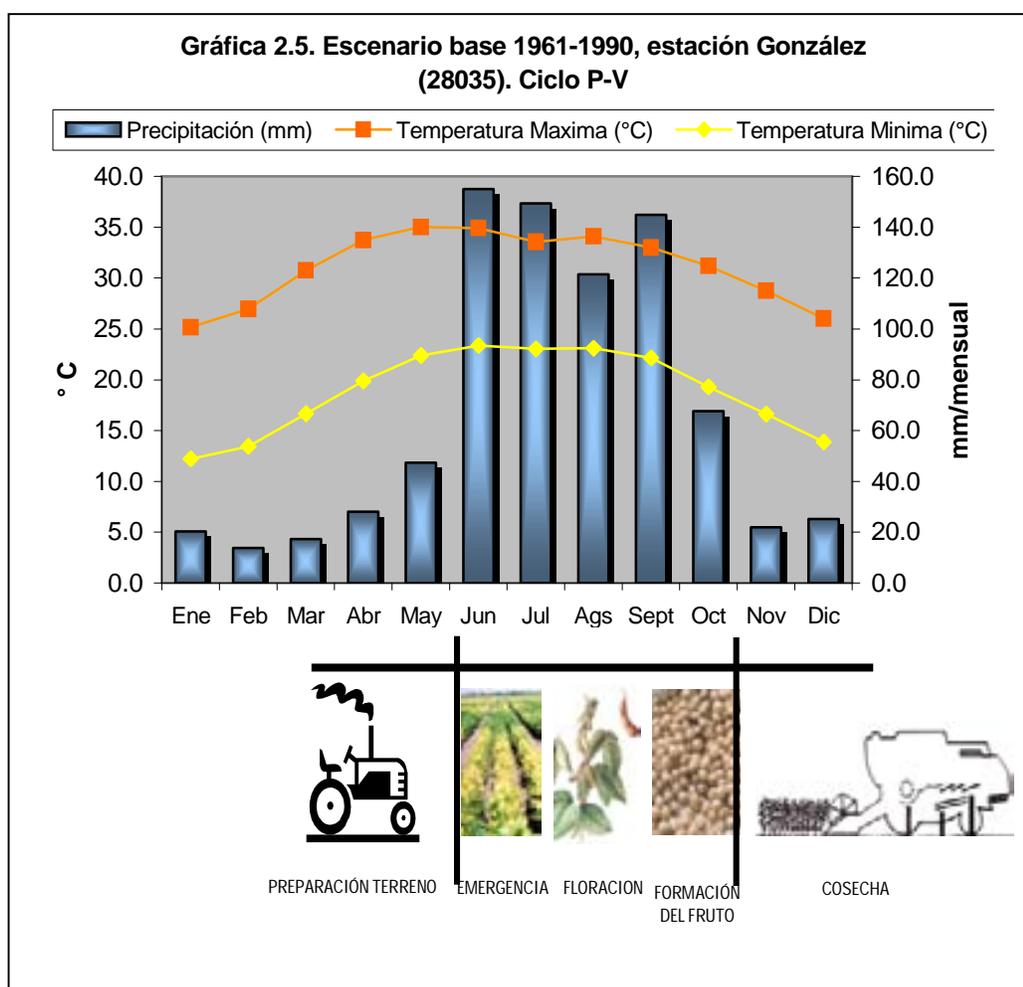
Germinación	Período Vegetativo o Desarrollo de la Planta	Floración	Formación de la Semilla o Grano	Maduración	Total*
10 días	30-40 días	25-35 días	30-40 días	10-15 días	105-140 días
20 días	30 días	60 días		25 días	135 días**
					Cropwat

Figura 2.1. Estación de Crecimiento de la soja

*Datos obtenidos de otras fuentes
 **Los días que se incluirán en el modelo Cropwat para el cultivo de soja

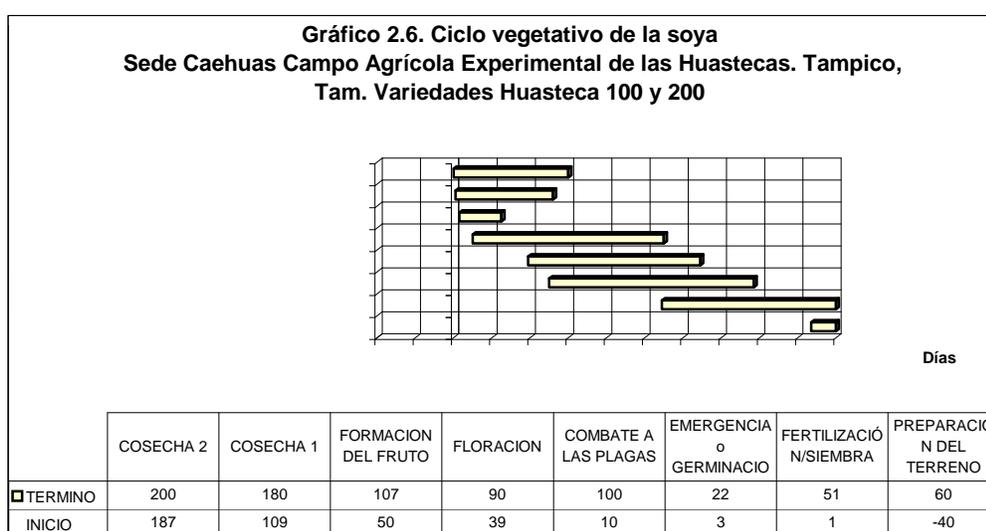
Fuente.
<http://www.fao.org/ag/agl/aglw/cropwater/soybean.stm>

El ciclo vegetativo de la soya varía según condiciones agroclimáticas de las regiones en donde se introduzca el cultivo, pero también influye la variedad, los fertilizantes y la tecnología que se emplea, como es el mejoramiento de la semilla a ciertas enfermedades o plagas, para tolerar sequías, mejorar el rendimiento, etc. En esta investigación se considerarán los rangos de días que maneja el programa del Cropwat (ver Capítulo 6) así como los que utiliza el INIFAP, el Campo Experimental del Sur de Tamaulipas (CESTAM), en los paquetes tecnológicos o la guía para cultivar soya en el sur de Tamaulipas. Con estas investigaciones, se aproximarán a las condiciones de la región de estudio, a la variedad de soya y a las fechas de siembra, adecuadas para obtener mejores resultados.



En la Gráfica 2.5, se registran los meses en que inicia la siembra y cosecha de la soya, comenzando desde la preparación del terreno, siguiendo con la siembra temprana del mes de junio y finales del mes de julio las siembras tardías, es el mes que registra la

mayor precipitación, permite a la soya retener humedad en el suelo para la germinación y las temperaturas le son favorables para que se dé la emergencia (germinación) en los próximos días. Para los meses siguientes, se desarrollará la planta y en el mes de septiembre ya estará el fruto, que es la semilla para la cosecha pero ésta se realizará cuando las plantas hayan tirado las hojas y el tallo principal se encuentre seco. Lo anterior ocurre por los meses de octubre y noviembre, dependiendo de la variedad que se siembre, la fecha de siembra y las condiciones climáticas que prevalezcan durante la estación de crecimiento de la soya.



Fuente: INIFAP, 2001

Los datos de la Gráfica 2.6, se encuentran referenciados al Campo Experimental de las Huastecas en Tampico, Tamaulipas, con ciclo vegetativo de 180 días para la primera cosecha, y los 200 días para la soya con la segunda cosecha, observando que las variedades de soya son las requeridas en el municipio de González y el ciclo vegetativo es similar al citado en párrafos anteriores.

Las variedades de soya en la investigación son la Huasteca 100 y Huasteca 200, por ser variedades que aportan mayores rendimiento y siendo resistentes a ciertos embates de enfermedad y plagas en la zona de estudio y los días del ciclo vegetativo o estación de crecimiento serán distintos de cada una, pero estarán dentro de los rangos expuestos anteriormente, además de considerar las fechas de siembra.

2.5 Variedades de soya

De acuerdo a datos de la Asociación Americana de Soya (A.S.A, por sus siglas en inglés) se “calcula que existen más de 3,000 variedades de esta semilla en todo el mundo. Tan sólo para México se estiman más de 100 variedades; sin embargo las principales variedades de semilla certificada que se producen son: Cajeme, Bragg, Davis, Rosales, Tamazula, Tatabiate, Jupiter, Tapachula, Santa Rosa, UFV-1, Acadian BM-2, Hill, Hood, Laguna 65, Lee, Semnas y Tropicana.” (Revista Claridades. No. 7, 1994).

En la elección de cultivar soya se debe tener en cuenta algunas consideraciones:

- Elegir la variedad que tenga alto potencial de rendimiento para la zona, según la fecha de siembra.
- Analizar la susceptibilidad a enfermedades y plagas.

En el CESTAM, se están generando nuevos híbridos o variedades que se adecuen a las fechas de siembra (*siembras tempranas y siembras tardías*), “esto debido a que no se puede predecir el inicio de las lluvias de temporal, las fechas no son exactas para sembrar. Las siembras tempranas afectan a la soya, al no presentarse las lluvias a tiempo, origina deficiencias en la humedad para la etapa vegetativa, provocando la caída de flores” (INIFAP, 1996).

Al retrasarse las lluvias a finales del mes de julio o los primeros días de agosto, es llamado siembra tardía, “época en la cual las variedades utilizadas no tienen condiciones favorables de luz para lograr un adecuado crecimiento” (Maldonado, 1994), limitan el crecimiento de la planta, es decir “el área foliar, el número de entrenudos y vainas... además del incremento en las pérdidas al cosechar” (INIFAP, 1996), pero también “presenta deficiencias de humedad en el suelo durante la etapa reproductiva, lo que provoca caída de vainas y un llenado de grano deficiente... refleja en una disminución drástica del rendimiento” (*op.cit.*).

Con los nuevos híbridos de la soya, desarrollados en el CESTAM, se busca obtener un crecimiento y producción superior a comparación de las variedades que se utilizan en la actualidad. Se desarrollaron las variedades de la Huasteca 100 para las siembras tempranas que van del 15 junio al 15 de julio y la Huasteca 200 en siembras tardías que

**EFFECTOS DEL CAMBIO Y VARIABILIDAD CLIMÁTICOS EN EL CULTIVO DE SOYA (*Glycine max (L.)*) EN EL
MUNICIPIO DE GONZÁLEZ, TAMAULIPAS**

van del 16 julio al 31 de julio, ambas adaptadas a latitudes templadas, principalmente en los trópicos húmedos del país. Otras variedades sugeridas para las condiciones agroclimáticas que predominan en el sur de Tamaulipas son las variedades son Santa Rosa y UFV-1 en el ciclo agrícola O-I, y para el ciclo de P-V están las variedades de Tapachula 86 y Júpiter.

Cuadro 2.VI. Variedades de soya para el sur de Tamaulipas. Principales características y especificaciones de siembra bajo condiciones de temporal y riego, en el ciclo P-V. INIFAP, CESTAM, 2005.

Variedad	Ciclo vegetativo (días)	Fecha de siembra	Dist. Entre surcos (cm)	Semillas por metro lineal	Número de plantas por metro lineal	Plantas/ha (miles)	Semilla ** (kg/ha)
Huasteca 100	146 -117	15 de jun. Al 15 de jul.	60	21	18	300	53
		15 de jun. Al 15 de jul.	76 u 80	27 a 28	23 a 24	300	53
	116 -106	16 de jul. Al 31 de jul.	60	25	21	350	62
		16 de jul. Al 31 de jul.	76 u 80	31 a 33	27 a 28	350	62
Huasteca 200	139 -121	15 de jun. Al 15 de jul.	60	18	15	250	46
		15 de jun. Al 15 de jul.	76 u 80	22 a 24	19 a 20	250	46
	120 -114	16 de jul. Al 31 de jul.	60	21	18	300	55
		16 de jul. Al 31 de jul.	76 u 80	27 a 28	23 a 24	300	55
Huasteca 300	143 -116	15 de jun. Al 15 de jul.	60	21	18	300	69
		15 de jun. Al 15 de jul.	76 u 80	27 a 28	23 a 24	300	69
	115 -107	16 de jul. Al 31 de jul.	60	25	21	350	80
		16 de jul. Al 31 de jul.	76 u 80	31 a 33	27 a 28	350	80
Huasteca 400	122 -115	15 de jun. Al 15 de jul.	60	21	18	300	54
		15 de jun. Al 15 de jul.	76 u 80	27 a 28	23 a 24	300	54
	114 -109	16 de jul. Al 31 de jul.	60	21	18	350	63
		16 de jul. Al 31 de jul.	76 u 80	27 a 28	23 a 24	350	63
Santa Rosa	138 -114	15 de jun. Al 15 de jul.	60	21	18	300	55
		15 de jun. Al 15 de jul.	76 u 80	27 a 28	23 a 24	300	55
UFV-1	138 -116	15 de jun. Al 15 de jul.	60	21	18	300	51
		15 de jun. Al 15 de jul.	76 u 80	27 a 28	23 a 24	300	51

** Certificada con un mínimo de 85% de germinación.

Peso de 100 semillas = Huasteca 100 (12.5 g), Huasteca 200 (13.0 g), Huasteca 300 (16.3 g), Huasteca 400 (12.7 g), Santa Rosa (13.0 g), UFV-1 (12.0 g).

Fuente: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Centro de Investigación Regional del Noreste Campo Experimental sur de Tamaulipas (CESTAM). Paquetes tecnológicos para la producción agrícola en el sur de Tamaulipas o guías para cultivar soya de temporal.

2.5.1 Variedad Huasteca 100

Es una variedad que se desarrolló a partir de la hibridación de las variedades Santa Rosa (proveniente de Brasil) y Júpiter (introducida de Estados Unidos), ambas adaptadas a latitudes tropicales. Se cultivó durante el ciclo P-V de 1980, finalmente logro “obtener la línea H86-2094 en la generación F7, en el ciclo P-V 1986” (Maldonado, 1994).

2.5.2 Variedad Huasteca 200

La Huasteca 200, conocida como la “**gema de la soya para el trópico de México**” deriva de la cruza (Figura 2.K), de la línea F81-5344, su característica es la “poca sensibilidad al fotoperíodo en latitudes tropicales, porte alto, hábito de crecimiento semideterminado, buen amarre de vainas, buena sanidad y ciclo vegetativo largo” (*op.cit*). También se desarrolló la variedad Santa Rosa, por su alto potencial de rendimiento en siembras tempranas, “altamente resistente a la enfermedad “*ojo de rana*” *Cercospora sojina*, Hara ... muy sensible al fotoperíodo en condiciones de días cortos”.

Cuadro 2.VII. Principales características agronómicas.		
Características	Variedades	
	Huasteca 100	Huasteca 200
Días a floración	60 a 48	52 a 50
Altura de planta (cm)	93 a 84	109 a 95
Altura de vainas (cm)	16 a 13	23 a 18
Días a madurez fisiológica	144 a 118	118 a 111
Peso de 100 semillas (gr)	13.9	15.9
Acame	Resistente	Resistente
Desgrane	Resistente	Resistente

Fuente. Maldonado, 1994



Figura 2.K.

2.6 Preparación del terreno

Para llevar a cabo la siembra de la soya, se requiere que la(s) parcela(s) o hectáreas, obtengan las condiciones favorables para el desarrollo del cultivo es decir, que se lleve a cabo el ciclo de crecimiento de la planta para obtener los rendimientos esperados por el productor. Para lo anterior el primer elemento a considerar es el tipo de suelo y su preparación, ya que éste sustenta el cultivo y le aportará los nutrientes necesarios para su desarrollo, además de retener la cantidad de agua requerida. El objetivo es el obtener las mejores condiciones para la siembra.

2.6.1 Técnica de preparación para la siembra



Figura 2.L. Alineación de los surcos.

1. Limpia: es la operación de limpiar inmediatamente después de cosechar retirando los rastrojos del cultivo anterior y la maleza.
2. Barbecho: consiste en invertir o levantar el suelo a profundidades de hasta 30cm. Para ello se recomienda utilizar el arado de discos o de cinceles a una profundidad de 20 a 30 cm.
3. Subsoleo: consiste en romper el suelo sin invertirlo ni cambiarlo de posición a profundidades de hasta 90 cm. En caso de suelos compactos, se recomienda utilizar un arado de cinceles cuando se dificulte el barbecho.
4. Rastrero: es el rompimiento de los terrones grandes que quedan después del barbecho a profundidades de hasta 25 cm. Se tiene que dar uno o dos pasos de rastra, 15 días o más después del barbecho.

5. Empareje: después de haber realizado el barbecho y el rastreado, se nivela el terreno utilizando una niveladora o escrepa, un ciadro de metal o un tablón pesado. El nivelado le permitirá obtener una siembra uniforme.
6. Bordeo: se le llama comúnmente surcado, consiste en formar sobre el suelo bordos continuos a cierta profundidad y separación. Puede realizarse con un surcador de cuatro o seis timones a una separación de 60 ó 76 cm dependiendo de la sembradora disponible (INIFAP, 2005).

2.7 Densidad de siembra

La densidad es la medida que establece la cantidad de plantas que se cultivan en un espacio determinado, depende de la variedad que corresponde al cultivo (grupo de madurez y tipo de crecimiento determinado), así como de la disponibilidad de agua, de la fertilidad del suelo y de la fecha de siembra; el objetivo es obtener mayores rendimientos. En el Cuadro 2.VI (ver pagina 43), se presentan las columnas de semillas y número de plantas por metro lineal, así como las plantas por hectárea.

2.8 Forma de sembrar

- Se acostumbra tratar las semillas que se van utilizar en la siembra con funguicida, esto evita el ataque de hongos patógenos que se encuentren en el suelo así como en la semilla.

El biofertilizante (inoculante), basándose en bacterias de *Bradyrhizium japonicum*, le ayudarán a formar nódulos en la raíz para fijar el nitrógeno (N₂) atmosférico que requieren en su desarrollo.

- Sembrar en el lomo del surco. Esta técnica permite que a la planta no se le formen pequeños estanques de agua que lleguen a pudrirla. También facilita la distribución del agua sobre el cultivo, el control de maleza a la cosecha. La semilla no debe quedar muy profunda (Figura 2.M).



Figura 2.M.
Sembrado
por medio del
surco

2.9 Fertilización

- Aplicar en banda al momento de sembrar o al voleo incorporado con él bordeo o con un contrabordeo.

Dosis kg/ha
N-P-K
24-60-00

2.10 Riegos

Cuadro 2.VIII. Riegos requeridos para la soya en el municipio de González

	Época de Aplicación	Lámina
Riego de Presiembra	de 15 a 20 días antes de la siembra	de 10 a 12 cm
Primer Riego de Auxilio	A los 25 ó 30 días después de la emergencia de las plántulas	
Segundo Riego de Auxilio	Al final del período de la floración o al inicio del llenado de grano	

Fuente: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Centro de Investigación Regional del Noreste Campo Experimental Sur de Tamaulipas. Paquetes tecnológicos para la producción agrícola en el sur de Tamaulipas, ciclo P-V, 2005.

- **Combate de mala hierbas:** Se realiza 20 días después de la emergencia, realizando un deshierbe manual si se requiere.
- **Control de plagas:** Se considera a los organismos que llegan a causar daño al cultivo, interrumpir el desarrollo adecuado de la planta, e incluso llegan a comerse todo el cultivo o lo dejan afectado. En el siguiente cuadro se detallan cuáles son las plagas que atacan a la soya, en sus diferentes etapas de crecimiento así como las dosis e insecticidas a utilizar (Cuadro 2.IX).

Cuadro 2.IX. Principales plagas de la soya y sugerencias para su control en el sur de Tamaulipas. Ciclo P-V. INIFAP, CESTAM, 2005.

Plaga	Insecticida (nombre común)	Dosis (g.I.A./ha)	Nombre comercial	Dosis/ha producto comercial	Época de control
<i>Gusano terciopelo</i> <i>Anticarsia gemmatalis</i> Hübner	Paratión Metílico 720	720	Flash M720 Foley 50E Paratión Metílico 720 Folidol M72 Paration Metílico 50 Flash 50 Folidol M50	1.0 L 1.5 L 1.0 L 1.0 L 1.5 L 1.5 L 1.5 L	De floración a llenado de grano cuando se tengan de 10 a 20 larvas mayores a 1.5 cm y de un 15 a 30% de defoliación.
	<i>Baculovirus anticarsia</i>	20	<i>Baculovirus anticarsia</i>		Cuando se tenga de 5 a 10 larvas pequeñas por metro lineal.
<i>Falso medidor de la soya</i> <i>Pseudoplusia includens</i> Walker	Metomilo	300	Lannate 90 Methomyl 90 PS Metox 900 PS Nudrín 90	0.3 kg 0.3 kg 0.3 kg 0.3 kg	De floración a llenado de grano cuando se tengan de 10 a 20 larvas mayores a 1.5

Falso medidor de la col <i>Trichoplusia ni</i> Hübner	Permetrina	136	Ambush 34 Ambush 50 Pounce 500 CE	0.4 L 0.3 L 0.3 L	cm y de un 15 a 30% de defoliación. Aunque el porcentaje de control es bajo, los organismos benéficos naturales protegidos por el control biológico realizan la totalidad del control
	Cypermtrina	80	Talcord 340 Arribo 200 CE Ripcord 200 Sherpa 200 CE Combat 20 Cypervel 200	0.4 L 0.4 L 0.4 L 0.4 L 0.4 L 0.4 L	
	<i>Baculovirus anticarsia</i>	20		0.020 kg	
Chinche verde <i>Nezara viridula</i> Linn.	Paratión Metílico	720	Flash M 720 Paratión Metílico 50 Paratión Metílico 720 Folidol M72 Folidol M50 Foley 50E Regent	1.0 L 1.5 L 1.0 L 1.0 L 1.5 L 1.5 L 0.015 L	En llenado y madurez de grano cuando se tengan dos adultos por metro lineal.
	Fipronil	3			
Burrita o botijón rayado <i>Epicauta vitata</i> Fabricius	Paratión Metílico	720	Paratión Metílico 720 Folidol M72 Folidol M50 Foley 50E Flash 50	1.0 L 1.0 L 1.5 L 1.5 L 1.5 L	Sobre los manchones donde se presenta este insecto.
Diabroticas <i>Diabrotica balteata</i> LeConte <i>Diabrotica variegata</i> Jacoby	Paratión Metílico	720	Paratión Metílico 720 Folidol M72 Folidol M50 Foley 50E Flash 50	1.0 L 1.0 L 1.5 L 1.5 L 1.5 L	Durante todo el ciclo del cultivo, cuando se tengan poblaciones altas que ocasionen defoliaciones fuertes.
Mosca blanca <i>Bemisia tabaci</i> Genn.	Endosulfán	750	Thiodan 35 CE Thionex 35% CE Endofan 35% Thiodan 50 PM Thiosulfan 35% Agrofan 35 CE Bea-Sin Pae-Sin	2.0 L 2.0 L 2.0 L 1.6 L 2.0 L 2.0 L 2.0 L 2.0 L	Cuando se tengan tres adultos por planta. Cuando se tengan cinco ninfas por hoja. Cuidar todo el ciclo de cultivo.
	<i>Beauveria bassiana</i> <i>Paecilomyces fumosoraseus</i>				
Langosta voladora <i>Schistocerca piceifrons</i> piceifrons	Fipronil	2	Regent	0.01 L Aplicado en mezcla con melaza al 2% y en franjas en el 25% de la superficie	Cuando se encuentren cinco ninfas por metro o un adulto por metro.

Fuente: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Centro de Investigación Regional del Noreste Campo Experimental sur de Tamaulipas. Paquetes tecnológicos para la producción agrícola en el sur de Tamaulipas, ciclo P-V, 2005

- **Prevención y control de enfermedades:** El cultivo llega a adquirir ciertas enfermedades tanto fúngica como bacterianas que llegan a mermar el cultivo, debe de prevenirse con insecticida. A continuación se muestra un cuadro que muestra las enfermedades que llega a presentar el cultivo de soya y cuál es la prevención o el control que se debe aplicar (Cuadro 2.X).

Cuadro 2.X. Prevención y control de enfermedades de la soya en el sur de Tamaulipas. INIFAP, CESTAM, 2005.

Enfermedad	Forma y época de prevención o control
<p>Damping off o secadera</p> <p>Antracnosis <i>Colletotrichum dematium</i> var. <i>truncata</i> (Schw.) Arx.</p> <p>Ojo de rana <i>Cercospora sojina</i> Hara</p> <p>Mildió veloso <i>Peronospora manshurica</i></p> <p>Naoum. (Syd)</p> <p>Pudrición carbonosa o secadera <i>Macrophomina phaseolina</i> (Tassi) Goid</p>	<p>Tratar la semilla como se indica en el capítulo de Forma de Sembrar.</p> <p>Aplicar 1500 g.I.A. de Captán ó 125 g.I.A. de Benomilo, lo que se logra asperjando 3 kg/ha de Captán 50 ó 500 g/ha de Benlate; realizar una primera aplicación en plena floración del cultivo y una segunda durante el llenado de vainas. Esta tecnología mejora la producción y calidad de la semilla.</p> <p>Utilizar semilla de buena calidad, establecer poblaciones recomendadas y tratar la semilla antes de la siembra.</p>

Fuente: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Centro de Investigación Regional del Noreste Campo Experimental sur de Tamaulipas. Paquetes tecnológicos para la producción agrícola en el sur de Tamaulipas, ciclo P-V.

- Cosecha:** la soya está alcanzando el final del ciclo vegetativo, comienzan las hojas a caer, los tallos no están verdes y las vainas están secas y amarillas, las semillas o granos se encuentran en estado maduro con un contenido de humedad que oscila del 12-14%, su color es marrón; si es menor del 12% el riesgo es la pérdida por desgrane. Llega a recolectarse con una cosechadora de cereales, si se retrasa la cosecha se corre el riesgo de que las vainas se abran y se desgranen (Figura 2.N).



Figura 2.N. La soya al terminó de su ciclo vegetativo.

2.10 Problemas que enfrenta el cultivo de la soya

Uno de los problemas al que se enfrenta el cultivo de la soya en la actualidad, es el uso de suelo es decir, la competitividad con otros granos básicos como son maíz, sorgo, y trigo, así como con otras oleaginosas como son el cártamo y el ajonjolí, que ofrecen mayores ventajas, resultando más rentables, desplazando y disminuyendo las áreas de siembra del cultivo de soya. Los apoyos o programas agrícolas se destinan a otros granos que son de mayor demanda en el mercado nacional e internacional.

Otro aspecto que influye es el precio medio rural tanto en la soya, como de los productos con que compite; este precio se fija al término del ciclo agrícola, “y se obtiene dividiendo la suma de los valores de la producción mensual, entre el volumen total obtenido en el periodo de cosecha. El valor de la producción mensual se obtiene multiplicando el precio medio rural por el total de la producción en el mes de referencia.”

El cultivo de soya en México podría ser desplazado, debido a la alta demanda del mercado internacional de otros productos. Otro factor importante es el enfoque de los programas destinados a unos cuantos productos agrícolas que llegan a funcionar en las regiones. En este caso el municipio de González ha logrado destacar en su producción de soya, a las condiciones agroclimáticas que le favorecen al obtener una mayor producción en el ciclo P-V, además de desarrollar nuevas variedades en el CESTAM obteniendo mayores rendimientos que las anteriores variedades que se sembraban en González, por presentar mayor resistencia a las condiciones agroclimáticas; plagas, enfermedades locales, altas temperaturas.

CAPITULO 3

CONCEPTOS DE CAMBIO Y VARIABILIDAD CLIMÁTICA A NIVEL GLOBAL

Introducción

Recientemente se ha resaltado con mayor frecuencia el tema del Cambio Climático y sus consecuencias en el mundo, los científicos expertos en el ámbito de la climatología se han dedicado a conocer qué es y qué lo provoca, pero también se están enfocando a cómo llegar a medir los daños y cómo pronosticarlos. Para comprender lo que es el Cambio Climático se tiene que mencionar al Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático; (IPCC, por sus siglas en inglés), cuya finalidad es el proporcionar una evaluación de todos los aspectos del cambio climático; y lo refieren como “a todo cambio en el clima a través del tiempo, ya sea debido a la variabilidad natural o como resultado de actividades humanas” (IPCC; WGI, 2001). Por lo tanto se refiere a las alteraciones que ha sufrido la Tierra en los distintos períodos, ocurriendo grandes desastres y pérdidas económicas y humanas. En la actualidad, con el aumento de la población a nivel mundial y su consumo de energía y con el cambio de uso de suelo, se han generado grandes problemas en los distintos ámbitos climáticos, ambientales, económicos, políticos, institucionales, sociales y tecnológicos. El cambio climático ha llegado a convertirse en un problema mundial, por lo que diferentes países durante la reunión de en 1997 la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC por sus siglas en inglés), acordaron el Protocolo de Kioto, cuyo objetivo es la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en un 5.2% como media respecto al nivel de 1990 entre el año 2008 y 2012, principalmente en los países industrializados.

Para comprender un poco mas sobre el Cambio climático y Variabilidad, se debe definir ¿Qué es el clima?, ¿Qué es sensibilidad?, ¿Qué es vulnerabilidad?, ¿A quienes afecta?, etc.

3.1 CONCEPTOS

3.1.1 Clima

Para entender lo que es cambio climático, se debe conocer su importancia y como afecta a la Tierra. De acuerdo a la Organización Meteorológica Mundial (OMM) define como clima al “promedio del estado del tiempo”, es una descripción estadística en términos de

valores medios y de variabilidad de las cantidades de interés (temperatura, precipitación, etc.) durante un período que puede abarcar desde algunos meses hasta miles o millones de años. El período aproximado para realizar estos promedios es de 30 años, según la definición de la Organización Meteorológica Mundial (OMM).” (IPCC; WGI, 2001). Otra “definición básica de clima se da al término “tiempo medio” o más específicamente como la descripción del tiempo meteorológico en términos de media y la variabilidad de ciertas condiciones atmosféricas durante períodos de varios decenios”. La atmósfera presenta “... inestabilidades inherentes, interacciones no-lineales entre sus componentes y presenta oscilaciones en torno a ciertos estados de equilibrio...” (Conde, 2003), las interacciones de los componentes del clima (sistemas complejos como son los océanos, los continentes, la atmósfera, los círculos polares, la biomasa (plantas y animales)) presenta inestabilidades no lineales, es decir, retroalimentaciones en sus componentes muy complejas. Conde lo describe como un “sistema caótico, debido a estas oscilaciones presentes en el sistema climático”, por lo tanto estas variables meteorológicas varían de acuerdo a su relación con otros sistemas presentes en la Tierra.

3.1.2 Cambio climático

El cambio climático ha estado presente desde la formación de la Tierra, al llegar a constituirse la atmósfera, esta capa es la que retiene los gases que forman la atmósfera, la cual regula los procesos meteorológicos como son temperatura, precipitación, humedad, viento, nubosidad, etc. A partir de estos procesos meteorológicos se presentan cambios o alteraciones que han estado modificando el planeta una y otra vez, mientras que los organismos vivos se han adaptado a dichos cambios y a su vez han determinado que la atmósfera tenga al oxígeno como un componente principal.

El IPCC refiere a **cambio climático** “a cualquier cambio del clima en el transcurso del tiempo ya sea por razón de su variabilidad natural o como resultado de actividades humanas.” Pero la Convención Marco sobre el Cambio Climático (CMCC) lo cita como “*cambio climático* se refiere a un cambio del clima atribuido directa o indirectamente a actividades humanas que alteran la composición de la atmósfera mundial y que viene a añadirse a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables.” (IPCC; WGI, 2001). Ambas definiciones incluyen a las sociedades humanas, pero la CMCC le atribuye el problema del cambio climático actual a las

actividades que las sociedades humanas realizan para adaptarse a su medio. Sin embargo, en los últimos 100 años estas actividades han detonado los cambios en el clima a nivel global, como son las inundaciones intensas, sequías extremas, heladas constantes, tornados devastadores, etc. Existen otros organismos vivos que se encuentran relacionados al sistema climático, por ejemplo las plantas requieren de dióxido de carbono (CO₂) para producir materia orgánica, el cual toman de la atmósfera y a su vez liberan oxígeno (O₂), o al expandirse la vegetación (bosques, selvas) aumentará el proceso de absorción de (CO₂) y la liberación de (O₂). Por otra parte, también está la posibilidad de incendios que ocurren por las temperaturas altas, etc., de cierta manera la composición atmosférica cambia. Estos incendios pueden ser naturales o por la intervención del hombre. En los siguientes esquemas (Figuras 3.1 a 3.3), se observa las emisiones por quema de combustibles fósiles y por cambio en el uso del suelo han aumentado la temperatura a nivel global. En la Figura 3.1 se detalla el forzamiento radiativo (La variabilidad climática se relaciona con el aumento de las concentraciones de GEI y el forzamiento radiativo positivo (al calentar la superficie terrestre) o negativo (enfriando la superficie terrestre), este último debido fundamentalmente a los aerosoles, producto de las erupciones volcánicas y también a las actividades humanas. Estos elementos fuerzan el calentamiento de la atmósfera, lo que repercute en el cambio climático del mundo, al alterar a las variables o elementos meteorológicos (precipitación, temperatura, humedad, viento, etc.). Estas perturbaciones oscilan alrededor de un valor medio, mismas que deben ser periódicas o casi periódicas en escalas de tiempo de años. Al llegar a excederse las perturbaciones con duración prolongada se dice que hay un cambio climático). Los distintos gases (principalmente del CO₂, CH₄, y otros, como aerosoles) contribuyen de manera positiva o negativamente al calentamiento global. En los últimos años ya no es posible reproducir mediante modelos el calentamiento observado sólo considerando el forzamiento natural.

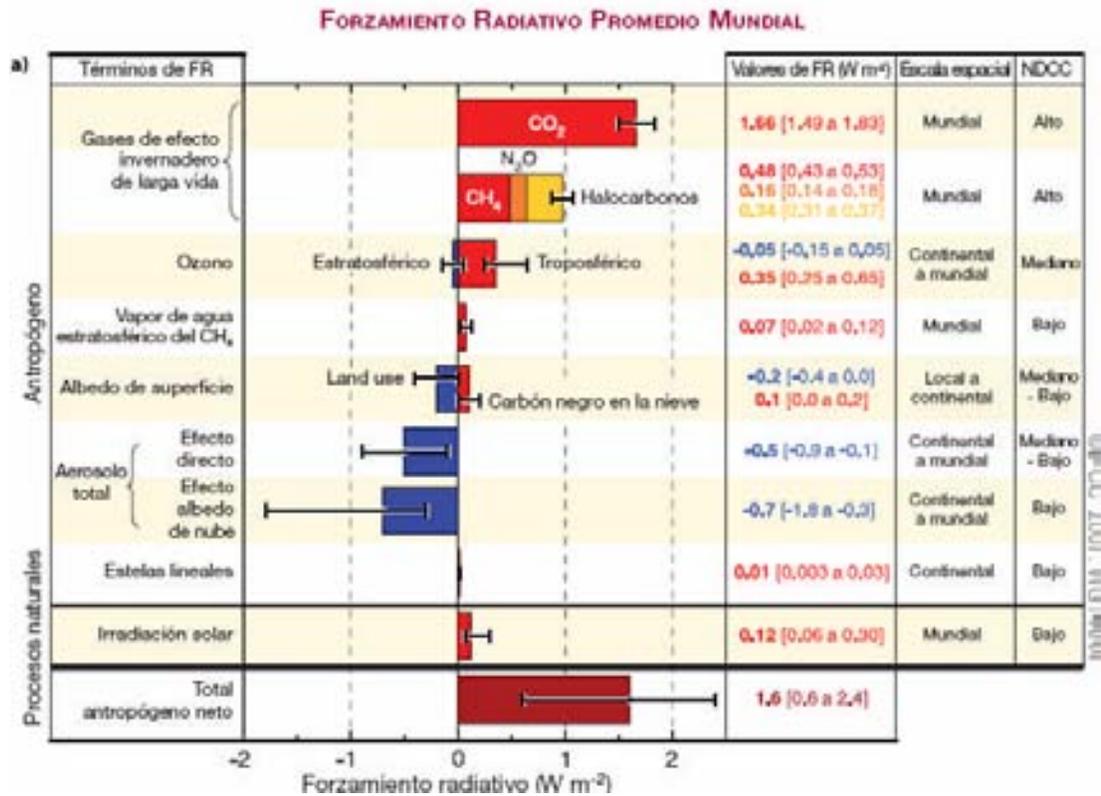


Figura 3.1. Forzamiento radiativo (FR) medio mundial y su intervalo de probabilidad de un 90% en 2005 para varios agentes y mecanismos. Las columnas de la derecha especifican los mejores cálculos de intervalos de probabilidad (valores FR); la extensión geográfica típica del forzamiento (escala espacial); y el nivel de conocimiento científico (LOSU, en sus siglas en inglés) que indica el nivel de confianza científica. Los errores del CH₄, N₂O y halocarburos aparecen juntos. Se muestra, además, el forzamiento radiativo antropogénico y sus valores. Los aerosoles volcánicos constituyen otra forma de forzamiento natural pero no se incluyen por su naturaleza episódica. La escala de las estelas lineales no incluye otros efectos posibles derivados de la aviación sobre la nubosidad.

Fuente: IPCC; WGI, 2007

Los GEI han ido en aumento, “Las causas principales del aumento del CO₂ atmosférico son las emisiones de CO₂ derivadas del uso de combustibles fósiles y del impacto del cambio en los usos del territorio en el carbono acumulados en las plantas y en el suelo. A partir de 1750, se calcula que aproximadamente dos tercios de las emisiones de CO₂ antropogénico provienen de la quema de combustible fósil y un tercio del cambio en el uso de la tierra. Aproximadamente un 45% de este CO₂ permanece en la atmósfera, mientras un 30% permanece en los océanos y el resto está en la biosfera terrestre. Aproximadamente la mitad del CO₂ emitido hacia la atmósfera se elimina en una escala de tiempo de 30 años; otro 30% se elimina en pocos siglos y el 20% restante permanecerá en la atmósfera durante miles de años.”(IPCC; WGI, 2007).

distribuyéndola en los sistemas terrestres generando calor, mientras que otra es irradiada nuevamente al espacio en longitudes de onda más larga (radiación infrarroja), pero si no llega a salir la radiación origina que la temperatura global aumente. Los GEI atrapan la radiación infrarroja que emite la superficie.

Los GEI importantes son el vapor de agua, dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), los clorofluorocarbonos (CFCs), hidrofluorocarbonos (HFCs), hexafluoruro de azufre (SF₆), principalmente, aunque los tres últimos corresponden a los que produce el hombre.

Gases de Efecto Invernadero (GEI)	Fuente	Consecuencias	Generadores
Vapor de agua	Océanos, cuerpos de agua y en la evaporación de la vegetación	Al aumentar la temperatura de atmósfera, aumenta su capacidad de retención del agua y también el GEI	Natural
Dióxido de carbono (CO ₂)	Quema de combustibles fósiles Deforestación (cambios de uso de la tierra)	Aumento de 280 ppm en 1750 a 367 ppm en 1999 (31%) Aumento del albedo	Antropogénico Natural en mínimas proporciones
Metano (CH ₄)	Humedales Explotación, transporte y uso de combustibles fósiles. Agricultura (Cultivo del arroz con régimen de riego). Vertederos	Aumento en la atmósfera en un 150% (1,060 ppm)	Natural Antropogénico
Oxido nitroso (N ₂ O)	Cambios de uso de suelo (agrícola-ganadero) Actividades industriales Fertilizantes minerales y orgánicos Descomposición del estiércol	Aumento constante durante la era industrial, actualmente un 16% (46ppm)	Antropogénico Natural
Halocarbonos: clorofluorocarbonos (CFC)	Compuestos de carbono que contienen flúor, cloro, bromo o yodo.	Eliminan la capa de ozono estratosférica y aumento del GEI	Antropogénico
Hidroclorofluorocarbonos (HCFC) y Hidrofluorocarbonos (HFC)	Sustitutos de CFC	Aumento de GEI	

Perfluorocarbomos (PFC) y Hexafluoruro de azufre (SF6)	Emisiones reducidas, influirían a futuro en el clima	Residen en la atmósfera en períodos largos y absorben la radiación infrarroja	
Aerosoles (partículas o gotitas microscópicas en el aire)	Derivan de combustibles de origen fósil y de la biomasa. Actividad volcánica Tormentas de polvo	Efecto directo: dispersan y absorben la radiación infrarroja solar y térmica Efecto indirecto: modifican propiedades microfísicas y las radiativas y la nubosidad	Antropogénico Natural

*ppm partes por millón (en volumen)

Cuadro 3.I. Los principales GEI que prevalecen en la atmósfera y originan el calentamiento global. Estas emisiones han sido constantes en la atmósfera pero están en aumento sus niveles desde la era Industrial y en la actualidad las concentraciones se deben la mayoría a las actividades humanas que de forma natural. Existen otros gases que tienen influencia indirecta en la atmósfera y los GEI, como son los reactivos del nitrógeno (N), el monóxido de carbono (CO) y los compuestos orgánicos volátiles (COV), y el ozono.

Fuente: <http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/GasesEfect.htm>

<http://www.atmosfera.cl/HTML/TEMAS/CALENTAMIENTO/calen2.HTM>

<http://www.lenntech.com/greenhouse-effect/greenhouse-gases.htm>

IPCC; WGI, 2001

“Los gases de efecto invernadero de larga vida... el CO₂, el metano (CH₄) y el óxido nitroso (N₂O), son químicamente estables y persisten en la atmósfera durante escalas de tiempo desde décadas hasta siglos o más, de modo que sus emisiones ejercen su influencia en el clima a largo plazo.” (IPCC; WGI, 2007). Por eso su importancia el papel que juegan en la atmósfera.

El aumento de los GEI causa el calentamiento de la superficie de la Tierra; los científicos llaman a este proceso **calentamiento global**: el cual puede provocar los fenómenos climáticos que acontecen en el mundo, como son: “Los cambios en las temperaturas extremas se corresponden con el calentamiento... Existen pruebas sobre cambios a largo plazo en la circulación atmosférica a gran escala tales como el desplazamiento hacia los polos y el fortalecimiento de los vientos del oeste... Las temperaturas superficiales terrestres aumentaron a mayor velocidad en los océanos en ambos hemisferios... Muchos cambios climáticos regionales se pueden describir en términos de pautas de variabilidad climática preferenciales... el aumento de la cantidad de días cálidos extremos, la disminución de la cantidad de días gélidos extremos y la disminución de la cantidad de días helados en latitudes medias...Aumentó la duración de las olas de calor a partir de la segunda mitad del siglo XX” (IPCC; WGI, 2007).

“El calentamiento a nivel mundial en los últimos 30 años, se ha extendido en todo el mundo, siendo mayor en las latitudes altas septentrionales” (IPCC; WGI, 2007).

Se ha observado un calentamiento global, y también han ocurrido en el planeta procesos de enfriamiento, que van en relación con forzamientos naturales como son los sucesos volcánicos y no de forzamientos antropogénicos. El material volcánico en suspensión afecta a la atmósfera enfriando a la Tierra, aunque estos enfriamientos son de corta duración; debido a esto se han repetido fluctuaciones o anomalías climáticas, que se observan en las Figuras 3.3a y 3.4b, eventos volcánicos más fuertes; si no hubieran ocurrido, la temperatura media mundial se hubiera incrementado. Por lo tanto los forzamientos antropogénicos se caracterizan con mayor importancia, que los forzamientos naturales.

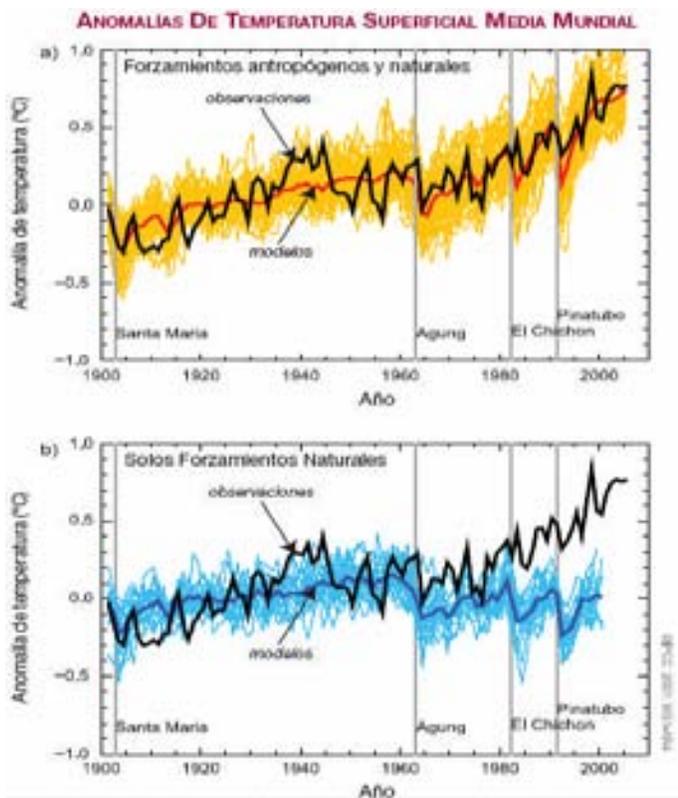


Figura 3.3a. Anomalías en la temperatura superficial media mundial relativas al período de 1901 a 1950, según observaciones, (línea negra) y como resultado de simulaciones con forzamientos antropogénicos y naturales. La línea gruesa curva, en rojo, muestra la media del conjunto de varios modelos y la línea curva delgada rojo claro muestra las simulaciones individuales. Las líneas grises verticales indican importantes fenómenos volcánicos.

Figura 3.4b. Igual que en (3.3a), sólo que las anomalías simuladas de la temperatura media mundial son solamente para los forzamientos naturales. La curva gruesa azul muestra la media del conjunto multimodelo y la curva azul más clara muestra las simulaciones individuales. Cada simulación fue muestreada para que la cobertura se correspondiera con las observaciones.

Fuente: IPCC, WGI, 2007

Otras evidencias de un sistema climático cambiante, son los registros de mediciones directas de la temperatura, precipitaciones y vientos en la superficie a mediados del siglo XIX, así como los registros de mediciones del nivel del mar que en algunos lugares se tienen por 100 años, y muy limitada en otras partes del mundo. La disminución de los

casquetes polares así como las capas de hielo ubicados en las partes altas de la superficie terrestre, y los fenómenos extremos que se presentan a escalas pequeñas como las tormentas, tornados, granizadas, tormentas eléctricas, etc., y los que ocurren en escalas mayores como los fenómenos de El Niño y La Niña, es muy probable que sean consecuencia de lo que está sucediendo con el clima en el planeta en la actualidad.

En los últimos 50 años ha sobresalido la influencia de las sociedades humanas por la utilización de combustibles fósiles, principalmente el petróleo y sus derivados, generando el aumento de los (GEI), que son la causa del aumento de la temperatura en la Tierra, llamado **calentamiento global**.

El último Informe del IPCC (2007), advierte que a finales del siglo XXI la temperatura podría subir entre 1,8° C y 4° C, y que el nivel de los océanos podría aumentar hasta 59 centímetros, como lo muestra el Cuadro II.3, en donde se presentan los escenarios de cambio climático con una proyección a largo plazo de 2090-2099. La figura muestra cómo de las emisiones depende el aumento de temperatura. Por ejemplo, bajo el escenario de emisiones B1, la temperatura aumenta alrededor de 1.8° C, mientras que si se considera al escenario de emisiones A1FI ésta puede aumentar alrededor de 4° C, es decir que la temperatura continuará aumentando y dependerá de las medidas que se tomen para reducirlas y no continúe un cambio climático global drástico. (Cuadro 3.II). Así, el calentamiento global dependerá de los escenarios de emisiones, que se describen en la siguiente sección.

3.2. Escenarios de cambio climático

1. ***Escenarios no climáticos** su objetivo es el describir cambios socioeconómicos, de uso de la tierra y ambientales, así como caracterizar la sensibilidad de los sistemas al cambio climático, su vulnerabilidad y su capacidad de adaptación.

Cuadro 3.II. Calentamiento de la superficie y aumento del nivel del mar medios proyectados al final del siglo XXI.

Caso	Cambio en la temperatura (°C en 2090-2099 con respecto a 1980-1999) ^a		Incremento del nivel del mar (m en 2090-2099 con respecto a 1980-1999)
	Mejor estimación	Rango de probabilidad	Rango basado en modelos excluyendo cambios dinámicos futuros rápidos en el flujo de hielo
Concentraciones constantes año 2000 ^b	0,6	0,3-0,9	NA
Escenario B1	1,8	1,1-2,9	0,18-0,38
Escenario A1T	2,4	1,4-3,8	0,20-0,45
Escenario B2	2,4	1,4-3,8	0,20-0,43
Escenario A1B	2,8	1,7-4,4	0,21-0,48
Escenario A2	3,4	2,0-5,4	0,23-0,51
Escenario A1FI	4,0	2,4-6,4	0,26-0,59

- (a) estas estimaciones se han evaluado a partir de una jerarquía de modelos que engloba un modelo climático simple, varios EMICs y un gran número de AOGCMs
- (b) La composición constante del año 2000 se ha obtenido sólo del AOGCMs

Fuente. IPCC; WGI, 2007

<http://ipcc-wg1.ucar.edu/wg1/wg1-report.html> (Technical Summary)

- *Escenarios socioeconómicos.* Se han utilizado más extensamente para proyectar las emisiones de GEI y para evaluar la vulnerabilidad y la capacidad de adaptación al clima. Se identifican varios temas o campos diferentes, como la población o la actividad económica, así como factores de fondo como la estructura de gobierno, los valores sociales, y las pautas del cambio tecnológico. Los escenarios permiten establecer la vulnerabilidad socioeconómica de referencia, anterior al cambio climático.
- *Escenarios de cambio en el uso de la tierra y la cobertura vegetal.* El cambio en el uso de la tierra y la cobertura vegetal (CUT-CV) comprende varios procesos que son fundamentales para la estimación del cambio climático y sus impactos. En primer lugar, el CUT-CV influye en los flujos de carbono y las emisiones de GEI, que alteran directamente la composición atmosférica y las propiedades de forzamiento radiativo. Segundo, el CUT-CV modifica las características de la superficie terrestre e, indirectamente, los procesos climáticos. Tercero, la modificación y conversión de la cobertura vegetal pueden alterar las propiedades de los ecosistemas y su vulnerabilidad al cambio climático. Por último, muchas de las opciones y estrategias para mitigar las emisiones de GEI comprenden

prácticas relacionadas con la cobertura vegetal y prácticas modificadas de uso de la tierra. Se ha construido una gran diversidad de escenarios CUT-CV. La mayoría, sin embargo, no tratan explícitamente cuestiones de cambio climático, sino que centran su atención en otras cuestiones, por ejemplo, la seguridad alimentaria y el ciclo del carbono. Los modelos de evaluación integrada son actualmente los instrumentos más adecuados para elaborar escenarios CUT-CV.

- *Escenarios ambientales.* Se refieren a cambios en los factores ambientales distintos del clima que se producirán en el futuro independientemente del cambio climático. Dado que estos factores pueden cumplir funciones importantes en la modificación de los impactos del futuro cambio climático, los escenarios deben mostrar las posibles condiciones ambientales futuras, como la composición atmosférica [por ejemplo, dióxido de carbono (CO₂), ozono troposférico, compuestos de acidificación, y radiación ultravioleta- B (UV-B)]; la disponibilidad de agua, y su uso y calidad; y la contaminación marina.

2. ***Escenarios climáticos** en las evaluaciones de los impactos se han empleado tres tipos distintos de escenarios climáticos:

- *Escenarios incrementales:* son simples incrementos arbitrarios de los variables climáticas básicas. Estos escenarios pueden ofrecer una asistencia valiosa para ensayar la sensibilidad del sistema al clima. Ahora bien, como comprenden ajustes arbitrarios, puede que no sean realistas.
- *Escenarios analógicos:* La representación analógica de un clima que ha cambiado a partir de registros anteriores o de otras regiones puede ser difícil de identificar y casi no se aplica, aunque algunas veces puede proporcionar detalles útiles de los impactos de las condiciones climáticas fuera de la gama de actualidad.
- *Escenarios del clima basados en modelos.* Los escenarios más comunes emplean resultados de modelos de circulación general (MCG) y por lo general se construyen ajustando un clima de referencia (normalmente basado en observaciones regionales del clima durante un período de referencia como 1961-

1990) en función del cambio absoluto o proporcional entre los climas simulados presentes y futuros. La gran mayoría de los escenarios representan cambios en el clima medio; algunos escenarios recientes han incorporado cambios en la variabilidad y en los sucesos climáticos extremos, que pueden tener impactos en algunos sistemas.

*Fuente: (IPCC; WGII, 2001)

Los modelos climáticos llamados **Modelos de Circulación General** (MCGs) se utilizan para obtener *proyecciones climáticas*, de temperatura, precipitación y de otras variables climáticas. Para estimar los escenarios de cambio climático se utilizan los escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Se obtienen así los escenarios de cambio climático para horizontes futuros, como para el 2020 y 2050.

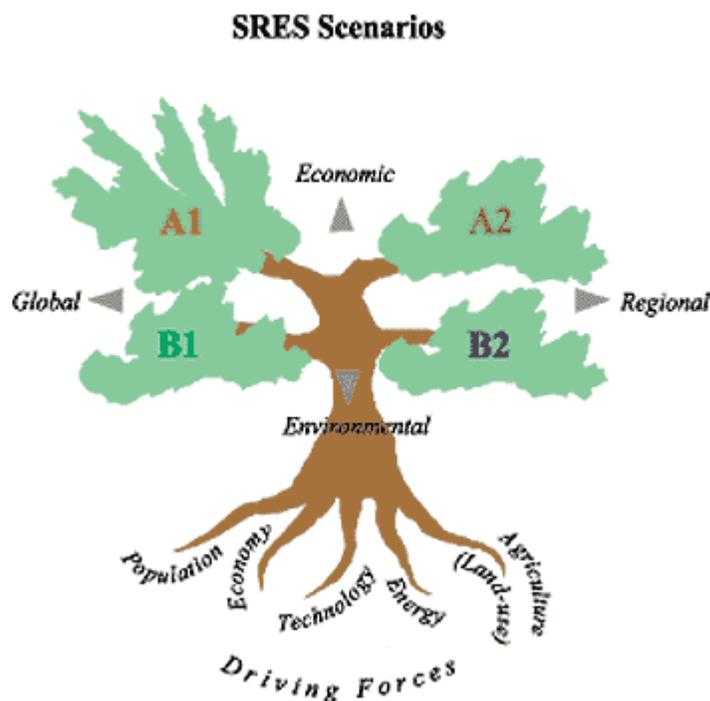


Figura 3.5. Se representan los escenarios que el IPCC publicó en los Informes Especiales sobre los Escenarios de Emisiones (SRES, sus siglas en inglés)

Fuente: <http://www.lenntech.com/espanol/Efecto-invernadero/Escenarios-IPCC.htm>

Los *escenarios de emisiones* (Nakicenovic, *et al*, 2000) son una componente central de cualquier evaluación del cambio climático. Estos escenarios se agrupan en cuatro familias diferentes (Figura 3.5) e incluyen su impacto estimado en el clima. Se basan en proyecciones de las condiciones tecnológicas, económicas, de población de energía, de uso de suelo y de la agricultura (Figura 3.5). Dos escenarios enfatizan en la riqueza material y los otros dos en sostenibilidad y equidad. Adicionalmente, dos escenarios enfatizan en globalización y dos en regionalización. Esto proporciona a la IPCC la siguiente combinación y número original (<http://www.lenntech.com/espanol/Efecto-invernadero/Escenarios-IPCC.htm>).

A2 supone:

- ❑ Describe un mundo heterogéneo
- ❑ Con autosuficiencia y conservación de las identidades locales
- ❑ Una población de continuo crecimiento
- ❑ El desarrollo económico se orienta a las regiones, además de un crecimiento económico por habitante
- ❑ Con un cambio de tecnología diferencial y lento

B2 supone:

- ❑ Un mundo en donde hay soluciones locales a la sostenibilidad económica, social y ambiental
- ❑ La población aumenta progresivamente a un ritmo menor que en A2
- ❑ Desarrollo económico intermedio
- ❑ Cambio tecnológico menos rápido y más diverso
- ❑ Dedicado a la protección del medio ambiente y a la igualdad social (a nivel local y regional).

Mientras que los escenarios de emisiones **A1 y B1** son más globalizados, se describe a un mundo con crecimientos económicos rápidos, con una población que aumenta y a mediados del siglo disminuye, además de la introducción de tecnologías más eficientes. Suponen que eventualmente se daría la igualdad económica, social y ambiental. (IPCC; WGI, 2001).

3.3. Variabilidad climática

La variabilidad enfocada al sistema climático, “se refiere a variaciones en las condiciones climáticas medias y otras estadísticas del clima (como las desviaciones típicas, los fenómenos extremos, etc.) en todas las escalas temporales y espaciales que se extienden más allá de la escala de un fenómeno meteorológico en particular. La variabilidad puede deberse a procesos naturales internos que ocurren dentro del sistema climático (variabilidad interna), o a variaciones en el forzamiento externo natural o antropógeno (variabilidad externa)” (IPCC; WGI, 2001, Cuadro 3.III.).

Cuadro 3.III. Ejemplos de variabilidad interna y externa

Variabilidad Interna	Variabilidad Externa	
Naturales (Variaciones Climáticas = Ruido)	Forzamiento natural	Forzamiento externo antropógeno (Variaciones Climáticas = Señal)
Los fenómenos extremos de los Niños y Niñas , que originan fluctuaciones a escalas interanuales. Generan variaciones en: <ol style="list-style-type: none"> 1. Temperatura 2. Precipitación 3. Intensidad de los vientos, etc. 	Cambios de irradiación solar	Aumento de concentraciones GEI o aerosoles
	Frecuencia de erupciones volcánicas de gran magnitud	
	Circulación Termohalina de los Océanos (la reducción del transporte del calor hacia las latitudes altas del hemisferio Norte)	
	Aumento del Nivel del Mar	
	Reducción de Glaciares y Casquetes Polares, así como capas de nieve y hielo.	
Variación en intensidad y duración de Lluvias Monzonicas		

La variabilidad climática se caracteriza según su escala temporal en:

1. *Variabilidad Climática Interanual*: se refiere a la fluctuación en períodos de años, de los diferentes elementos meteorológicos de una región. Esta fluctuación se establece por lo general, con relación a un promedio histórico. El comportamiento muestra a través del tiempo extremos, máximos, mínimos y oscilaciones menores cercanas a lo normal. Un ejemplo es el fenómeno El Niño-Oscilación del Sur (ENOS o ENSO, por sus siglas en inglés) que determina cambios en las

características de la temperatura de la superficie del mar (TSM) y de la circulación atmosférica. Otro ejemplo es la Oscilación del Atlántico Norte (OAN o NOA, por sus siglas en inglés) es una "... variabilidad de la circulación atmosférica en el hemisferio Norte durante el invierno..." (IPCC; WGI, 2001).

2. *Variabilidad Decenal*: se refiere a fluctuaciones a escalas de corto tiempo que van por décadas de los diferentes elementos meteorológicos de una región. Un ejemplo de esta variabilidad es la Oscilación Decadal del Pacífico (ODP), esta fluctuación se establece por lo general, con relación a un promedio histórico." en la que resaltan cambios decadales en las temperaturas del océano Pacífico (IPCC; WGI, 2001).

"Los análisis de variabilidad atmosférica y climática demuestran que es posible describir sus componentes principales en términos de fluctuaciones en la amplitud y signo de los índices de un número relativamente pequeño de pautas de variabilidad preferenciales. Las pautas más conocidas son": (IPCC; WGI, 2007) Cuadro 3.IV.

Cuadro 3.IV. Principales fluctuaciones de variabilidad climática.

Fenómeno Climático	Influencia	Consecuencia
La Oscilación del Sur El Niño (ENSO, en sus siglas en inglés)	Fluctuación acoplada en la atmósfera y el Océano Pacífico austral, con escalas de tiempo preferenciales desde dos hasta aproximadamente siete años. El ENSO se mide con frecuencia por la diferencia de las anomalías en la presión de la superficie entre Tahití y Darwin y la TSM en el Pacífico austral central y oriental. El ENSO tiene teleconexiones mundiales	Las temperaturas del aire superficial terrestre y las TSM muestran calentamiento. En ambos hemisferios las regiones terrestres se calentaron a más velocidad que los océanos en los últimos decenios.
Oscilación Noratlántica (NAO, en sus siglas en inglés)	Una medida de las fuerzas de los vientos bajos de Islandia y los altos de las Azores y de los vientos del oeste entre ellos, principalmente en invierno. La NAO tiene fluctuaciones asociadas a las trayectorias de las tormentas, la temperatura y las precipitaciones desde el Atlántico Norte hasta Eurasia	Una mayor inercia térmica de los océanos. Las observaciones independientes de cambios en la salinidad oceánica.
Modo Anular del HN (NAM, en sus siglas en inglés)	Fluctuación invernal caracterizada por una presión baja de superficie en el Ártico y una presión alta de los vientos del oeste de latitud media. El NAM presenta vínculos con el vórtice polar septentrional y la estratosfera.	El vapor de agua aumenta junto con la temperatura mundial, debido al aumento de la evaporación donde existe humedad superficial, y esto tiende a aumentar las

Modo Anular del HS (SAM, en sus siglas en inglés)	La fluctuación de una pauta con una presión baja de superficie de la Antártida y una presión alta de los vientos del oeste de latitud media, semejante al NAM pero presente todo el año.	precipitaciones, en ciertas regiones. Aumento de zonas de sequía, su duración e intensidad.
Pauta Pacífico-Norteamericana (PPN)	Pauta de ola atmosférica a gran escala que representa una secuencia de anomalías de presiones troposféricas altas y bajas desde el Pacífico occidental subtropical hasta la costa oriental de América del Norte.	
Oscilación Decadal del Pacífico (ODP)	Una medida de las Temperatura Superficial del Mar (TSM) en el Pacífico septentrional que tiene una correlación fuerte con la medida del Índice del Pacífico Norte (IPN) en la profundidad baja de las Aleutianas. Sin embargo, deja su marca por gran parte del Pacífico.	

Fuente: IPCC; WGI, 2007

El Cuadro 3.IV, considera los cambios climáticos observados en el siglo XX, relacionados con estas pautas se vinculan a la variabilidad interna o a cambios climáticos antropogénicos.

3.4. ENSO

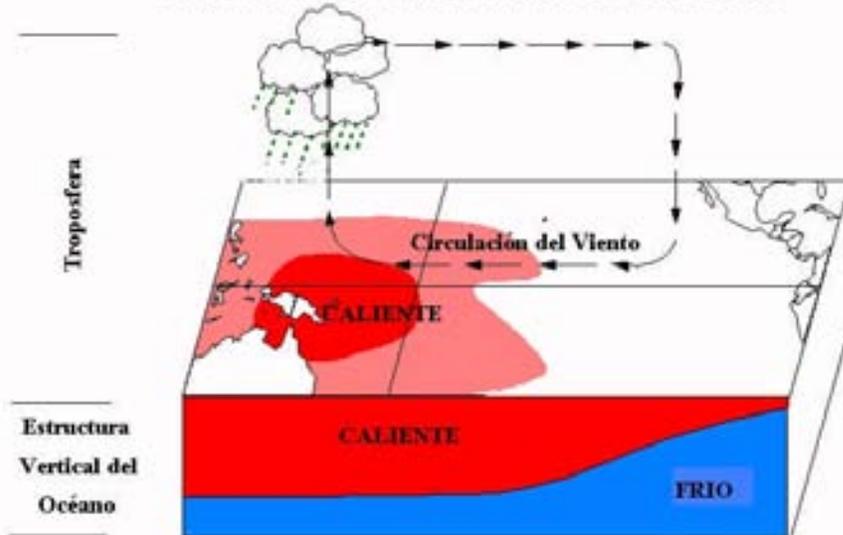
El Niño es un fenómeno extremo que presenta perturbaciones en las variables meteorológicas, es una oscilación entre el océano y la atmósfera ocasionando variabilidad climática a nivel global. Se le atribuye el nombre El Niño a los pescadores del Perú, al observar corrientes oceánicas en las costas del Océano Pacífico de América del Sur con un calentamiento anormal del mar que se presentaba a finales de diciembre, próxima a la Navidad. El fenómeno de la Niña se presenta cuando hay un enfriamiento de la superficie del mar en el Océano Pacífico.

Las variaciones de valor negativo del *Índice de Oscilación del Sur* (SOI), expresa la diferencia de presión atmosférica entre el Pacífico oriental y occidental, así como el debilitamiento sostenido de los vientos y el aumento de la nubosidad sobre el Pacífico tropical. Además del calentamiento y enfriamiento (Niño o Niña) del Océano Pacífico, el cambio en la presión atmosférica asociado permite entonces denominar a esta combinación como ENOS o **ENSO**. El Niño aparece cada 2 a 7 años, con intensidad y duración variables. Durante el fenómeno se producen variaciones importantes en las temperaturas y en los regímenes pluviales, con efectos positivos o negativos en la agricultura. En general, las variaciones registradas en las temperaturas superficiales del

océano a causa de El Niño afectan también a la pesca marina, particularmente en el Pacífico oriental. Sin embargo, las características particulares de sus repercusiones difieren mucho de un episodio a otro, aún en el caso de variaciones y pautas semejantes en el Océano Pacífico. No se ha establecido una relación cuantitativa precisa entre el fenómeno y los cambios registrados en la producción agrícola, y es difícil pronosticar con precisión las repercusiones de El Niño. Los efectos en la agricultura dependerán decisivamente de la fecha en que se produce El Niño y el calendario agrícola de una determinada región (<http://www.fao.org/docrep/007/j3877s/j3877s07.htm>).

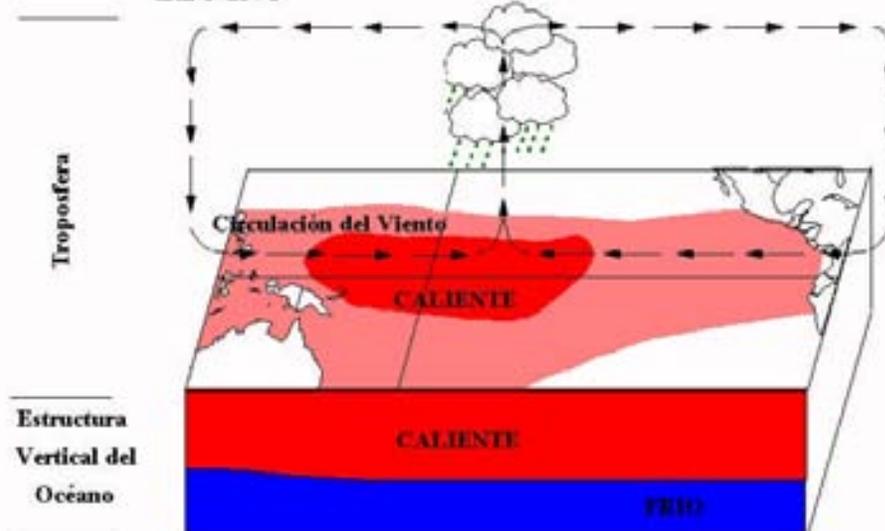
3.8.

CONDICIONES TÍPICAS DEL PACÍFICO TROPICAL



3.9.

CONDICIONES DEL PACÍFICO TROPICAL DURANTE EL NIÑO



Figuras 3.8. , 3.9. A) Las condiciones normales de convección de los vientos del Océano Pacífico Tropical, originado que el lado oeste o lo que es la región de Indonesia la temperatura del agua sean elevadas y B) cuando se presenta El Niño se divide el sistema de convección de vientos que se dirigen a los continentes, originando que también el agua se disipe a lo largo del ecuador.

Fuente: El Niño, La Niña y La Oscilación del Sur

<http://www.lacienciaentuescuela.amc.edu.mx/geografia/geo-esp6.htm>

<http://ccaunam.atmosfcu.unam.mx/cambio/nino.htm>

3.5. Canícula o sequía intraestival en México

La canícula o sequía intraestival es “la disminución en las lluvias durante julio y agosto, y no una sequía” (Magaña, *et al.*, 1999). Otra referencia menciona a “La canícula en México se caracteriza por una disminución significativa de las lluvias durante julio y agosto a mitad de la estación lluviosa” (García, *et al.*, 2003). “La sequía intraestival no representa una sequía absoluta sino una reducción en el número de días con lluvia en la Temporada Lluviosa del año...” (Flores E. 1984). Sin embargo es otra variabilidad climática que va más relacionada con la alteración del sistema oceánico-atmósfera que provoca que la superficie continental no recibe de inmediato la humedad proveniente de los océanos, debido a la disminución de intensidad de los vientos ocasionando una disminución de lluvias en el verano. Sin embargo en México se presenta con mayor énfasis en la región este y centro y existen regiones en el país en donde no se da la sequía intraestival.

3.6. Sensibilidad e impactos de la variabilidad climática

“Sensibilidad al grado al cual un sistema (sistema de interés, unidad de análisis, unidad de exposición, actividad de interés, sistema sensitivo, son los términos que pueden encontrarse en las diferentes referencias en este campo; Smit *et al.*, 2001) puede ser afectado, negativa o positivamente, por los eventos climáticos. El efecto de estos eventos puede ser directo (cambios en los rendimientos en respuesta a los cambios de temperatura, por ejemplo), o indirectos (daños causados por un aumento en la frecuencia de las inundaciones costeras por aumento en el nivel del mar)” (Conde, 2003).

El grado de sensibilidad está referida al clima; un elemento importante es la temperatura por ser la variable en el calentamiento global. La *sensibilidad*, tiene que ver con el grado o el nivel de respuesta ante la variabilidad climática, no altera a todo el sistema en sí, sino

que alguna(s) de las variables climáticas llega a presentar anomalías, indicando que tan positivo o negativo puede ser su *impacto*.

El impacto se refiere a las consecuencias o la respuesta ante el cambio climático, en los distintos ámbitos; ambientales, terrestres, marinos, y a lo que engloba a las actividades humanas ya sea en el sector social; salud, migraciones, en la oferta y demanda de agua, alimentos, energía, etc., en el sector económico; alza de precios en productos básicos, agrícolas; en el cambio de uso de suelo y en adaptación de nuevos cultivos, o en el sector político; decretos y acuerdos internacionales de protección y moderación ambiental, etc. También hay que considerar la desigualdad social, la cual presenta desventajas para ciertos grupos o poblaciones pobres, los que sufren parte de estos cambios en el clima originando más pobreza, debido a que no cuentan con los recursos económicos para abatir el problema, mientras a otros puede que les beneficie y aún lleguen a obtener ventajas. Así, en los impactos de la variabilidad y el cambio climático hay factores no-climáticos que deben considerarse.

Los impactos se evalúan mediante escenarios climáticos y no climáticos con escalas espacio-temporales, y una proyección a corto, mediano y largo plazo.

3.7. Vulnerabilidad y capacidad adaptativa

Los impactos que se generan por el cambio y la variabilidad climática en el mundo y se expresan de diversas formas en las regiones. El IPCC define a la vulnerabilidad como una “Medida en que un sistema es capaz o incapaz de afrontar los efectos negativos del cambio climático, incluso la variabilidad climática y los episodios extremos. La vulnerabilidad está en función del carácter, la magnitud y el índice de variación climática a que está expuesto un sistema, su sensibilidad y su capacidad de adaptación.”

Cada región presentará una vulnerabilidad diferente, la cual puede ser mínima o tal vez excesiva, esto se debe a que el clima no es homogéneo de una región a otra, dados factores como son el relieve, cuerpos de agua, altitud, etc., además de que los cambios proyectados también tienen diferencias regionales. Además, las condiciones socio-económicas regionales también determinarán la vulnerabilidad futura.

El cambio y la variabilidad climática, constituyen amenazas en los distintos ámbitos, aumenta la exposición y por tanto la vulnerabilidad de los sistemas bajo estudio. El ejemplo más notable se da con la presencia de fenómenos extremos como El Niño en México durante los períodos de 1997-1998. Este fuerte fenómeno de El Niño “provocó importantes cambios en la distribución y abundancia de las lluvias, y de acuerdo a economistas, esto ocasionó pérdidas de más de 2 mil millones de toneladas de granos básicos...” (Magaña, *et al.*, 1999). Los autores citados mencionan también los incendios forestales ocurridos en 1982-83 a consecuencia por el fenómeno de La Niña a causa de las altas temperaturas que provocaron sequías intensas en casi todo el país.

Estas pérdidas socioeconómicas a causa de la vulnerabilidad de las sociedades ha generado que se empleen estrategias en los distintos ámbitos; políticas, civiles, ambientales, tecnológicas para que disminuya la vulnerabilidad, lo que tiene que ver con el nivel de ingresos de la región. Así, cada grupo o sociedad desarrollará su propia *capacidad de adaptación*; esto se refiere a “la habilidad de un sistema de ajustarse al cambio climático (incluida la variabilidad del clima y sus extremos) para moderar daños posibles, aprovecharse de oportunidades o enfrentarse a las consecuencias” (IPCC; WGII. 2001).

Un factor determinante de la *capacidad de adaptación* es el conocimiento que los grupos humanos tengan del posible clima futuro. Por ejemplo, actualmente se pueden hacer pronósticos más o menos certeros con información obtenida de las estaciones meteorológicas y de los satélites. No hay que olvidar que esta tecnología avanzada requiere de grandes inversiones, así como de una adecuada infraestructura de la región, generando una distinción de los países desarrollados que logran adaptarse rápidamente y ser menos vulnerables ante los embates climáticos, mientras que los países en vías de desarrollo y los no desarrollados tardarán más en desarrollar esta capacidad de adaptación. Las instituciones, juegan un papel importante al buscar estrategias y programas que se enfoquen a los problemas de los eventos climáticos.

CAPITULO 4

CONCEPTOS DE CAMBIO Y VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN GONZÁLEZ

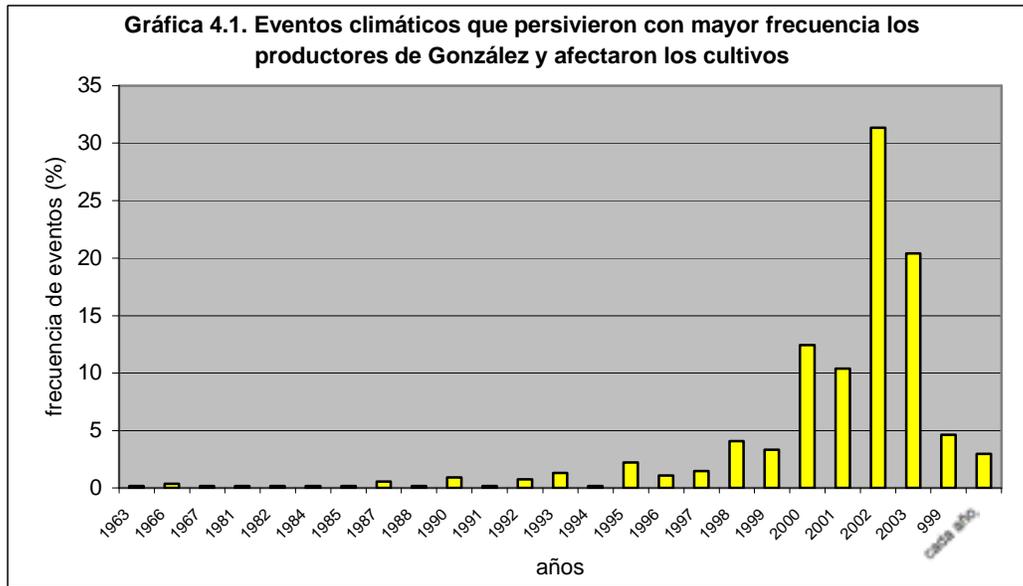
4.1 Variabilidad climática en el municipio de González (sur de Tamaulipas)

El municipio de González se localiza al sur de Tamaulipas, existen varios factores que determinan el clima cálido subhúmedo con lluvias de verano de la región. Este microclima es condicionado por la extensa llanura donde está asentado el municipio, por la cercanía del Golfo de México de donde se transporta el aire marítimo al continente, y por el flanco oeste de la Sierra Madre Oriental, que recibe el impacto de los frentes fríos, provenientes del Norte. Es posible que las condiciones climáticas de González se estén alterando, las causas pueden ser las actividades que la sociedad realiza, sobre todo al alterar el uso de suelo, destinándolo principalmente a la actividad agrícola-ganadera: la agricultura ocupa el 28% para los cultivos, un 24% para la pastura. González cuenta con una topografía plana en su mayoría, permitiendo la agricultura mecanizada y le dota de condiciones climáticas relativamente uniformes. El 44% de la población económicamente activa se dedica a la agricultura (Conde, *et. al.* ; AIACC, 2006).

Los eventos que ha percibido la población del municipio de González en los últimos años son las sequías extensas, inundaciones, bajas temperaturas, heladas, granizadas, vientos fuertes, huracanes, trayendo como consecuencia plagas y enfermedades en los cultivos, la disminución o pérdidas de producción agrícola.

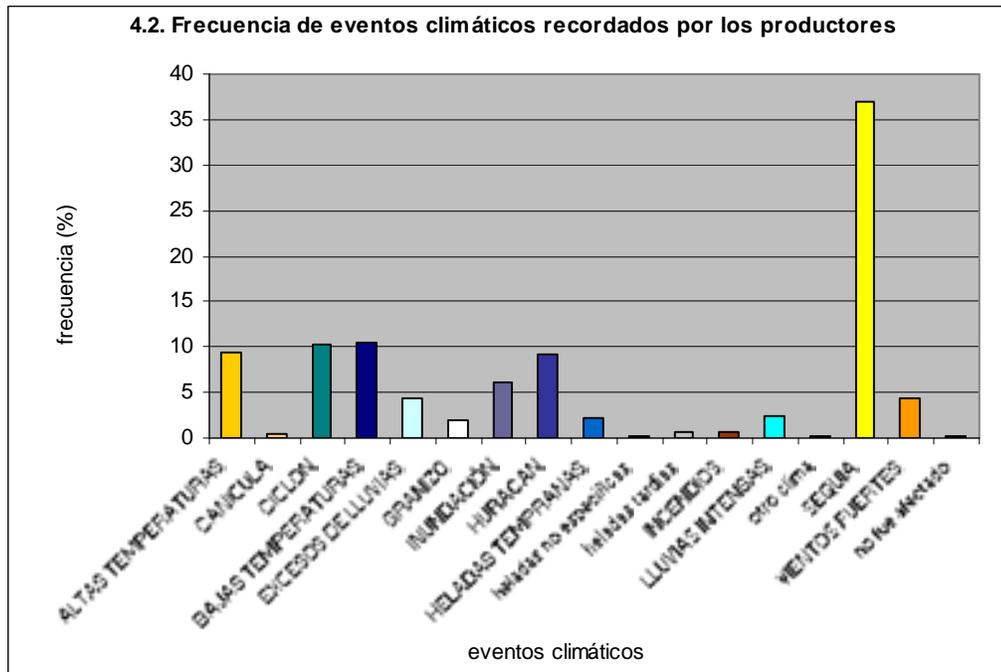
En la Gráfica 4.1 se muestra la frecuencia anual con la que se repitieron los eventos climáticos que afectaron a los cultivos en el municipio de González. Las encuestas² muestran que los años que recuerdan los productores del municipio de González son los eventos más recientes, principalmente a partir de 1999 al 2003, esto debido a que los eventos climáticos han sido más intensos y han afectado la agricultura del municipio.

² Durante el proyecto AIACC: La Evaluación se integró por encuestas realizadas en el municipio de González.



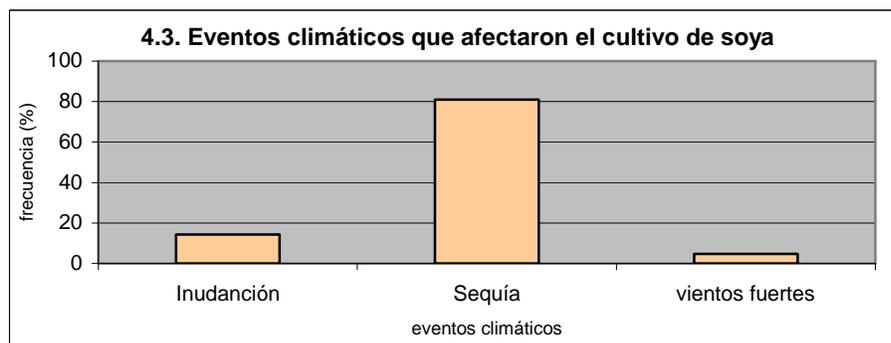
Fuente: Conde, et. al. , AIACC. 2006

En la Gráfica 4.2 se observan cuáles fueron los eventos climáticos que recuerdan los productores agrícolas, de los que sobresalen: la sequía, altas temperaturas, bajas temperaturas, los ciclones y huracanes, las inundaciones y vientos fuertes. Los eventos con menor frecuencia son las heladas tempranas, lluvias intensas, excesos de lluvia y el granizo.



Fuente: Conde, *et. al.*, AIACC. 2006

La Gráfica 4.3 se representan los eventos climáticos de mayor frecuencia que afectaron el cultivo de soya y que los productores recuerdan en el municipio. Sobresale la sequía en un 80%, le sigue las inundaciones y por último los vientos fuertes. La soya se ve afectada por las altas temperatura que acompañan a las sequías, y la disminución de las lluvias en el ciclo P-V, de las que depende la soya para su desarrollo y sobretodo en la formación del grano o semilla.



Fuente: Conde, *et. al.*, AIACC, 2006

4.2 Fenómenos de variabilidad climática en el sur de Tamaulipas que afectan la agricultura.

En años normales el clima en México presenta los inviernos, “modulados por los frentes fríos y lluvias invernales” (Magaña, *et al.*, 1999), sobre todo en Baja California, Sonora, Chihuahua, Nuevo León y Tamaulipas, por su ubicación al norte del país. La relación entre El Niño y los huracanes en verano: en el Atlántico es significativa debido a que disminuye la frecuencia de lluvias en la parte noreste de México, mientras en el Pacífico se generan más huracanes, algunos tal vez no tocan tierra. Sin embargo, los Niños que tuvieron mayor impacto en México, son los que ocurrieron en los años de 1982-1983 y 1997-1998, este último repercutió en la primavera por la disminución de la lluvia al 50%, y el aumento de la temperatura provocando sequías que se asociaron con los incendios forestales. “En condiciones de La Niña, es posible esperar más huracanes en el Atlántico, pero tampoco es posible asegurar que más de ellos entrarán a tierra.” (Conde, *et al.*, 1999) <http://www.cambioglobal.org/enso/informes/anho1/mexico/iv-como.htm>

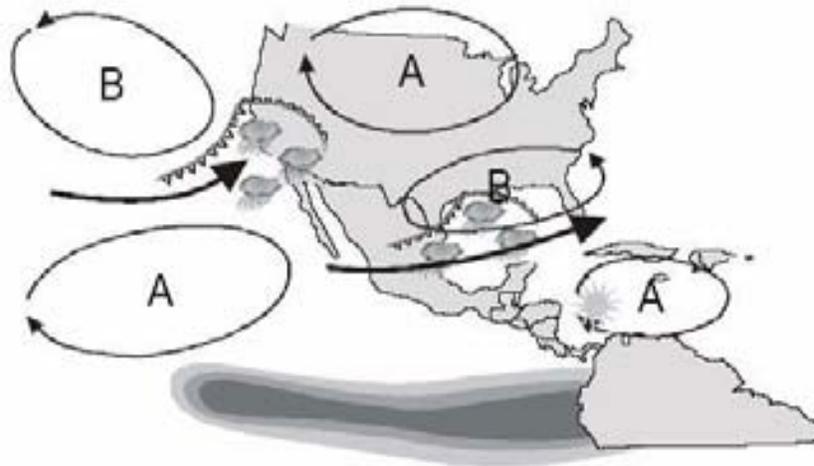


Figura 4.A. Diagrama esquemático de impactos de El Niño en México

Fuente: Magaña, *et al.*, 1999:23.

A: anomalías de circulación anticiclónica

B: anomalías de circulación ciclónica.

La Figura 4.A detalla “los impactos de El Niño durante el invierno pueden describirse de manera general como lluvias y fríos anómalos en el norte de México debidos a la mayor

entrada de ondas de latitudes medias y frentes fríos, por causa de una alteración en la circulación invernal sobre Norteamérica” (Magaña, *et al.* , 1999).

El Niño impacta las condiciones climáticas de México, sus efectos se resienten a escala regional al provocar mayor precipitación en invierno y escasez de lluvia en verano. La disponibilidad de agua variará en todo el país. Una señal evidente de un fenómeno de El Niño fuerte o de gran intensidad es la escasez de lluvia en verano y provocar intensas lluvias en invierno en ciertos años, generando sequías severas y prolongadas que llegan a afectar la producción agrícola. Cuando se presenta El Niño se intensifican las lluvias en el invierno en el noroeste y noreste de México, y disminuyen en la parte sur. Con respecto a la temperatura, resulta ser más frías en el invierno. Durante fuertes Niños, los veranos son más secos y cálidos que en veranos de Niña, acompañado de severas sequías, lo que se asocia a la disminución de nubes, aumentando la cantidad de radiación que llega a la superficie. En el centro del país se pueden presentar heladas inesperadas. Los eventos de ENSO no se comportan igual, su intensidad y duración varían, así como el impacto varía de una región a otra, dependerá de factores físicos, económicos y sociales.

Cuadro 4.I. Características de las condiciones de ENSO durante el verano e invierno

	VERANO	INVIERNO
El Niño	Precipitación abajo de lo normal	Precipitación arriba de lo normal
La Niña	Precipitación arriba de lo normal	Precipitación abajo de lo normal

Fuente: Conde *et al.* , 1999

El Niño en la región sur de Tamaulipas y norte de Veracruz, presento 50% más lluvias de las esperadas y con inviernos muy fríos (como el invierno de 1982-1983, 1991-1992 y 1997-1998), en los Cuadros 4.I y 4.II y “en contraste durante el verano de 1982 y primavera de 1983, en la región citada se presentaron lluvias muy por debajo de lo normal, entre un 70% y un 40% menos, respectivamente” (Conde, *et. al.* , AIACC. 2006).

EFFECTOS DEL CAMBIO Y VARIABILIDAD CLIMÁTICOS EN EL CULTIVO DE SOYA (*Glycine max (L.)*) EN EL MUNICIPIO DE GONZÁLEZ, TAMAULIPAS

Cuadro 4.II. Se representan los Niños que más afectaron al sur de Tamaulipas, Veracruz y al municipio de González, en los veranos e inviernos en las variables meteorológicas de precipitación y temperatura las cuales tuvieron variaciones a comparación de los años normales.

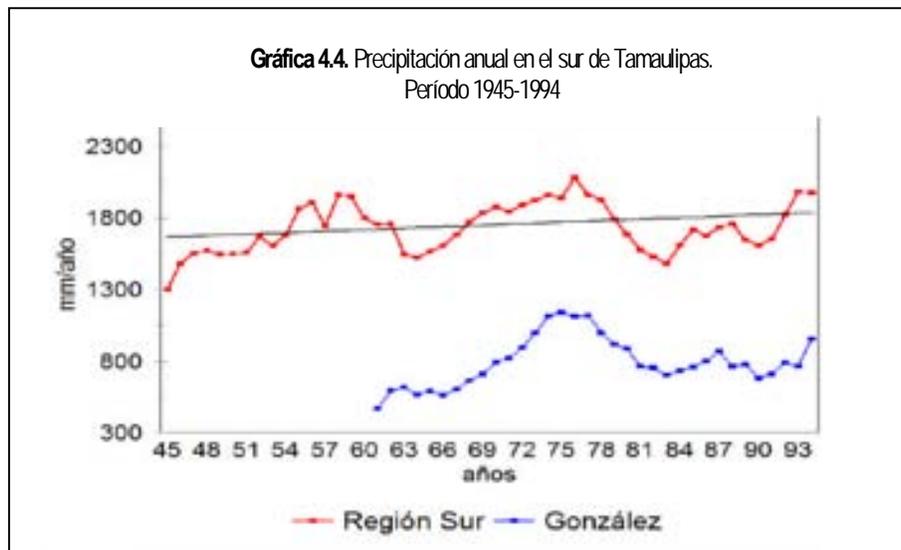
Años del Niño		Precipitación	Temperatura
1982-1983	veranos	70% y un 40% menos respectivamente, debajo de lo normal	Muy altas 67% debajo de lo normal*
	inviernos	+50% de la esperada	Muy fríos
1991-1992	veranos	Probables lluvias torrenciales en los segundos veranos de Niño	Muy altas 15% debajo de lo normal*
	inviernos	+50% de la esperada +129% de la esperada*	Muy fríos
1997-1998	veranos	Probables lluvias torrenciales en los segundos veranos de Niño	Muy altas 59% debajo de lo normal*
	inviernos	+50% de la esperada	Muy fríos

* Datos pertenecientes a González

Al municipio cuando se presenta Los Niños le espera, inviernos muy húmedos, veranos secos e inicio de lluvias retrasadas o irregulares durante la primavera.

Fuente. Conde, et. al. , AIACC, 2006

Mientras en años que se presenta La Niña, se presentó en el municipio "... lluvias de verano pueden llegar a ser muy intensas (1970-1971, 1988-1989), al grado de disminuir el efecto de la llamada *canícula*" (Conde, et. al., AIACC, 2006), lo que favorece a la agricultura de temporal.



Fuente. Conde, et. al. , AIACC, 2006

La Gráfica 4.4. se observa a la precipitación como ha variado durante el periodo 1945-1994, en el municipio de González y en la zona sur de Tamaulipas, comparando la serie de datos existente para el municipio con los datos de re-análisis en la página del IPCC (<http://www.ipcc.ch/>). La gráfica muestra una posible variación decadal de la lluvia en la región sur de Tamaulipas. Así, además de los fenómenos de El Niño y La Niña, estas variaciones también pueden influir en el clima regional, y por lo tanto pueden influir en los cultivos en forma positiva o negativa, esto dependerá del manejo y técnicas empleadas en el cultivo, así como los cambios en el ENSO y en esta señal decadal en el contexto de cambio climático.

En el período de 1995 al 2006 se presentaron años calurosos, El Niño (1982, 1997 y 1998) mostraron condiciones más cálidas-secas que un año normal y La Niña (1971 y 1976) con condiciones más frías-húmedas que un año normal.

Estas anomalías climáticas (ENSO), afectan los años normales y llega a favorecer en ciertas ocasiones al norte del país con mayor intensidad de lluvia en inviernos y en lo que respecta a la temperatura llega a ocasionar en el ciclo agrícola de P-V más sequía, por las altas temperaturas.

4.3. Ciclones tropicales

Los ciclones afectan el sur de Tamaulipas debido a la cercanía que existe con el Golfo de México y el Océano Atlántico, pasan por varias etapas de desarrollo de acuerdo a la intensidad de sus vientos y los efectos destructivos, se clasifican en:

1. Onda Tropical
2. Perturbación Tropical
3. Depresión Tropical
4. Tormenta Tropical
5. Huracán (estos todavía se clasifican por grados según la intensidad de sus vientos y destrucción)

Cuadro 4.III. Relación entre eventos de Niño y efectos negativos en las actividades agrícolas en México de 1535 a 1987, se muestran los datos de noreste

AÑO	INTENSIDAD	REGION AFECTADA	PERIODO DE SEQUIA	CARACTERÍSTICAS DE LA SEQUIA	IMPACTO DE LA SEQUIA
1551 1552	F	Sureste	6 meses		Hambruna
1641	F	Valle de México	Mayo- Octubre	Falta de lluvias de primavera; sequía extrema	Aumento en el precio de granos
1720	MF	El Bajío	Junio	Sequía	Pérdida del grano
1775	F	Noreste	Julio	Sequía	Mortalidad de ganado
1803 1804	F +	Centro y Oaxaca	agosto	Escasez de lluvia	Pérdida de cosecha, escasez de granos
1854	M	Centro	n/e	7 años de deficiencia en las lluvias 1848 - 1854	n/e
1867 1868	M +	Noreste, Valle de México, Oaxaca, Veracruz	Mayo-Julio	Sequía severa generalizada; ondas de calor	Pérdida de cosechas, aumento en los precios de los granos
1891	MF	Mayoría del país; el Bajío	Marzo- Agosto	Escasez de lluvias	Pérdida de cosechas, aumento en los precios de los granos
1907	M	Noreste, Centro	Enero- Septiembre	Ausencia de lluvias desde el año anterior; sequía más persistente en años	Escasez de granos; pérdida de ganado, aumento en los precios del maíz
1910	M +	Noreste	Septiembre a Mayo del siguiente año	8 meses de sequía	Pérdida de cosechas
1917	F	Noreste, El Bajío, Noroeste, Jalisco	Junio- Diciembre	Sequía persistente	Escasez de granos
1925 1926	MF	El Bajío, Norte, Centro, Noreste, Noroeste, Veracruz	Mayo-Julio	Sequía intensa prolongada; ondas de calor	Pérdida de ganado; Pérdida de cosechas; suministro de agua limitado
1940 1941	F	Jalisco, Noreste	Abril	Sequía intensa	Ríos desecados
1943	M +	Noreste, Sureste, Noroeste, la mayor parte del país	Mayo-Agosto	Sequía generalizada	Pérdidas parciales de cultivo, pérdida de ganado
1953	M +	Noreste, Norte	Junio	Sequía	Pérdida de cultivos de algodón en el noreste
1957 1958	F	Norte, Oaxaca, Noreste	Primavera, septiembre	Sequía intensa	Desempleo en los campos; pérdidas parciales de cultivos
1969	M -	Norte, Centro, la mayor parte del país	Junio, Julio, Agosto	Sequía intensa prolongada	Pérdida de ganado Pérdida de cosechas
1972 1973	F	Norte, El Bajío, Noreste	Julio-Octubre	Sequía, ondas de calor	Desempleo, pérdidas de cosechas, mortalidad infantil por onda de calor

1976	M	Norte	Abril-Octubre	Sequía prolongada, heladas	Limitación en el suministro de agua en Durango; pérdida de cosechas
1982 1983	MF	Noreste, Centro, Jalisco	n/e	Sequía	
n/e: no especificado Tomado de Jáuregui, E., 1995					

Fuente: Magaña *et al.*, 1999

En el Cuadro 4.III se aprecia la parte norte del país como la región más afectada por El Niño en los veranos, con extensas sequías que impactaron en la pérdida de cosechas en especial la de granos básicos de la cual dependen los productores para su manutención y caída en la producción de ganado. La parte centro le sigue en afectación. El fenómeno de El Niño ha estado presente años anteriores y no son eventos climáticos recientes, que generan impactos en los distintos aspectos tanto agrícolas, económicos, ambientales, políticos, etc. En la agricultura inciden otros problemas como el desempleo del campo agrícola, pérdidas de cultivos, el alza de precios de los granos básicos a nivel nacional.

En los Cuadros 4.IV y 4.V se presentan los ciclones que han afectado a Tamaulipas, estos eventos ciclónicos contribuyen a proporcionar mayores cantidades de agua en la región, algunos coinciden con los años que se presentaron Niños fuertes en el país. Los siguientes ejemplos corresponden a González; en 1983 el ciclón Barry y Galveston, otros ciclones son el Paulina y Andrew en 1992 que trajeron un aumento de lluvia para el municipio de González.

Cuadro 4.IV. Ciclones que tuvieron influencia en Tamaulipas.

AÑO	CICLON	AÑO	CICLON
1909	SIN NOMBRE	1970	ELLA
1933	SIN NOMBRE	1971	EDITH
1933	SIN NOMBRE	1972	AGNES
1935	DÍA DEL TRABAJO	1974	FIFI
1938	SIN NOMBRE	1975	CAROLINE
1947	SIN NOMBRE	1980	ALLEN
1951	CHARLIE	1983	GALVESTON
1955	HILDA	1988	GILBERTO
1955	JANET	1992	PAULINA
1965	BETSY	1992	ANDREW
1966	INÉZ	1995	ROXANE
1967	BEULAH	1995	GABRIELLE
1969	CAMILLE	1996	DOLLY

Fuente: Caracterización del clima en el norte de Tamaulipas y su relación con la agricultura. INIFAP, 2001

Cuadro 4.V. Ciclones registrados a partir de 1970 al 2005 en Tamaulipas, con sus respectivas categorías y fechas de impacto.

AÑO	NOMBRE	CATEGORÍA DE IMPACTO	PERIODO (INICIO-FIN)	DIA DE IMPACTO	VIENTOS MAX (EN IMPACTO)
2005	GERT	TT	23-25 JUL	24 JUL	75
	EMILY	H4 (H3)	10-21 JUL	18 JUL(20 JUL)	215 (205)
	BRET	TT	28-29 JUN	29 JUN	65
2003	ERIKA	H1	14-16 AGOST	16 AGOSTO	120
	CLAUDETTE	TT (DT)	8-15	11 JUL (16 JUL)	90 (55)
2000	KEITH	TT (H1 Tamaulipas)	28 SEP-6 OCT	3 OCT (5 OCT)	75 (148)
	BERYL	TT	13-15 AGO	15 AGO	75
1999	DT7	DT	5-7 SEP	6 SEP	55
	BRET	DT	18-24 AGOS	25 AGOS	37
	DT2	DT	2-3 JUL	3 JUL	55
1996	DOLLY	H1	19-24 AGO	20 AGO (23 AGO)	110 (130)
1995	GABRIELLE	DT	9-12 AGO	11 AGO	110
	DT6	DT	5-7 AGO	7 AGO	55
1994	DT5	DT	29-31 AGO	31 AGO	55
1991	DT2	DT	5-7 JUL	7 JUL	55
1988	GILBERT	H5 (H4 Tamaulipas)	8-20 SEP	13 SEP (16 SEP)	287 (215)
1983	BARRY	H1	23-29 AGO	28 AGO	130
1980	ALLEN	H3	31 JUL-11 AGO	10 AGO	185
1978	AMELIA	DT	30 JUL-1 AGO	30 JUL	55
1977	ANITA	H5	29 AGO-3 SEP	2 SEP	280
1975	CAROLIN	H3	24 AGO-1 SEP	30 AGO	185
1971	FERN	TT	3-13 SEP	12 SEP	85
	EDITH	TT (TT Tamaulipas)	5-18 SEP	11 SEP (14 SEP)	110 (85)
1970	GRETA	DT (DT Tamaulipas)	26 SEP-5 OCT	1 OCT (4 OCT)	55 (45)
	ELLA	DT (H3 Tamaulipas)	8-13 SEP	10 SEP (12 SEP)	55 (195)

Fuente: <http://smn.cna.gob.mx/ciclones/historia/historia70-06.pdf>

No aparecen todos los ciclones que han afectado en el Pacífico y al Golfo de México, sólo aquellos ciclones que han afectado a Tamaulipas.

Los huracanes que se presentan en el Golfo de México, representan una ventaja al país, debido a que aportan lluvias. Cuando se presenta el fenómeno de El Niño, provoca que las lluvias disminuyan y se presenten sequías en diversas partes del país, en este caso González no fue la excepción, en el verano de 1997, El Niño afectó las lluvias del norte del país, causando una disminución en la producción de soya.

4.4 Canícula o sequía intraestival

El sur de Tamaulipas, que recibe en verano los vientos que provienen del sur y sureste, y en los inviernos los que provienen del norte y noroeste, algunos autores como Magaña (*et al.*, 1999) mencionan que al surgir eventos extremos como el fenómeno de El Niño dan como consecuencias canículas pero con menos frecuencia de lluvias, el autor citado resume que las características de El Niño en verano sobre México pueden provocar disminución de las lluvias en la mayor parte del país debido a:

- i) Permanencia de la Zona Intertropical de Convergencia (ZITC) cerca del ecuador geográfico.
- ii) Disminución del número de huracanes en el Golfo de México y el Caribe
- iii) Incremento de la subsidencia en el norte de México.
- iv) Menor humedad en la atmósfera de México por disminución de flujo del oeste.

En lo que respecta en la canícula en el sur de Tamaulipas, no es homogénea todos los años, sino que varía de acuerdo al sistema climático. Así que en algunos años será más seca y en otros favorable para el desarrollo de los cultivos, pero no es concluyente la posibilidad de que la canícula sea más intensa durante el fenómeno de El Niño.

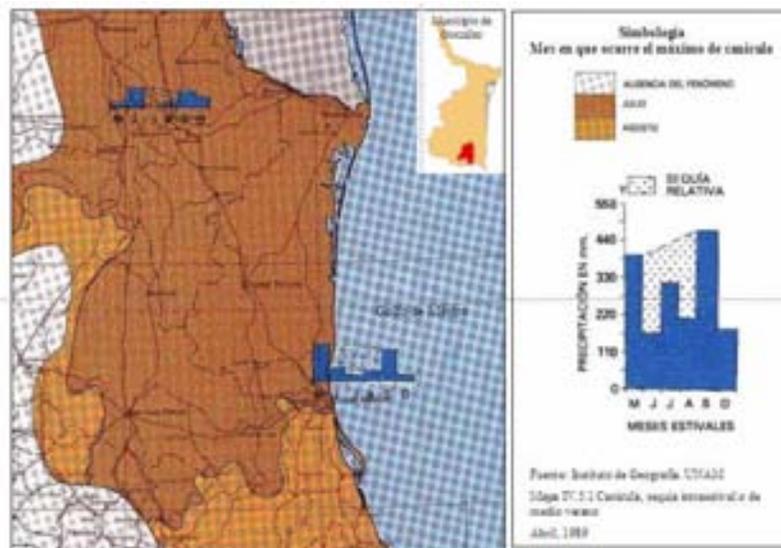


Figura 4.B.

La Figura 4.B se observa para el municipio de González una canícula significativa durante los meses de junio a agosto, es decir al inicio de la siembra durante el ciclo P-V, las consecuencias para el cultivo son retraso del desarrollo de la planta, debido a que la cantidad de agua requerida no es el óptimo y la temperatura es alta, sin embargo es un cultivo tolerable a las sequías, cuando termina la canícula la planta se desarrolla satisfactoriamente por el aporte de lluvias en septiembre y parte de octubre.

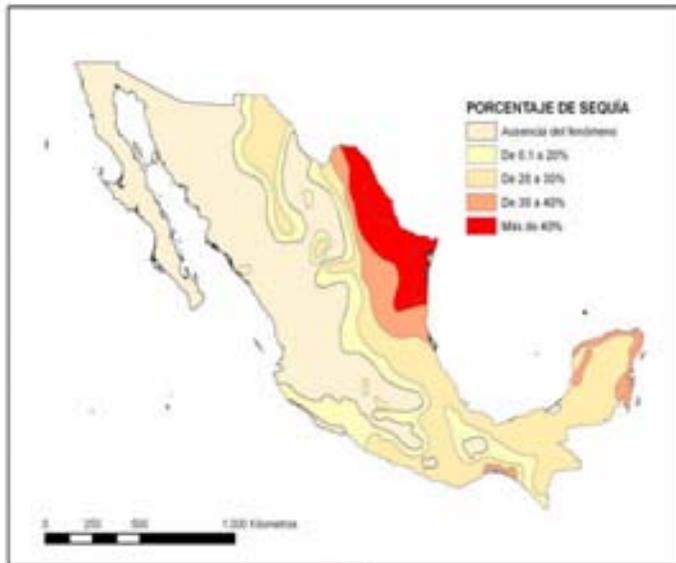


Figura 4.C. Intensidad de la sequía intraestival o sequía relativa 1940-1980.

Fuente: Trujillo, *et al* 2007

En el municipio de González, Tamaulipas la intensidad de la canícula mayor del 40%, mientras que en la Figura 4.D, la intensidad tendió a disminuir de un 30% a 40% de 1980-2000, es decir la influencia e intensidad que presentan las depresiones o ciclones tropicales, así como los eventos ENSO han alterado la intensidad de la sequía. Así como la temperatura del planeta por el calentamiento global ha generado que las condiciones climáticas regionales sean alteradas.

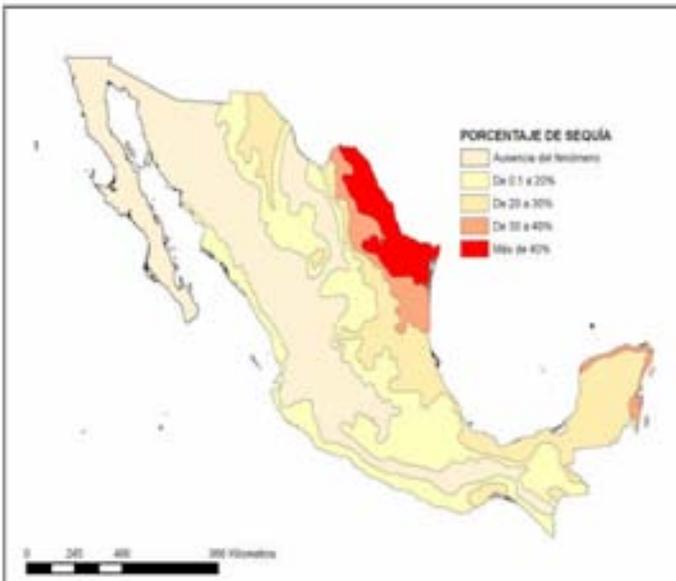


Figura 4.D. Intensidad de la sequía intraestival o sequía relativa 1980-2000

Fuente: Trujillo, *et al* 2007

4.5 Impactos en el norte de México

Los impactos que ocurrieron en México se relacionan con los efectos del fenómeno de El Niño extremos se desarrollaron en diferentes períodos, algunos presentaron impactos que fueron más fuertes que otros, dependiendo de sus características geográficas del país, originando contrastes en la parte norte y centro con sequías, mientras que en el sur sucedió lo contrario se presentaron intensas lluvias que causaron inundaciones, además incendios forestales (El Niño de 1998 pérdidas de miles de hectáreas de bosques) y otros eventos climáticos como fueron huracanes y tormentas tropicales en el Océano Pacífico y Golfo de México.

Magaña (Magaña *et al.*, 1999) menciona a el fenómeno de El Niño impacta principalmente “las precipitaciones regionales (dependiendo de la época del año)” y su relación con la agricultura genera consecuencias positivas o negativas.

El fenómeno de La Niña en los veranos presenta lluvias alrededor o por encima de lo normal que impactan positivamente en la agricultura de temporal. En los inviernos sucede lo contrario, las lluvias son escasas.

Se ha mencionado la presencia que El Niño genera fuertes impactos en la agricultura de temporal, sin embargo en los años normales se llegan a presentar anomalías que impactan a la agricultura, por ejemplo, el retraso de la lluvia o el aumento de temperatura originando una mayor evaporación del cultivo. Por lo tanto, es posible que el cambio climático a nivel regional genere una serie de impactos, aumentando la vulnerabilidad de los productores agrícolas ante los eventos climáticos.

Los Nortes son masas de aire frío provenientes de Alaska y Canadá, que influyen en el clima del norte del país. En algunos años de El Niño la actividad de estos sistemas llega a aumentar, generando temperaturas más frías (por los frentes fríos) y la frecuencia de lluvias de corta duración, lo que puede provocar heladas que afectan a los cultivos, además de que se pueden dar retrasos de la estación de crecimiento.

El norte de México se caracteriza climáticamente con clima seco, seco subhúmedo, sin embargo para la temporada de siembra de temporal que es el ciclo P-V, no le favorece con las lluvias, y sucede lo contrario en el sur del país. Magaña (Magaña, *et al.* , 1999) menciona “Los estados del norte son los menos adecuados para los cultivos de temporal, mientras que las regiones centro y del Pacífico son favorables para el temporal. Dado que el promedio anual de lluvia en el país es de alrededor de 700 mm, la agricultura de temporal a nivel país tiene escaso rendimiento (Bassols, 1993). Los efectos de un Norte permanecen desde un día hasta casi dos semanas después del paso del frente (Reding, 1992).

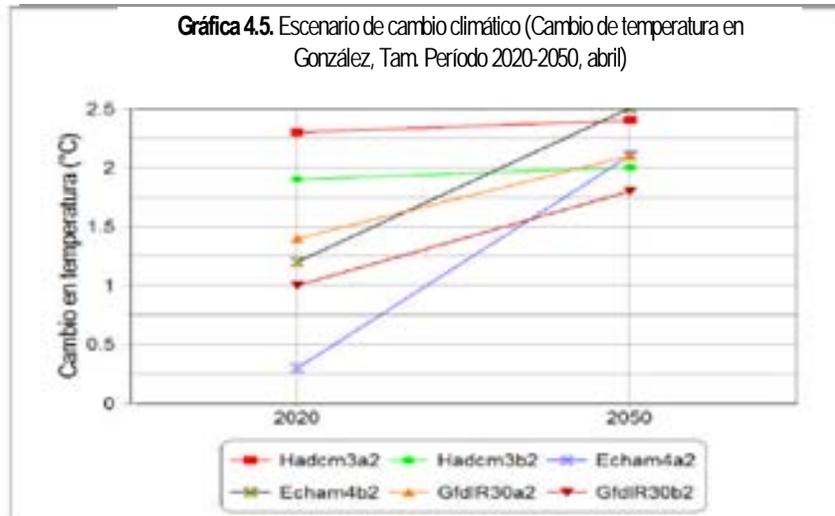
Estas condiciones de lluvia en el Norte originan que se busquen otros cultivos alternativos que no requieran cantidades mayores de agua, en el ciclo de temporal.

Lo anterior muestra como la variabilidad en el clima al sur de Tamaulipas, afecta al municipio de González, sobretodo a la agricultura. Si continuaran estas variaciones climáticas, lo que aún no se sabe, ¿Cómo incidirán en el cultivo de soya?, ¿Cuál será su intensidad?, ¿A qué grado pueden llegar a afectar al municipio de González, principalmente para los productores agrícolas que dependen de las condiciones climáticas en la sembrar?.

4.6 Cambio climático en el municipio de González

Se realizaron (2002 – 2006) estudios de los posibles impactos del cambio climático en la producción agrícola en México y Argentina, durante proyecto titulado ***Evaluación Integrada de la Vulnerabilidad Social y Adaptación a la Variabilidad y Cambio Climáticos entre los Productores en México y Argentina*** (AIACC-LA29, por sus siglas en inglés) (<http://www.aiaccproject.org>). Su objetivo es el comprender cómo afecta el cambio climático en la agricultura de subsistencia del lugar, su impacto en los productores, así como su vulnerabilidad de la población ante tal situación y cómo se han adaptado a dichos cambios. Además, en este estudio se analizaron las políticas y recursos destinados a la actividad. El proyecto, consideró un escenario climático (base o de referencia) utilizando el período 1961-1990 en el municipio de González, donde se presentaron anomalías y tendencias climáticas en la temperatura y precipitación entre las estaciones de verano e invierno.

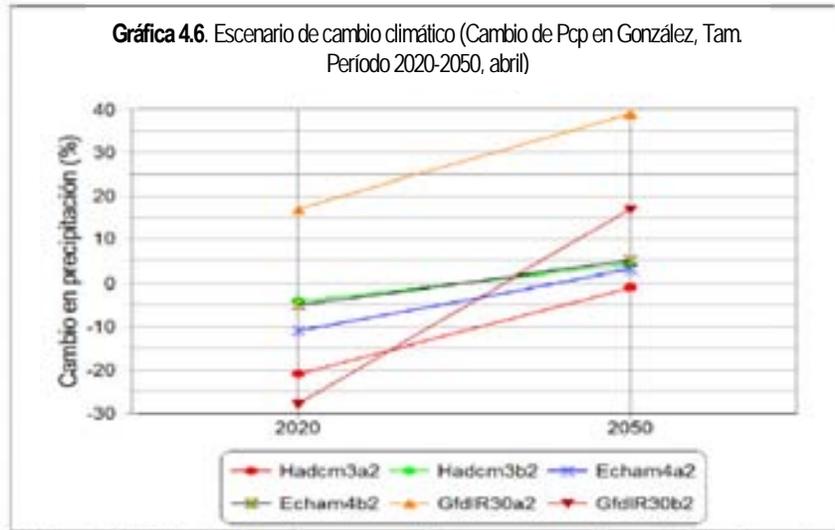
Al escenario base o normal se complementa con las anomalías de temperatura y precipitación que se obtienen de las salidas de los modelos de circulación general (HADCM3, ECHAM4, GFDLR30, para los escenarios de emisiones A2 y B2 (ver capítulo 3), y los horizontes 2020 y 2050, como se muestra en las Gráficas 4.5 y 4.6.



Fuente: Conde, *et. al.* , AIACC, 2006

La temperatura durante la estación de la primavera en el 2020 en el área de estudio de González, Tamaulipas puede ser entre los 0.25 a 2.3° C más altas temperaturas que la primavera del 2005, y para el 2050, la temperatura puede ser entre 1.8 a 2.5° C más altas temperaturas que la primavera del 2005.

La precipitación durante la primavera puede ser menor a un 30% y 16% más altas que la primavera del 2005 en el 2020, y en el 2050 las precipitaciones pueden ser entre un 0% a 40% más altas que la primavera del 2005 (Conde, *et. al.*, AIACC, 2006).



Fuente: Conde, *et. al.*, AIACC, 2006

Para el futuro se observa por este estudio lo que puede ocurrir con el clima del municipio de González, principalmente con la temperatura y precipitación, en el ciclo P-V con horizontes del 2020 y 2050. El cultivo de soya dependerá del clima, lo que origina incertidumbre con las variedades que en la actualidad se utiliza en González. Probablemente lleguen a ser sustituidas por otras variedades de soya que toleren o se adapten a las nuevas condiciones climáticas, o sea desplazado el cultivo por otro más resistente al nuevo escenario climático.

CAPITULO 5 ESCENARIO BASE Y ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO

Introducción

En este capítulo se analizarán los escenarios que se emplearon para evaluar la variabilidad climática que ha estado impactado el cultivo de soya en el municipio de González, en Tamaulipas. Estos escenarios se construyeron a partir del escenario base, el cual fue integrado con los datos de la estación meteorológica 28035 (González) perteneciente al municipio de González. Entre los escenarios a trabajar se encuentran los de sensibilidad, los cuales nos permitirán determinar los cambios en requerimientos de agua y temperatura y sus impactos en la producción de la soya, mediante variaciones arbitrarias de temperatura y precipitación. El otro tipo de escenario son los analógicos basándose en las condiciones correspondientes a los años en que ocurrieron los eventos ENSO, que son una de las principales fuentes de variabilidad climática en México. Esto nos permitirá conocer el impacto que se presentó en el municipio y la manera en que afectó a la soya y, mediante analogías, nos permite suponer qué ocurriría en condiciones de cambio climático si estos eventos fueran más frecuentes o intensos.

Por último, se utilizan los escenarios SRES que se relacionan con los *Modelos de Circulación General* (MCGs), con los que el IPCC presenta escenarios de cambio en las climático considerando cambios variaciones de emisiones de GEI. Esto lo realiza utilizando el Informe Especial SRES (Special Reports on Emission Scenarios, Nakicenovic. *et al.*, 2000). Estos escenarios dan proyecciones del clima a futuro, en un período de referencia o escenario base, como el que abarca desde 1961-1990.

5.1 La estación meteorológica 28035 y los datos climáticos

En este trabajo se utilizaron los datos de la estación meteorológica 28035 (González), con coordenadas geográficas 22°48" latitud Norte y 99°41" longitud Oeste, correspondiente al municipio de González, en el estado de Tamaulipas. Los datos de las variables meteorológicas que se obtuvieron de la estación mediante el Extractor Rápido de Información Climatológica (ERIC II), construido por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA³), donde se obtiene la información meteorológica de las estaciones climatológicas de toda la República Mexicana, abarcando períodos que van desde los años de 1940 a 1998 y contando con registros de:

1. Temperatura Máxima (°C)
2. Temperatura Mínima (°C)
3. Precipitación (mm)
4. Evaporación (mm)
5. Tormenta
6. Granizo
7. Niebla
8. Cobertura del cielo (0 despejado, 1 medio nublado, 2 nublado)

Para completar los datos climáticos faltantes se auxilió del CLICOM (sistema para manejar datos climatológicos de la Organización Meteorológica Mundial), es distribuido por la Organización Meteorológica Mundial OMM. Mientras la humedad relativa, se consultaron los datos del Observatorio Meteorológico de Tampico. La velocidad del viento, así como horas sol (sunshine) se extrajo de la Colección de la FAO (2001).

5.2 Escenario Base

El escenario base es un escenario de referencia que permitirá conocer cuánto han cambiado las variables meteorológicas o climáticas, o también refiere a "el promedio por mes de 30 años (1961-1990) de las siguientes variables meteorológicas: temperatura máxima, temperatura mínima, precipitación acumulada mensual, humedad relativa,

³ El ERIC II utilizó los datos del Servicio Meteorológico Nacional. Sus autores principales fueron Quintas, I., D. Ramos. 2000.

velocidad del viento, insolación” (Sánchez, 2006), en el municipio de González, Tamaulipas.

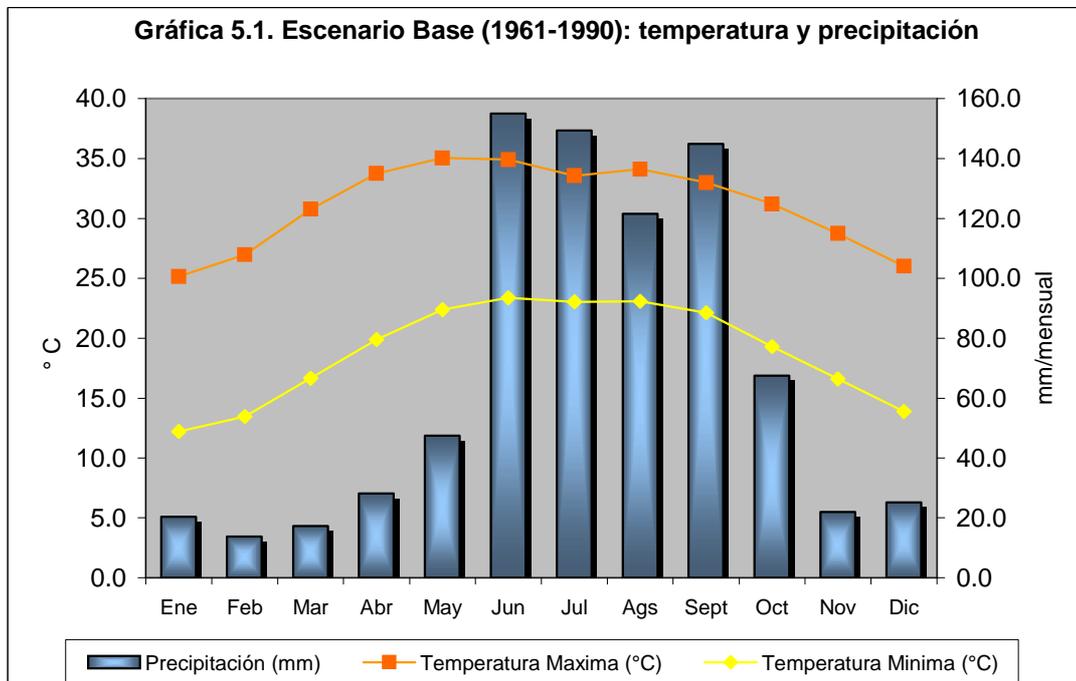
El escenario base empleado en este trabajo, abarca de los años de 1961 a 1990, un período de 30 años, con la información climática de la estación meteorológica 28035, obteniendo los promedios de la temperatura máxima y temperatura mínima, y de los datos de precipitación. Estos datos fueron extraídos de la base de datos del ERIC II. Otras variables meteorológicas que requiere el sistema del Cropwat utilizado en este trabajo son humedad relativa, velocidad del viento y horas sol, para los que también se construyó un escenario base.

5.2.1 Comportamiento de la temperatura y precipitación

En la Gráfica 5.1 se observa cómo la temperatura máxima y mínima se comportan durante todo el año, comenzando con un aumento en la temperatura en el mes de abril y la más alta se presenta con 35° C en el mes de mayo y continua alta hasta el mes septiembre, donde disminuye. Esto último puede deberse a la entrada de Nortes para finales del año y principios del siguiente año, lo que disminuyen la temperatura. La temperatura mínima se registra en 12.2° C en mes de enero.

Durante el mes de abril, se realiza la preparación del terreno, se presenta una temperatura mínima de 23.3° C. En los meses de octubre y noviembre cuando se inicia la cosecha, las temperaturas oscilan entre los 19.3° y 16.6° C. Es esencial en la soya el rango térmico se encuentre entre los valores de 18° a 35° C y no rebase sus límites, debido a que de la temperatura depende la formación de nudos que contienen a las vainas, así como la duración de las distintas fases fenológicas de la soya.

EFFECTOS DEL CAMBIO Y VARIABILIDAD CLIMÁTICOS EN EL CULTIVO DE SOYA (*Glycine max (L.)*) EN EL MUNICIPIO DE GONZÁLEZ, TAMAULIPAS



Estación de Crecimiento		Germinación	Desarrollo	Grano	Cosecha	Huasteca 100 144 a 118 días
						Huasteca 200 118 a 111 días
Siembras	Tempranas					
	Tardías					
Temperatura	Siembra	15° C y 18° C				
	Floración	25° C y 30° C				
	Mínima	18° C				
	*Junio-Octubre	Tem. Max. 33.4° C			Tem. Min 22.2° C	
Precipitación	Mm/temporada	450 y 700				
	Mm/anual	800 a 1000				
	*Junio-Octubre	Ciclo: 638.5 mm				
Requerimientos agroecológicos de la soya						
*Promedio de los datos climáticos (corresponden al escenario base): temperatura máxima y mínima, y precipitación total. Período 1961-1990.						

La precipitación, durante el tiempo que dura el desarrollo de la soya se presenta en la región una buena disponibilidad de agua, obteniendo un total 638.5 mm/temporal le ayuda a la floración y al llenado de grano.

**EFFECTOS DEL CAMBIO Y VARIABILIDAD CLIMÁTICOS EN EL CULTIVO DE SOYA (*Glycine max (L.)*) EN EL
MUNICIPIO DE GONZÁLEZ, TAMAULIPAS**

Los huracanes se presentan a mediados del año, son los que aportan mayor cantidad de agua, aunque si llegan a presentarse con fuerte intensidad, el impacto en el cultivo puede ser negativo con inundaciones.

En el Cuadro 5.I se observa las variables climáticas que requieren la soya durante su desarrollo y los datos del escenario base. Comparando estos dos conjuntos de datos, se nota que el municipio de González cumple con los requerimientos climáticos para obtener buenos rendimientos, tanto en temperatura como en precipitación.

Cuadro 5.I. Requerimientos de la soya (fenología) y datos del escenario base.

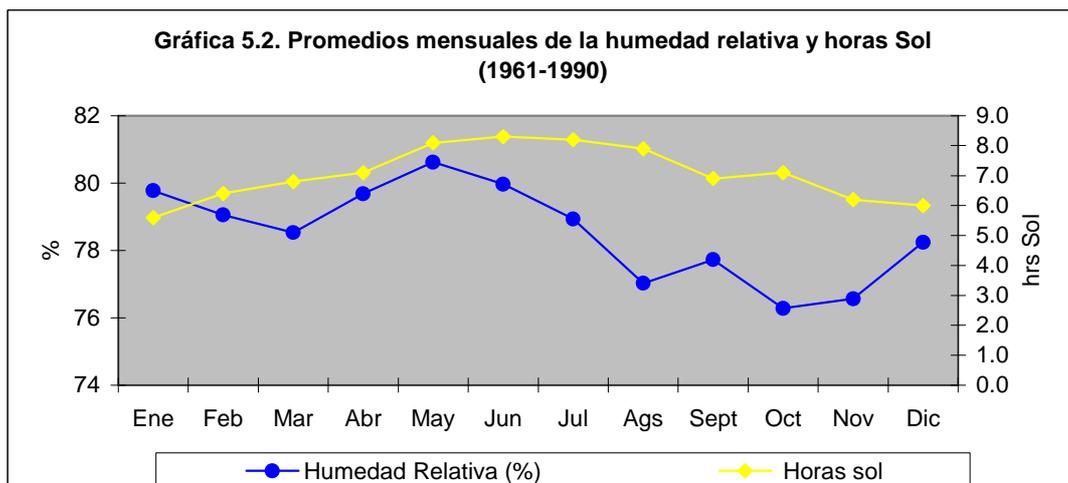
	Temperatura					Precipitación
	Siembra		Germinación	Mínima		
Fenología	15 y 18° C		25 y 30° C	18° C		450 y 700 mm/temporada
Registro de datos climáticos (1961-1990)	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Temperatura
	34.9°C	33.6°C	34.1°C	33°C	31.2°C	Máxima
	23.4°C	23°C	23.1°C	22.1°C	19.3°C	Mínima
	155 mm	149.5 mm	121.5 mm	144.9 mm	67.6 mm	Total en Precipitación 638.5 mm

5.2.2 Comportamiento de la humedad relativa y horas-Sol

La soya es de días cortos, esto es, el número de días de la emergencia a la floración no es muy largo. El ciclo de la soya se inicia en el mes de junio, cuando se registran 8.3 horas sol al día, lo que permite la emergencia.

Referente a las fechas de siembra, las siembras tardías inician el 16 al 31 de julio, período en el que comienza la disminución de las horas sol, iniciando con 8.2 h, y para los siguientes meses tiende a disminuir a 7.9 h en agosto, 6.9 h en septiembre y octubre 7.1 h, y parte del mes de noviembre, que es cuando baja más a 6.2 h, originando que la soya acelere su ciclo vegetativo y no llegue a desarrollar altos rendimientos, como en las siembras tempranas.

La humedad está en función del aporte de agua para la planta, que le ayuda en la disminución de la evapotranspiración y en la maduración del grano. La Gráfica 5.2 registra los meses del ciclo de la soya, el aporte de humedad tiende a disminuir a consecuencia de la mayor cantidad de horas sol y al aumento de la temperatura.

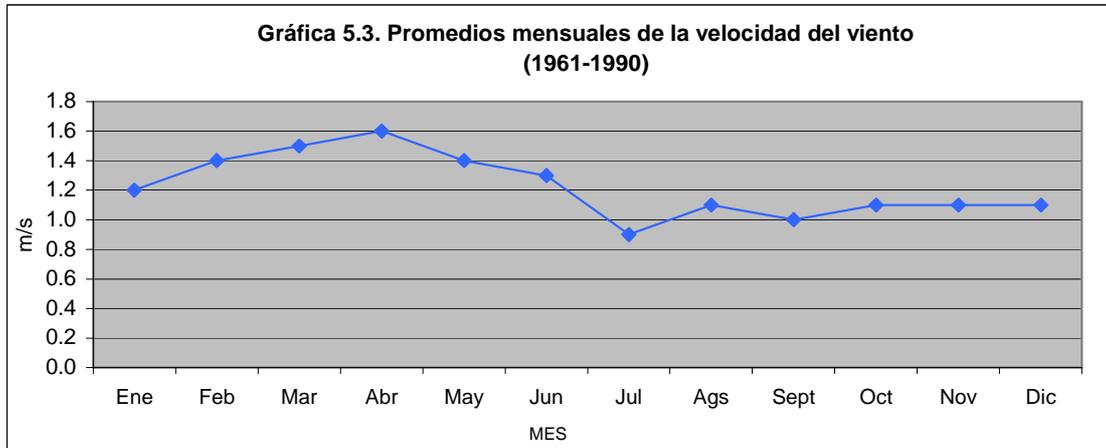


Estación de Crecimiento		Germinación	Desarrollo	Grano	Cosecha	Huasteca 100 144 a 118 días
						Huasteca 200 118 a 111 días
Siembras	Tempranas					
	Tardías					
Temperatura	Siembra	15° C y 18° C				
	Floración	25° C y 30° C				
	Mínima	18° C				
Precipitación	Mm/temporada	450 y 700				
	Mm/anual	800 a 1000				
Requerimientos agroecológicos de la soya						

5.2.3 Comportamiento del viento

La influencia del viento en la soya tiene que ver con la dispersión de la humedad, así como el transporte de plagas y enfermedades que pueden afectar a la soya. El comportamiento mensual del viento se observa en la Gráfica 5.3; durante el mes de junio es alta su intensidad, durante el mes de julio baja a consecuencia de la canícula, y para los siguientes meses se estabiliza y es homogéneo hasta el mes de diciembre.

**EFFECTOS DEL CAMBIO Y VARIABILIDAD CLIMÁTICOS EN EL CULTIVO DE SOYA (*Glycine max (L.)*) EN EL
MUNICIPIO DE GONZÁLEZ, TAMAULIPAS**



Estación de Crecimiento		Germinación	Desarrollo	Grano	Cosecha	Huasteca 100 144 a 118 días
						Huasteca 200 118 a 111 días
Siembras	Tempranas					
	Tardías					
Temperatura	Siembra	15° C y 18° C				
	Floración	25° C y 30° C				
	Mínima	18° C				
Precipitación	Mm/temporada	450 y 700				
	Mm/anual	800 a 1000				
Requerimientos agroecológicos de la soya						

5.3 Escenarios de sensibilidad

Los escenarios de sensibilidad proyectan variaciones climáticas en la temperatura y precipitación mediante cambios arbitrarios. Estas variables meteorológicas son indispensables para el desarrollo fenológico de los cultivos, y estos escenarios permiten entonces observar los posibles impactos positivos o negativos que llegaran a presentarse.

Se analizaron cuatro escenarios de sensibilidad en los que se incrementó la temperatura y varió la precipitación.

1. Temperatura +2° C, Precipitación +20%
2. Temperatura +2° C, Precipitación -20%

3. Temperatura +4° C, Precipitación +20%
4. Temperatura +4° C, Precipitación -20%

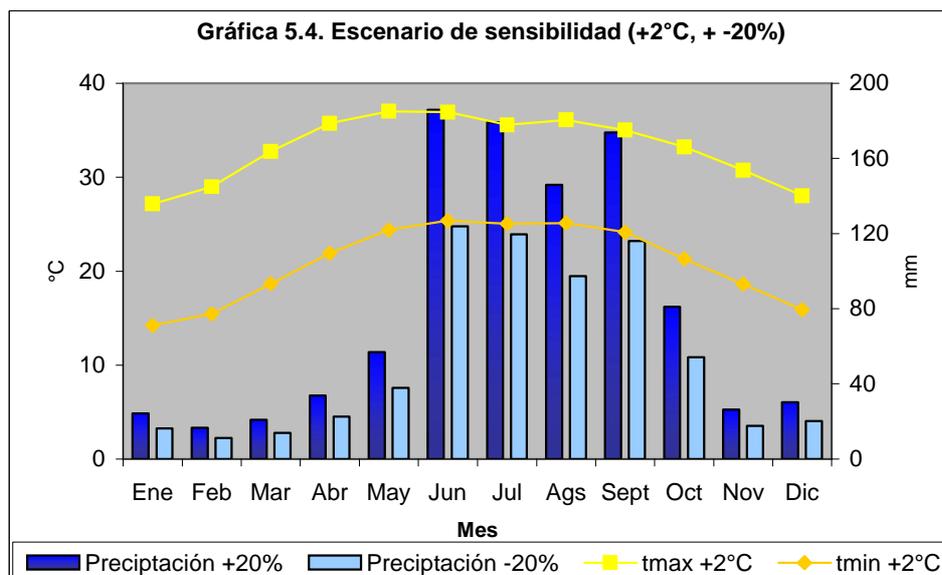
Utilizando la información climática del escenario base:

- Temperatura Máxima
- Temperatura Mínima
- Precipitación

5.3.1 Escenario de sensibilidad +2° C, +- 20% precipitación

En este escenario (Gráfica 5.4) se observa cómo la temperatura máxima puede oscilar entre los 25° C a 37° C. Durante los meses de abril, mayo, junio, se registran las temperaturas más altas, es decir que a diferencia del escenario base que oscilaba entre los 25° C a 35° C, variará la temperatura por 2° C más. Mientras la temperatura mínima oscila de los 14° C a 25° C.

La temperatura máxima puede llegar a provocar un efecto no deseado en la velocidad de crecimiento, causando daños en la floración y disminuyendo la capacidad de retención de agua.



Con el aumento del 20% en la precipitación se llegan a alcanzar en el mes de junio valores de 185.97 mm, y 179.36 mm en julio. La canícula se observa más marcada (Gráfica 5.4) en el mes de agosto con 145.86 mm y sube de nuevo con 173.84 mm. La precipitación más alta se registra en el mes de junio y la más baja con 11 mm en el mes de febrero. Estos cambios permiten al cultivo continuar su desarrollo, aunque también se presenta un estrés hídrico en el mes de agosto, durante la canícula. Al disminuir en un 20% la precipitación, podemos suponer que este cambio es desfavorable para la agricultura, observando que la temperatura máxima tendría valores más altos, lo que llegaría a provocar una alta evapotranspiración de los cultivos y una disminución del aporte de agua, originando que se dependiera del riego y no de la temporada de lluvias que corresponde al calendario agrícola, además de una posible disminución del rendimiento del cultivo.

5.3.2 Escenario de sensibilidad +4° C, +- 20% precipitación

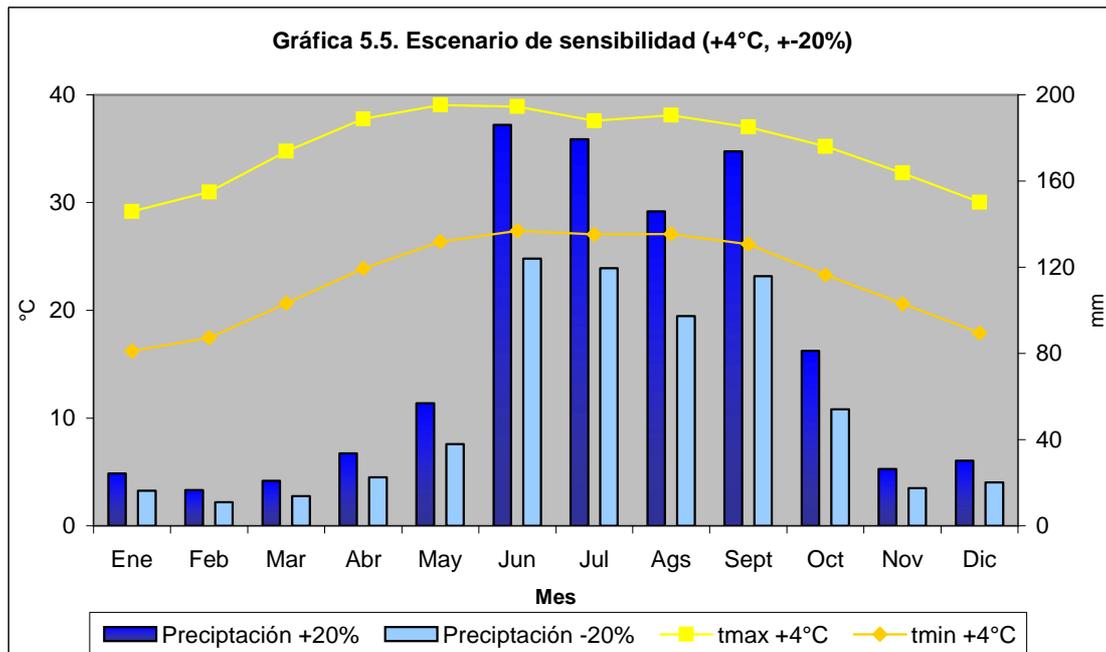
La Gráfica 5.5 muestra cómo aumentaría mensualmente la temperatura máxima y mínima con 4° C. La temperatura máxima se aproximaría a los 40° C en los meses más cálidos, la oscilación va de los 29° C a 39° C, desatando serios desastres agroclimáticos con temperaturas extremas que llegarían a generar sequías y bajos rendimientos de los cultivos. Las temperaturas mínimas, oscilan entre los 16° C a 27.38° C. Estos resultados indican que no habrá temperaturas templadas, sino cálidas mayores de 38° C.

Con respecto a la precipitación, se muestra en la Gráfica 5.4, lo relevante es:

1. **+20% Precipitación:** Precipitación anual sería de 975.02 mm y la precipitación para el ciclo de la soya, que va junio a noviembre, es 792.49 mm. Estas condiciones le permitirían a la soya obtener el aporte de agua requerido, desde la germinación y continuar su desarrollo, además de determinar el tamaño y peso de los granos, y el rendimiento obtenido de la cosecha del cultivo de soya.
2. **-20% Precipitación:** La precipitación anual sería de 650.01 mm y la precipitación para el ciclo de la soya, que va junio a noviembre, es 528.33 mm. En este caso, el crecimiento de la planta puede interrumpirse desde la germinación, debido a que

EFFECTOS DEL CAMBIO Y VARIABILIDAD CLIMÁTICOS EN EL CULTIVO DE SOYA (*Glycine max (L.)*) EN EL MUNICIPIO DE GONZÁLEZ, TAMAULIPAS

el suelo y el ambiente no presentan las condiciones idóneas para su germinación y por consiguiente su desarrollo puede ser nulo; la planta estaría en un estrés hídrico durante el ciclo agrícola P-V, al presentarse posiblemente sequías.



Estación de Crecimiento		Germinación	Desarrollo	Grano	Cosecha	Huasteca 100 144 a 118 días
Siembras	Tempranas					
	Tardías					
Temperatura	Siembra	15° C y 18° C				
	Floración	25° C y 30° C				
	Mínima	18° C				
	*Junio-Octubre	Tem. Max. 37.36° C			Tem. Min 26.19° C	
Precipitación	Mm/temporada	450 y 700				
	Mm/anual	800 a 1000				
	*Junio-Octubre	Ciclo: 510.76 mm (-20%) 766.14mm (+20%)				
Requerimientos agroecológicos de la soya						
*Promedio de los datos climáticos (corresponden al escenario base): temperatura máxima y mínima, precipitación total del periodo 1961-1990.						

De acuerdo a los resultados obtenidos de las combinaciones de sensibilidad, la que favorece al cultivo de soya es: *Temperatura +2° C, Precipitación +20%*, ya que estas condiciones son tolerables para las variedades de soya que emplea el municipio de González. El impacto más negativo al cultivo se presenta con la combinación *Temperatura +4° C, Precipitación -20%*. En este caso, se ocasionaría en la planta un estrés hídrico dado que la precipitación no sería suficiente durante las etapas de desarrollo de la planta así como la producción de soya podría ser de pérdida total del cultivo por un déficit en el aporte de agua para las fases de desarrollo de la planta.

5.4. Episodios ENSO en el municipio de González

Un **escenario análogo** de cambio climático puede ser lo acontecido durante el fenómeno extraordinario o episodios llamados El Niño; particularmente, los años que se presentaron con mayor impacto a nivel global fueron los Niños de 1982-83, 1988-89 y 1997-98. En la Figura 5.B se observa la intensidad y duración del fenómeno del El Niño / Oscilación del Sur (ENSO).

Se incluye condiciones de ENSO como un posible escenario análogo, ya que episodios de este evento han afectado la agricultura en México, la hipótesis es que si estos fenómenos ENSO se intensificaran en condiciones de cambio climático, se tendrían impactos similares a los ya observados en el pasado.

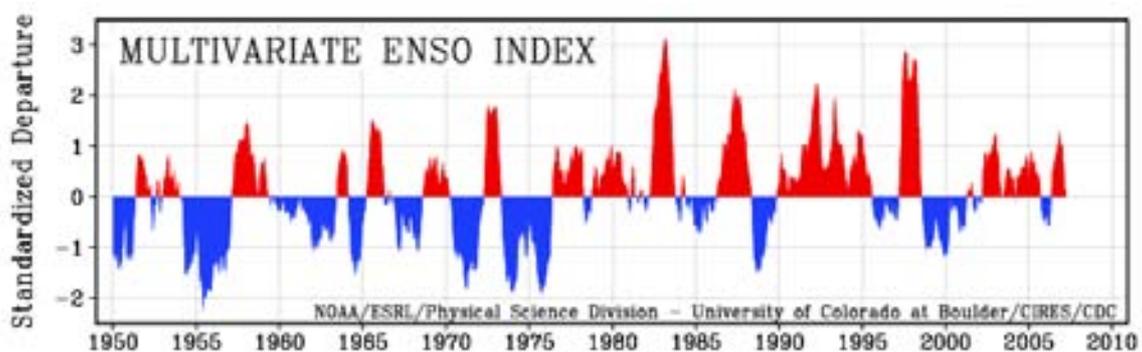


Figura 5.A. Desviaciones de las condiciones normales, calculadas mediante el índice multivariado (MEI) del ENSO. Este índice incluye la temperatura y presión superficial (océano y atmósfera), viento y cubierta nubosa.

Fuente: (<http://www.cdc.noaa.gov/~kew/MEI/>)

La Figura 5.A se muestran las variaciones con respecto a las condiciones normales desde 1950 hasta el 2005 en la región del Niño 3. Se puede observar que se presentó un fuerte Niño en 1982 - 1983 y otro muy fuerte también desde 1997 hasta agosto de 1998.

Un fuerte evento de La Niña se presentó durante los años 1988-89, período que también se utiliza en este trabajo como un escenario análogo. En las siguientes gráficas se observan las variaciones ocurridas durante esos años en González, y cómo afectó al cultivo de la soya.

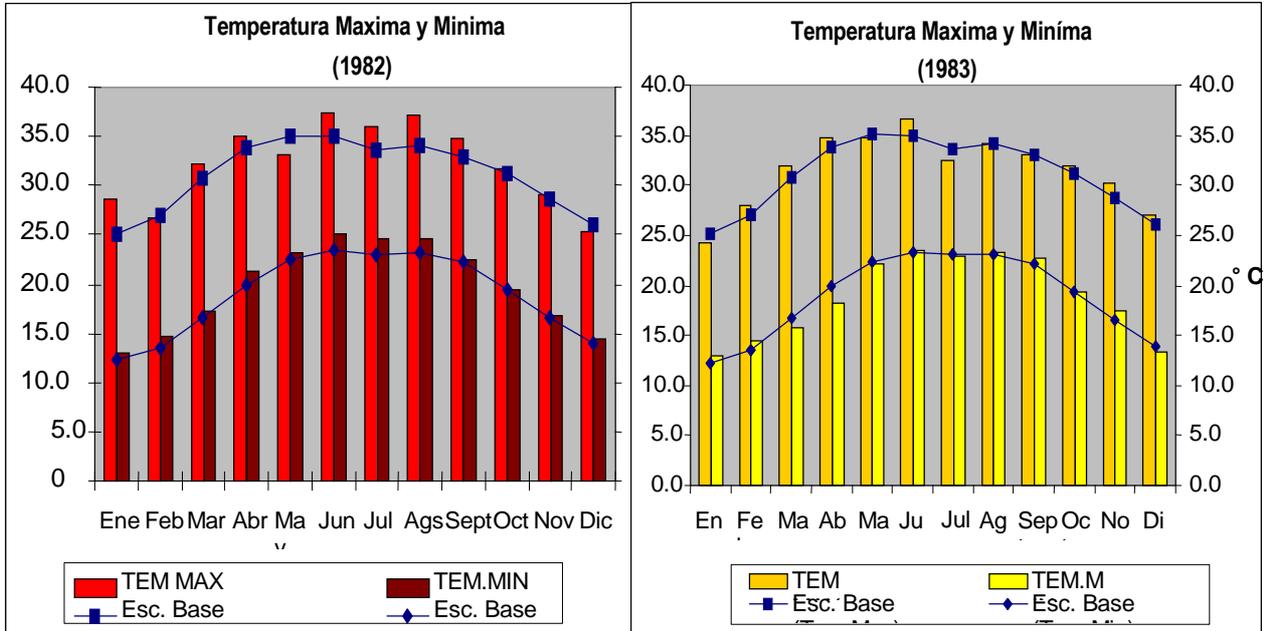
5.4.1 Análisis de los episodios ENSO

5.4.1.A El fenómeno de El Niño: 1982-1983 y 1997-98

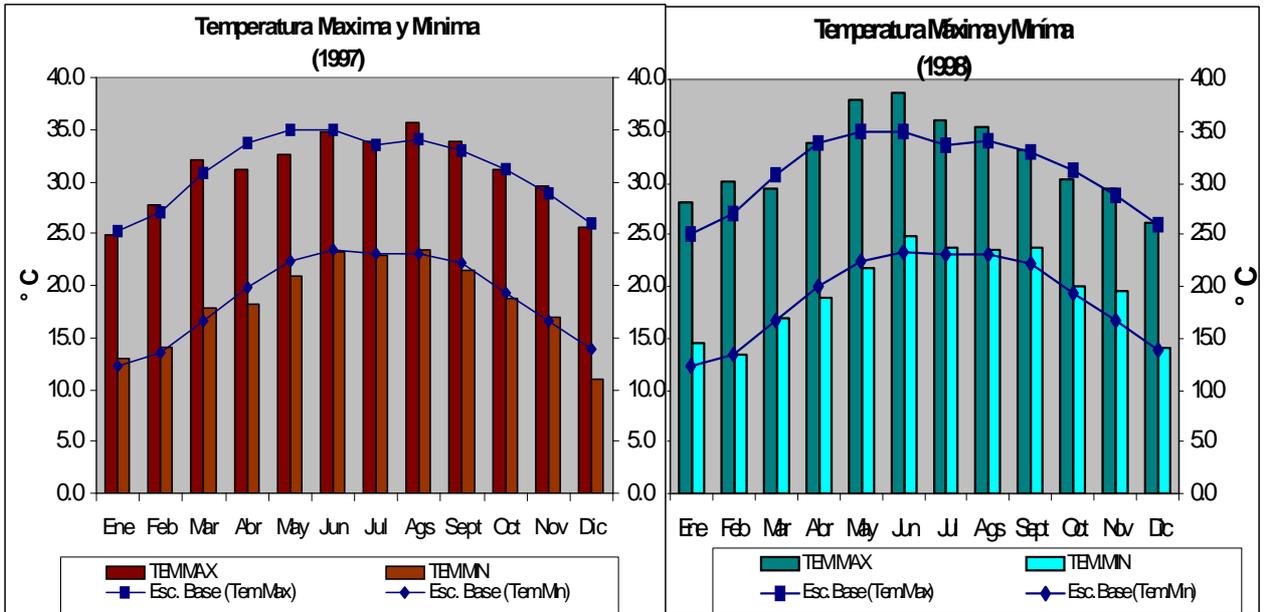
Los Niños de 1982-83 y 1997-98 han sido los más fuertes del siglo XX, sus impactos han sido a escala global. Para el municipio de González no fue la excepción, se vio afectado en las prácticas agrícolas, principalmente las de temporal; en las Gráficas 5.6 y 5.7 se observan las variaciones de las temperaturas máximas y mínimas con respecto al escenario base, presentando aumentos de temperatura en la P-V de 1982, y variaciones de temperatura en la P-V de 1997. En lo que respecta al segundo año de El Niño en 1983 el fenómeno finaliza en el verano, presentando temperaturas altas durante la primavera, mientras que 1998 presentó temperaturas altas en los meses de enero, febrero y mayo. Durante los dos eventos extremos se presentaron temperaturas muy cálidas en el municipio de González, a pesar de que la soya resiste temperaturas altas hasta los 30° C, mayores temperaturas significan una mayor evapotranspiración de la planta y por lo tanto un estrés hídrico.

EFFECTOS DEL CAMBIO Y VARIABILIDAD CLIMÁTICOS EN EL CULTIVO DE SOYA (*Glycine max (L.)*) EN EL MUNICIPIO DE GONZÁLEZ, TAMAULIPAS

Gráfica 5.6. Temperatura máxima y mínima de los años de 1982-83



Gráfica 5.7. Temperatura máxima y mínima de los años de 1997-98



**EFFECTOS DEL CAMBIO Y VARIABILIDAD CLIMÁTICOS EN EL CULTIVO DE SOYA (*Glycine max (L.)*) EN EL
MUNICIPIO DE GONZÁLEZ, TAMAULIPAS**

En lo que respecta al régimen de lluvias de la región, se vio afectado al retrasarse las lluvias, así como una disminución de las mismas como muestra la Gráfica 5.8. En el Cuadro 5.II se observa que en 1982 un promedio del ciclo de lluvia requerida por la soya de 323.5 mm/temporada, fue la mitad con respecto al escenario base, las condiciones en este año fueron negativas para la soya, esto debido al aumento de las altas temperaturas que imperaron en el lugar. En 1983 El Niño no presentó efectos negativos, debido a que las condiciones de lluvia fueron favorables a la soya en sus etapas de desarrollo, lo probable es que la fecha de siembra se haya retrasado, sin embargo el aporte de agua requerido del ciclo fue de 682.6 mm, permaneciendo dentro del rango del escenario base.

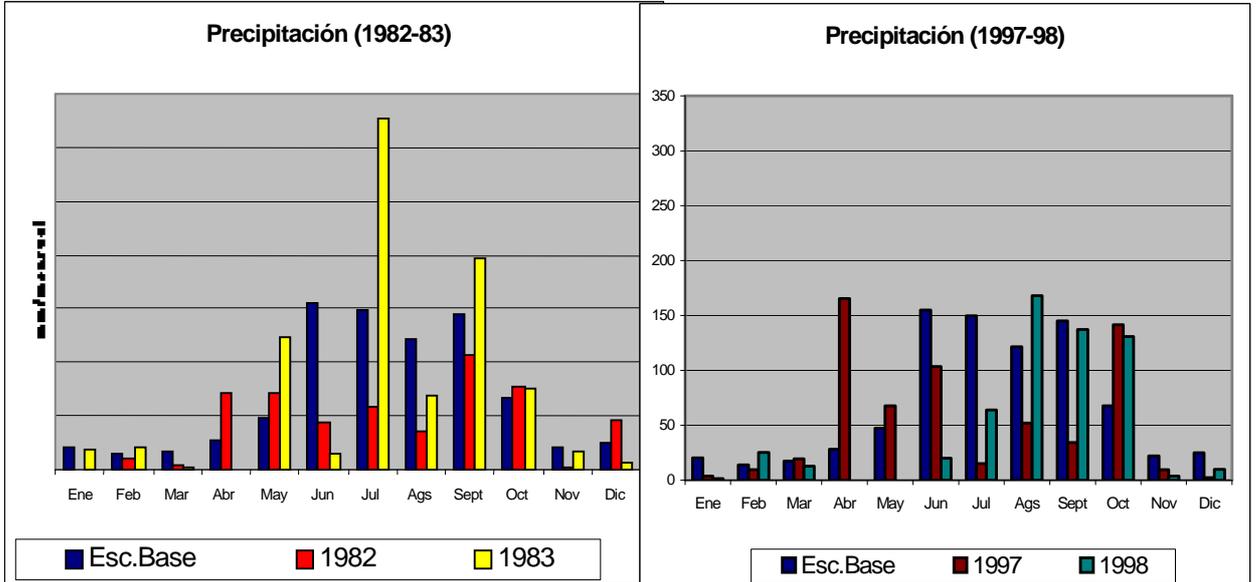
Cuadro 5.II. Requerimientos agroecológicos de la soya

*Tem Jun-Oct	ESC. BASE	1982	1983	1997	1998
Max	33.4° C	35.4° C	33.7° C	33.9° C	34.7° C
Min	22.2° C	23.2° C	22.4° C	21.9° C	23.2° C
Precipitación	Mm/temporada	450 y 700			
	Mm/anual	800 a 1000			
*Pcp (mm) Jun-Oct	ESC. BASE	1982	1983	1997	1998
	638.5 mm	323.5 mm	682.6 mm	346.9 mm	520 mm
*Promedio de los datos climáticos (corresponden al escenario base): temperatura máxima y mínima, precipitación total del periodo 1961-1990.					

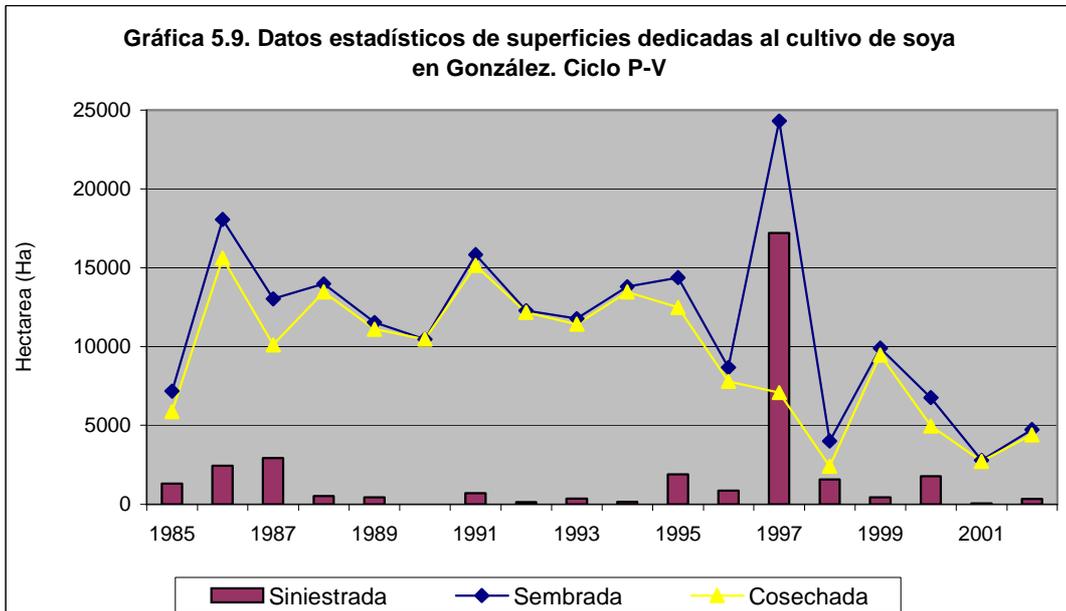
El fenómeno de El Niño en 1997 presentó las mismas condiciones respecto a las lluvias ocurridas en 1982, la disminución del aporte de lluvias durante todo el ciclo de temporal para la soya. En la Gráfica 5.9 se observa una superficie sembrada de 24 304 ha, con un superficie siniestrada de 17 220 ha, es decir que se perdió más del 50% del cultivo, debido principalmente a las variaciones de la lluvia ocurridas durante El Niño en este año. En el segundo año de El Niño (1998), se observa que el aporte de lluvia tiende a ser menor en junio (20.2 mm) y aumenta en agosto (168 mm) arriba del escenario base, para los últimos meses las lluvias son intensas, en este año la cosecha fue de 2 415 ha (Gráfica 5.9), de una superficie sembrada de 4 000 ha, es decir que en este año el cultivo de soya se redujo significativamente en la superficie de siembra y debido a las condiciones climáticas se obtuvo la mitad del cultivo.

EFFECTOS DEL CAMBIO Y VARIABILIDAD CLIMÁTICOS EN EL CULTIVO DE SOYA (*Glycine max (L.)*) EN EL MUNICIPIO DE GONZÁLEZ, TAMAULIPAS

Gráfica 5.8. Precipitación ocurrida en 1982-83 y 1997-98, años en los que se presentó El Niño.



Gráfica 5.9. Datos estadísticos de superficies dedicadas al cultivo de soya en González.

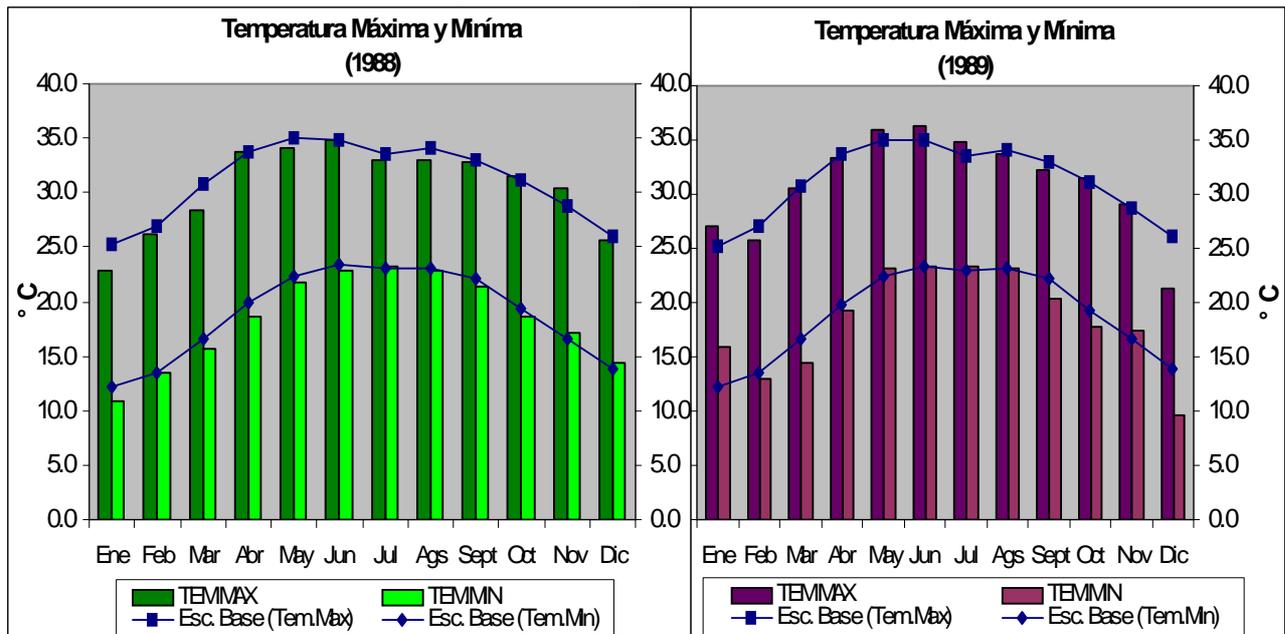


Fuente. Distrito de Desarrollo Rural No. 162 "González". Estadística sgrícola del cultivo de la soya.

5.4.1.B El fenómeno de La Niña: 1988-1989

La Niña se presentó como un fenómeno extremo, sus condiciones de variabilidad climáticas cambian si se compara con los datos que mostró El Niño, citados en párrafos anteriores. En este caso el municipio de González muestra temperaturas (Gráfica 5.10) de máxima y mínimas que tienden a disminuir durante la primavera-verano de 1988, mientras que en segundo año de La Niña, se observa una disminución de las temperaturas hasta mediados de la primavera (finaliza el fenómeno). Al disminuir la temperatura en la región permite al cultivo retener mayor cantidad de agua, así como un desarrollo satisfactorio.

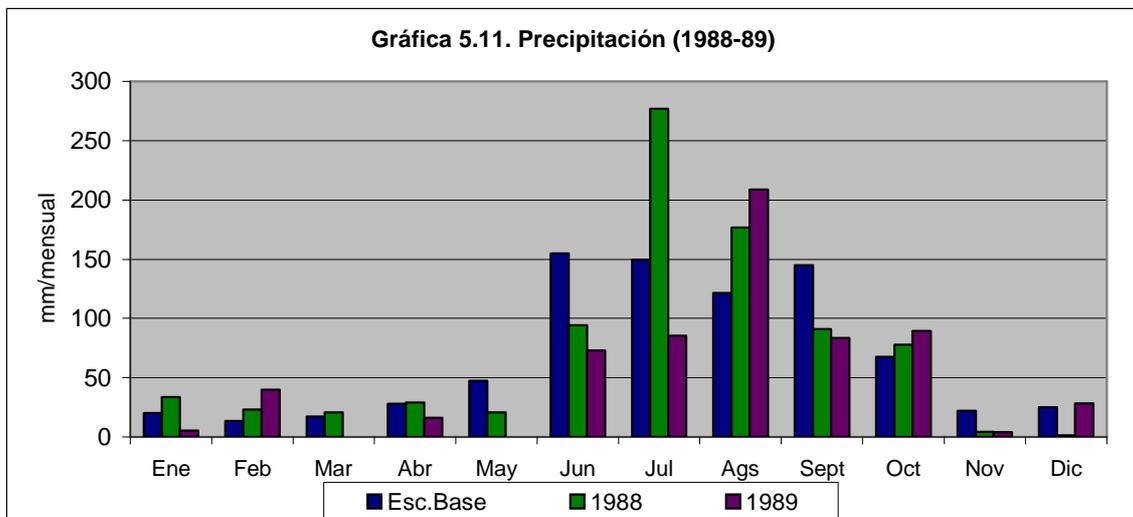
Gráfica 5.10. Temperatura máxima y mínima de los años de 1988-89



Las condiciones de lluvia que se observan en la Gráfica 5.11 en el primer año (1988) del fenómeno de La Niña presentan un aporte mayor de lluvias, aunque en junio se observa abajo del escenario base, para los siguientes meses aumenta el aporte de las lluvias, el promedio del ciclo fue de 716.1 mm, superando al ciclo del escenario base. En la Gráfica 5.9 la superficie sembrada fue de 13 977 ha, la cosecha fue de 13 459 ha, es decir que las condiciones climáticas le fueron óptimas al cultivo, con pérdidas mínimas.

EFFECTOS DEL CAMBIO Y VARIABILIDAD CLIMÁTICOS EN EL CULTIVO DE SOYA (*Glycine max (L.)*) EN EL MUNICIPIO DE GONZÁLEZ, TAMAULIPAS

En 1989 las lluvias disminuyeron en junio y julio (La Niña no influyó en este ciclo agrícola), el cultivo presentó un ciclo promedio de 540.1 mm, quedando debajo del requerimiento observado en el escenario base. En este año se observa una superficie sembrada de 11 539 ha, mientras que la superficie de cosecha fue de 11 096 ha, por lo tanto las condiciones climáticas fueron distintas a las ocurridas en el año anterior (1988) con La Niña, sin embargo el cultivo presentó resultados satisfactorios.



Estación de Crecimiento		Germinación 	Desarrollo 	Grano 	Cosecha 	Huasteca 100 144 a 118 días Huasteca 200 118 a 111 días
Siembras	Tempranas					
	Tardías					
Temperatura	Siembra	15° C y 18° C				
	Floración	25° C y 30° C				
	Mínima	18° C				
*Tem Jun-Oct	ESC. BASE	1988		1989		
Max	33.4° C	33° C		33.7° C		
Min	22.2° C	21.8° C		21.6° C		
Precipitación	Mm/temporada	450 y 700				
	Mm/anual	800 a 1000				
*Pcp (mm) Jun-Oct	ESC. BASE	1988		1989		
	638.5 mm	716.1mm		540.1 mm		
Requerimientos agroecológicos de la soya						
*Promedio de los datos climáticos (corresponden al escenario base): temperatura máxima y mínima, precipitación total del periodo 1961-1990.						

Las condiciones de El Niño (fase cálida), se caracterizó por una variabilidad climática en la precipitación (principalmente decremento de la intensidad de las lluvias) y las altas temperaturas (provocando sequías extremas) durante el ciclo P-V, originando una menor retención de agua, reducción del aporte de humedad al cultivo de soya y un marchitamiento de la planta. Si las condiciones que se presentaron con los fuertes Niños se intensificaran en el municipio de González, el cultivo de soya no sería óptimo, se puede producir debido a que es un cultivo que resiste altas temperaturas, pero si llegarán a presentarse condiciones climática más intensas, el impacto al cultivo y a los productores sería mayor, pero también está en función de las condiciones económicas, sociales y políticas de la región, es lo que permitirá dar una respuesta ante el evento de manera positiva o negativa.

Mientras las condiciones climáticas que presenta La Niña fueron positivas para el municipio durante el ciclo primavera-verano, se observaron pérdidas mínimas en la producción de soya, debido a que las temperaturas tendieron a disminuir, el aporte de lluvias aumenta durante el ciclo P-V, además debido a la cercanía del municipio al Golfo de México, recibe una mayor humedad proveniente del mar, también influyen los huracanes que tienden a aportar mayor cantidad de agua e intensificar a las lluvias en la región.

En la Figura 5.B se muestran las anomalías de la temperatura máxima y la precipitación en González. Se observa que los años de El Niño 1982, 1997 y 1998 fueron muy cálidos y secos que en un año normal (Conde, 2005, AIACC, 2006).

EFFECTOS DEL CAMBIO Y VARIABILIDAD CLIMÁTICOS EN EL CULTIVO DE SOYA (*Glycine max (L.)*) EN EL MUNICIPIO DE GONZÁLEZ, TAMAULIPAS

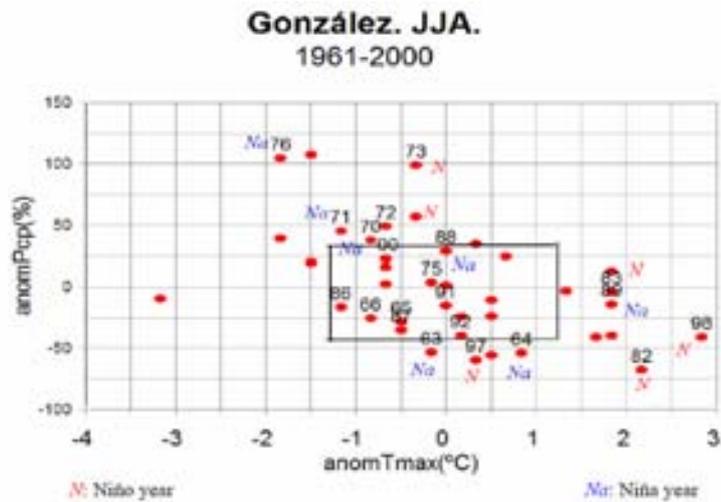


Figura 5.B. Espacios de amenaza climática en González, Tamaulipas. Periodo 1961-2000
Fuente: Conde, 2005, AIACC, 2006

El siguiente Cuadro 5.III resume lo descrito de los episodios ENSO que se observan en las gráficas de temperaturas y precipitación.

Cuadro 5.III. Episodios ENSO y sus principales características climáticas.

ENSO	TEMPERATURA MAXIMA	TEMPERATURA MINIMA	PRECIPITACIÓN	IMPACTOS
1982-83	Altas temperaturas	Altas temperaturas	Disminución de la precipitación en el verano. Aumento de la precipitación en diciembre. Aumento de la precipitación en parte de la primavera-verano de 1983	Sequía Huracán Barry (Agosto, 1983)
1988-1989	Bajas temperaturas en el otoño. Variaciones en la temperatura a finales de la primavera, todo el verano y otoño.	Bajas temperaturas	Aumento de la precipitación en parte de la primavera-verano, y el invierno. Aumento de la precipitación en el invierno, y en los meses de agosto y octubre.	Inundaciones Huracán Gilberto (Septiembre)
1997-1998	Altas temperaturas en el inicio de la primavera Altas temperaturas en todo el año	Altas temperaturas en parte del invierno, verano y bajas temperaturas en parte de la primavera y parte del otoño. Altas temperaturas	Disminución de la precipitación, excepto abril, mayo y octubre. Disminución de la precipitación, excepto otoño (septiembre y octubre), y febrero, agosto,	Sequía Pérdidas del cultivo de soya
Temperatura máxima y mínima. Al describir temperaturas altas y bajas, se refiere a que se confrontaron con el escenario base, y por lo tanto se menciona que han rebasado los límites de dicho escenario.				

5.5. Escenarios de cambio climático

5.5.1 Rangos proyectados al 2020

Los **Modelos Climáticos Globales (MCGs)**, permiten el desarrollo de proyecciones del clima. Las salidas de estos modelos para el municipio de González (estación 28035), proporciona de manera regional los cambios climáticos proyectados. Los modelos empleados en este trabajo son los CGCM2 (canadiense), HADCM3 (Hadley Centre versión 3 Inglaterra) y ECHAM4 (Alemán), y sus salidas se obtuvieron en la dirección del Instituto Canadiense de Estudios Climáticos (<http://www.cics.uvic.ca/scenarios>): dando las coordenadas de la estación citada.

Los **escenarios de emisiones (SRES)** seleccionados fueron los A2 y B2, a partir de los SRES del IPCC (Nakicenovic, *et al.*, 2000). Estos escenarios se seleccionaron por considerarse que representan condiciones que son probables para México y que fueron empleados en la Tercera Comunicación de México ante la Convención Marco de Naciones Unidas.

Los escenarios de emisiones empleados en este trabajo fueron los A21 y B21; el número 1 corresponde al número de experimento del modelo climático. El 2020 y 2050 representan el horizonte de tiempo de 30 a 50 años. Estas combinaciones permiten incluir las incertidumbres asociadas al clima futuro (Figura 5.C).

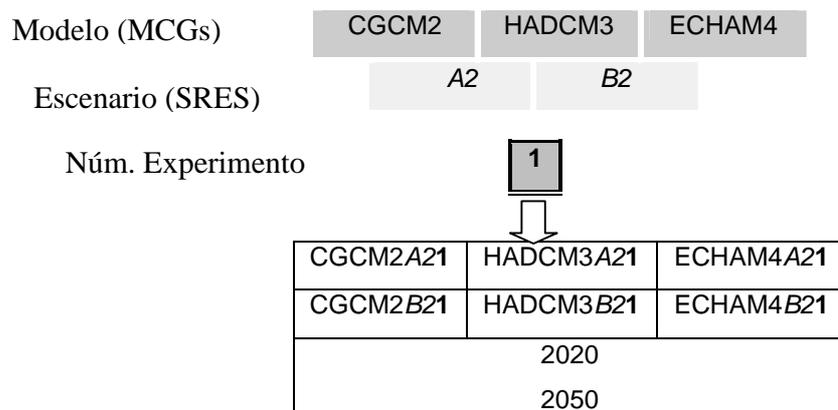
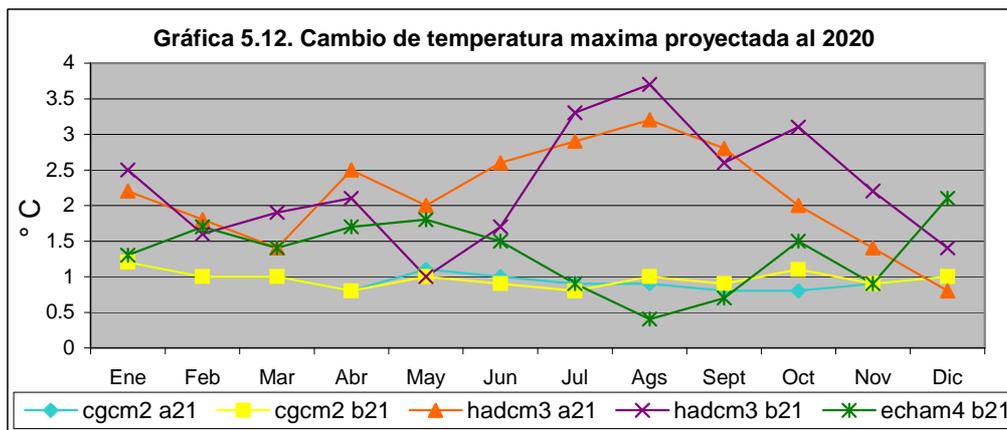


Figura 5.C. Modelos climáticos, los escenarios de emisiones y el número de experimento y horizontes de tiempo empleados en este trabajo

5.5.1.A Temperatura máxima y mínima

La Gráfica 5.12 muestra los rangos de los cambios en la temperatura máxima, que oscilan entre los 0.4 a 3.7° C para el 2020. En los escenarios CGCM2 A21 y B21, se observa una tendencia similar, permaneciendo entre los 0.8° C y 1.2° C durante todo el año, los aumentos de temperatura mayores se registran en los meses de diciembre a marzo.



Rangos obtenidos del Instituto Canadiense de Estudios Climáticos, para 3 MCGs y dos escenarios de emisiones (A2 y B2).

Fuente: <http://www.cics.uvic.ca/scenarios>

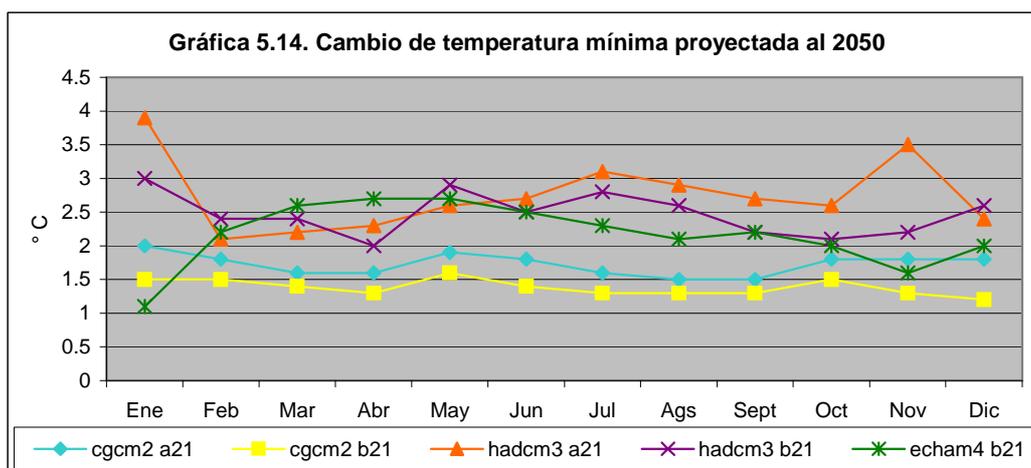
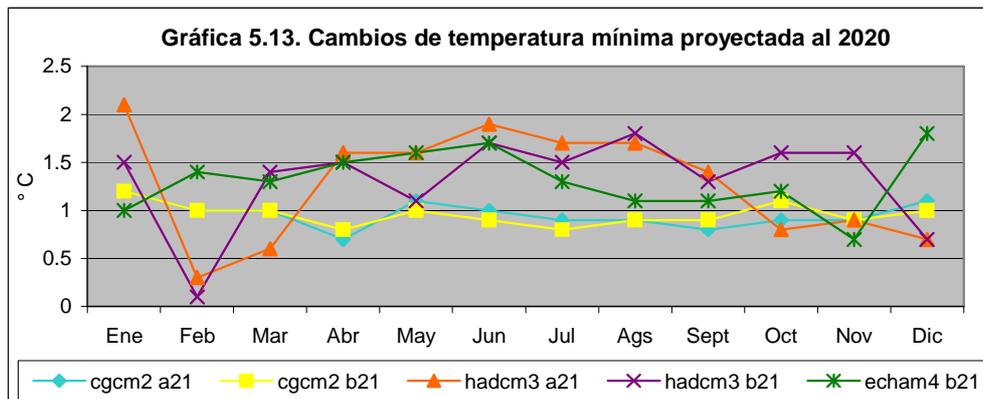
El modelo HADCM3, con los escenarios A21 y B21, el aumento la temperatura oscila entre los 0.8° C a 3.7° C. En el modelo ECHAM4, y el escenario de emisión B21, la temperatura oscila entre 0.4° C a 2.1° C, registrando el mayor aumento durante el mes de diciembre con 2.1° C.

La temperatura máxima para el 2020 tiende a aumentar en los tres modelos de cambio climático, observando en la Gráfica 5.15 durante el ciclo primavera verano la temperatura rebasa de los 36° C en el modelo HADCM3, este caso el cultivo de soya, tiende a perder agua debido a las altas temperaturas. El modelo más aceptable es el ECHAM4, presentando menores aumentos de temperatura máxima durante el ciclo primavera verano, todavía tolerable para la soya.

La temperatura mínima (2050) en la Gráfica 5.14, registra rangos en los escenarios una oscilación con 0.1° C a 2.1° C, el cambio en la temperatura mínima es notable, acercándose a los rangos de la temperatura máxima. Así que el modelo CGCM2 A21 y B21 registran rangos de 0.7° C a 1.2° C, el rango más alto es en el mes de diciembre. Y el

EFFECTOS DEL CAMBIO Y VARIABILIDAD CLIMÁTICOS EN EL CULTIVO DE SOYA (*Glycine max (L.)*) EN EL MUNICIPIO DE GONZÁLEZ, TAMAULIPAS

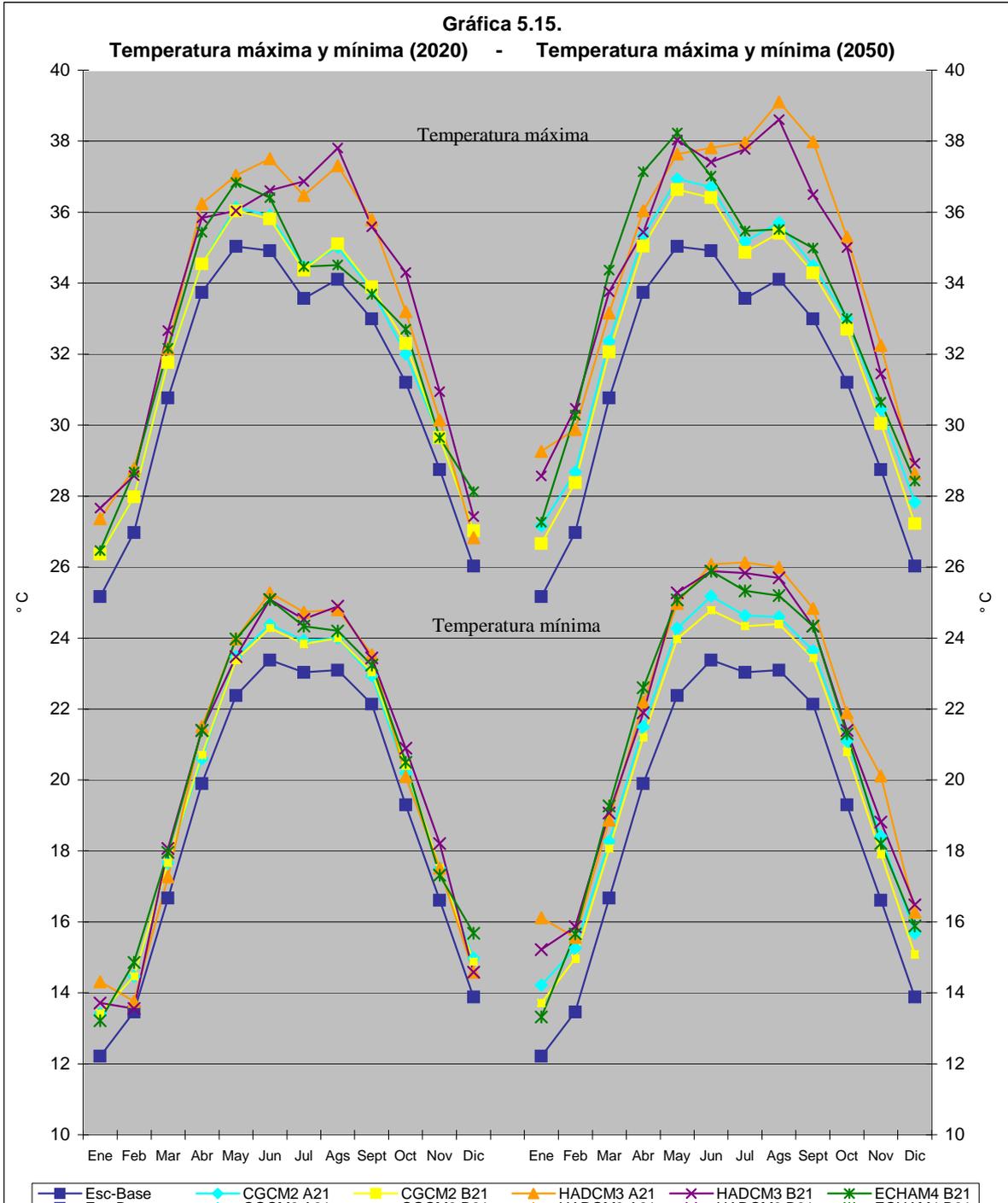
modelo HADCM3 A21 registra mayores aumentos en su máxima temperatura en el mes de diciembre con 2.1° C, siguiendo los meses de abril y mayo con 1.6° C, junio con 1.9° C, julio y agosto con 1.7° C, mientras que el rango más bajo de temperatura mínima lo registra el mes de febrero con 0.3° C. Mientras que el escenario B21 registra su rango más alto en temperatura mínima en el mes de agosto con 1.8° C, el modelo ECHAM4 registro su nivel más alto en el mes de diciembre con 1.8° C, durante el ciclo P-V el rango oscila entre 0.4° C a 1.8° C. En la Gráfica 5.15 y 5.13 se observa que la temperatura mínima presenta tendencias similares con respecto al escenario base, y los aumentos significativos corresponden durante mayo a agosto, es decir que el cultivo es tolerable a estas condiciones de temperatura mínima en los tres modelos de circulación general.



Rangos obtenidos del Instituto Canadiense de Estudios Climáticos, para 3 MCGs y dos escenarios de emisiones (A2 y B2).

Fuente: <http://www.cics.uvic.ca/scenarios>

EFFECTOS DEL CAMBIO Y VARIABILIDAD CLIMÁTICOS EN EL CULTIVO DE SOYA (*Glycine max (L.)*) EN EL MUNICIPIO DE GONZÁLEZ, TAMAULIPAS

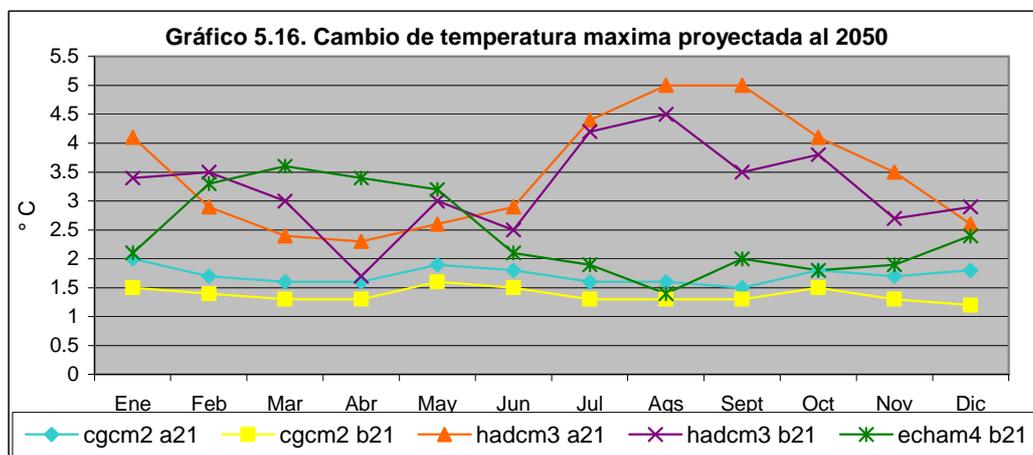


Rangos obtenidos del Instituto Canadiense de Estudios Climáticos, para 3 MCGs y dos escenarios de emisiones (A2 y B2).

Fuente: <http://www.cics.uvic.ca/scenarios>

La temperatura máxima en el 2050 (Gráfica 5.15) los escenarios proyectan aumentos considerable, oscilando entre 1.2° C a 5° C, siendo los modelos y escenarios más representativos el HADCM3 A21 registrando rangos de 5° C en los meses de agosto y septiembre. Con el escenario B21 se observan valores altos desde el mes de julio 4.2° C, su máximo es en agosto con 4.5° C.

El escenario ECHAM4 B21, los rangos de temperatura máxima se encuentran entre los 3.2° C a 3.6° C, en los meses de febrero a mayo. El modelo CGCM2 no rebasa los 2° C de cambio en temperatura.



Rangos obtenidos del Instituto Canadiense de Estudios Climáticos, para 3 MCGs y dos escenarios de emisiones (A2 y B2).

Fuente: <http://www.cics.uvic.ca/scenarios>

Como se observa en las Gráficas 5.15 y 5.16 la temperatura máxima presenta aumentos significativos, principalmente en el modelo HADCM3 en los meses de junio al registrar 37.8° C(A21) y 37.4° C(B21), julio 38° C(A21) y 37.8° C(B21), agosto con 39.1° C(A21) y 38.6° C(B21), septiembre con 38° C(A21) y 36.5° C(B21) y octubre 35.3° C(A21) y 35° C(B21), en este modelo el cultivo no sería adaptable a estas condiciones de temperatura durante la primavera verano. En lo que respecta a los modelos CGCM2 y ECHAM4 durante el ciclo de temporal se presentan temperaturas por arriba de los 35° C.

La temperatura mínima en el 2050 (Gráfica 5.16) tiende a ser altas desde mayo a septiembre que van desde 23° C a los 26° C, permitiendo el desarrollo del cultivo.

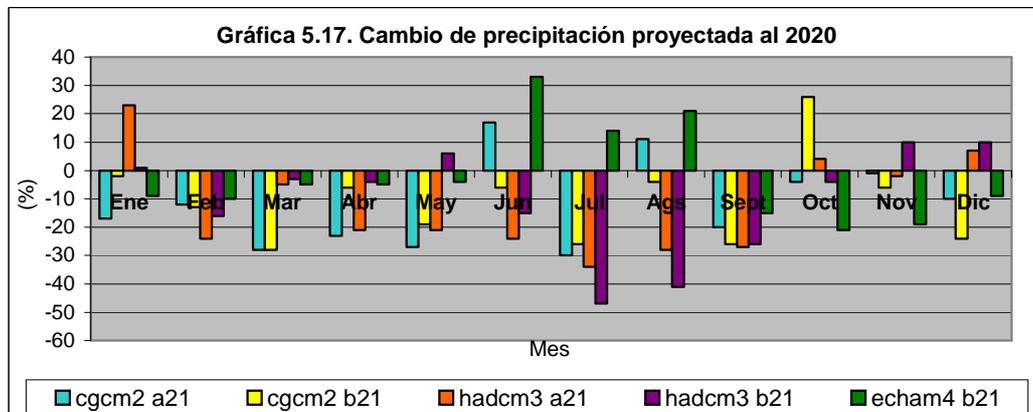
Por lo anterior, la temperatura óptima para el desarrollo de soya comprende entre los 18° C y 30° C, por lo tanto la temperatura mínima observada en el 2020 y 2050 presentan ventajas al acelerar el desarrollo de la soya. Mientras que la temperatura máxima al superar los 38° C, la soya está expuesta a presentar efectos sobre la velocidad de crecimiento, daños en la floración y disminución de la capacidad de retención y bajo rendimiento del grano o semilla de soya. Es decir que el modelo CGCM2 es el se aproxima a estos efectos si la temperatura máxima aumentara en el municipio de González. En lo que respecta a los demás modelos tienden a que la soya presente riesgos como un mayor estrés hídrico, y los efectos de velocidad de crecimiento en ambas proyecciones.

5.5.1.B Precipitación

En la Gráfica 5.17 se muestran los rangos de cambio en la precipitación para el 2020. Se observa que los rangos en su mayoría son negativos, oscilando entre los -47% a 33%.

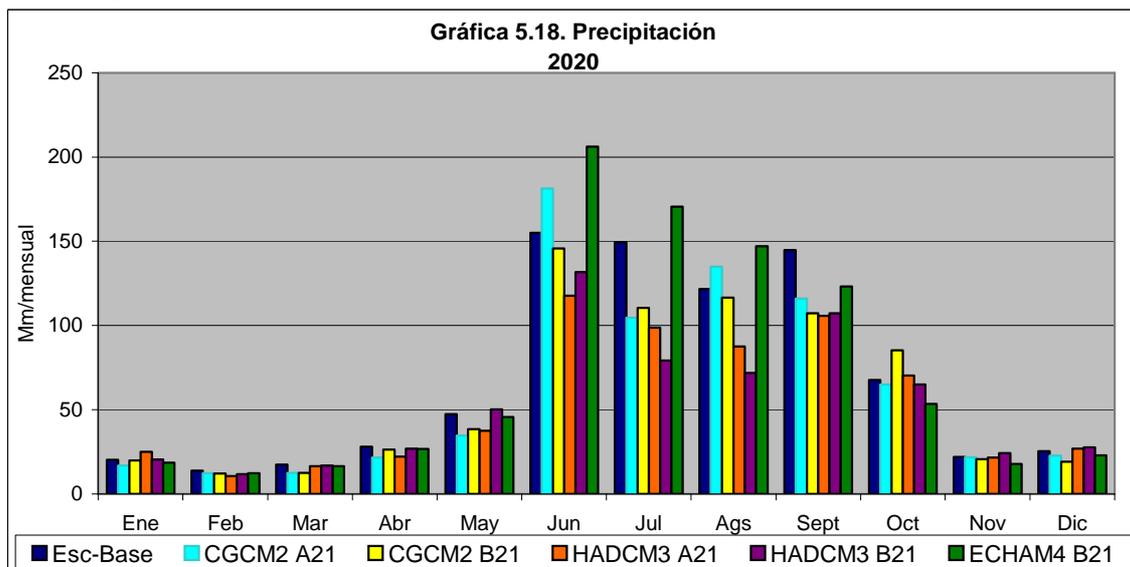
El modelo CGCM2 A21 muestra valores que oscilan con -30% a 17% de precipitación, con una disminución del -30% en el mes de julio y un aumento de 17% en el mes de mayo. Para el mismo modelo y el escenario B21, el mes que observa una disminución en la precipitación es marzo con -28%, mientras que para octubre se proyecta un aumento del 26%. En el modelo HADCM3 se registran rangos negativos en el mes de julio de -34% (para A21) y de -47% para el escenario B21: la precipitación aumentaría en enero (23%) y noviembre (10%). En estos meses no se tiene el cultivo del temporal, por lo que su efecto no sería negativo en el cultivo. El modelo ECHAM4 muestra rangos de variación desde -21 a 33% en la precipitación, es el escenario que muestra valores positivos para los meses de junio, julio y agosto, de los que depende la soya, en la siembra de temporal.

EFFECTOS DEL CAMBIO Y VARIABILIDAD CLIMÁTICOS EN EL CULTIVO DE SOYA (*Glycine max (L.)*) EN EL MUNICIPIO DE GONZÁLEZ, TAMAULIPAS



Rangos obtenidos para la precipitación para el 2020 del Instituto Canadiense de Estudios Climáticos, para 3 MCGs y dos escenarios de emisiones (A2 y B2).

Fuente: <http://www.cics.uvic.ca/scenarios>



*Suma de los datos climáticos (corresponden al escenario base) de la precipitación

En cuanto a la precipitación al obtener valores negativos en los modelos de cambio climático se observaron variaciones en la Gráfica 5.18. El inicio de la siembra temprana es en el mes de junio, y los escenarios CGCM2 A21 y B21 alcanzan valores de 181.3 mm (junio) y 145.7 mm (agosto), mientras que HADCM3 A21 y B21 se proyectan valores de 131.7 mm (junio) y 117.8 mm (septiembre). El valor más alto lo registra ECHAM4 B21 con 206.1 mm (junio), este último modelo muestra los valores más altos en los meses lluviosos, que van a partir de junio a septiembre con 170.4 mm (julio), 147.1 mm (agosto), 123.1 mm (septiembre).

Se observa en el 2020 una disminución en la precipitación con respecto al escenario base (Cuadro 5.IV) el modelo ECHAM4 muestra 700.1 mm durante el ciclo vegetativo de la soya, proporcionando el agua requerida. Mientras los modelos CGCM2 y HADCM3 tienden a reducir el requerimiento de la lluvia, ocurre en los últimos meses cuando la maduración de las semillas requiere de mayor cantidad de agua, ésta tiende a disminuir el rendimiento del grano.

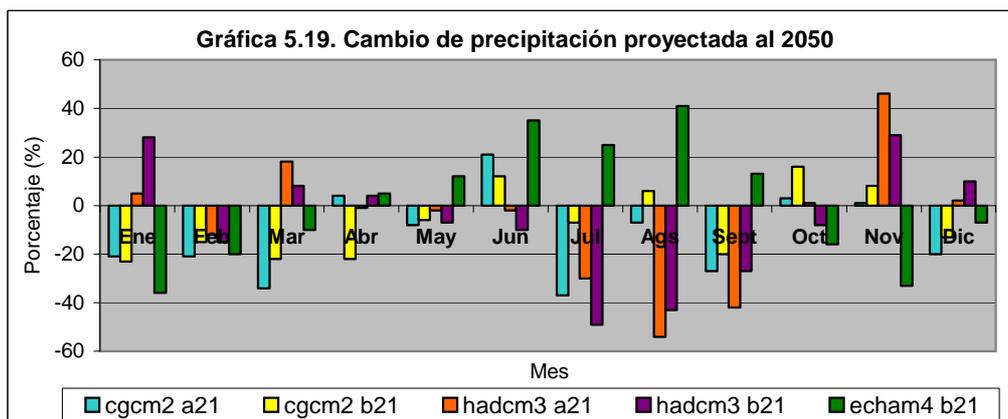
Cuadro 5.IV. Promedios de requerimiento de precipitación en el ciclo primavera verano del cultivo de soya.

2020	*Pcp (mm)	ESC. BASE	CGCM2 A21	CGCM2 B21	HADCM3 A21	HADCM3 B21	ECHAM4 B21
	Jun-Oct	638.5	601.7	565.3	480	454.8	700.1

2050	*Pcp (mm)	ESC. BASE	CGCM2 A21	CGCM2 B21	HADCM3 A21	HADCM3 B21	ECHAM4 B21
	Jun-Oct	638.5	570.1	635.7	464.7	452.9	787.9

La precipitación al 2050 presenta rangos con tendencia negativa (Gráfica 5.19) en más del 50% de los escenarios, con valores que van desde los -20% hasta los -54%, principalmente en los meses lluviosos que van a partir del mes de junio a octubre.

Sin embargo, el modelo ECHAM4 observa valores positivos a partir del mes de abril a septiembre, el mes de junio con 35% y agosto con 41%. Los modelos CGCM2 Y HADCM3 muestran meses en los que aumentará el rango de precipitación en enero, marzo y noviembre.

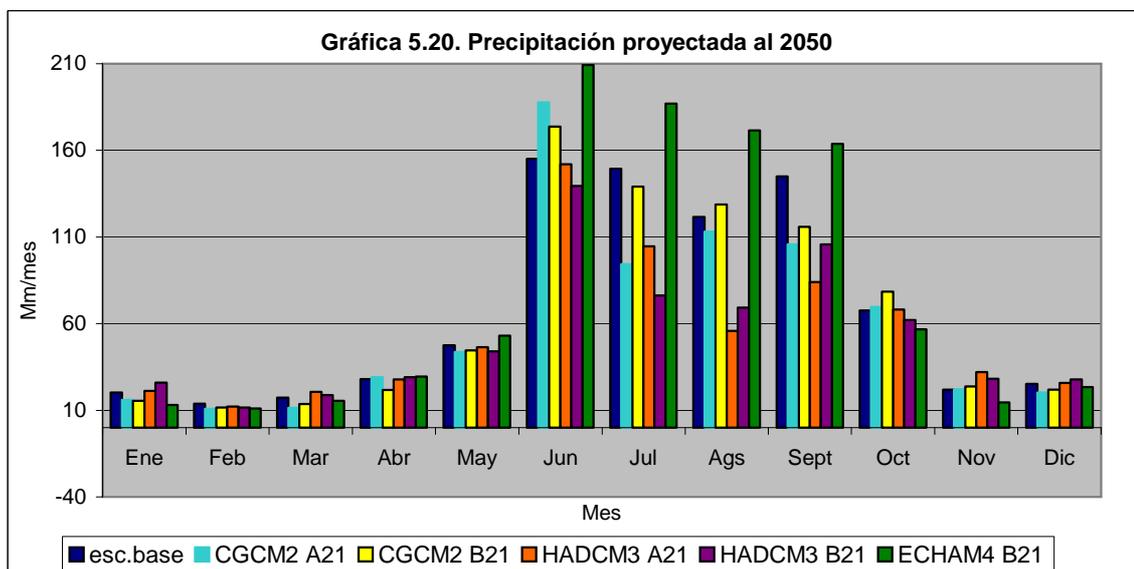


Rangos de variación para la precipitación para el 2050, obtenidos del Instituto Canadiense de Estudios Climáticos, para 3 MCGs y dos escenarios de emisiones (A2 y B2).

Fuente: <http://www.cics.uvic.ca/scenarios>

EFFECTOS DEL CAMBIO Y VARIABILIDAD CLIMÁTICOS EN EL CULTIVO DE SOYA (*Glycine max (L.)*) EN EL MUNICIPIO DE GONZÁLEZ, TAMAULIPAS

La Gráfica 5.20 representa la proyección climática de la precipitación en el 2050. En los meses lluviosos, se proyecta modelos con tendencia positiva, como son el modelo ECHAM4 B21, con precipitaciones superiores con respecto al escenario base; junio con 209.2 mm, 186.8 mm julio, agosto con 171.4 mm y septiembre 163.7 mm. Así como el CGCM2 B21, al presentar un promedio 635.7 mm (Cuadro 5.IV) desde junio a octubre el tiempo requerido por el cultivo de soya.



La precipitación presentada en los modelos de circulación en el 2020 y 2050 tienden a disminuir el requerimiento de precipitación durante el ciclo primavera-verano, destacando en los modelos HADCM3 Y CGCM2, y en lo respecta al modelo ECHAM4 presentó mejores condiciones de precipitación en el municipio de González, en ambas proyecciones.

CAPITULO 6

RESULTADOS DE LOS EXPERIMENTOS NUMÉRICOS CON EL MODELO CROPWAT

6.1 Programa Cropwat

El *CROPWAT* (crop = cultivo; wat = agua) es un programa que utiliza el método de Penman-Monteith para determinar la evapotranspiración de los cultivos (ET), fue desarrollado por la División de Desarrollo de Agua y Suelo de la FAO (Food and Agriculture Organization, por sus siglas en inglés), en 1992. Su objetivo es:

Determinar la evapotranspiración de los cultivos (Eto),

- ❑ Estima los requerimientos de agua de los cultivos y el calendario de riego
- ❑ Evaluar y pronosticar la producción y rendimientos de los cultivos

El programa almacena la información climática mensual:

- ❑ Temperatura Máxima (° C)
- ❑ Temperatura Mínima (° C)
- ❑ Precipitación (mm)
- ❑ Humedad del Aire (%)
- ❑ Velocidad del Viento (m/s)
- ❑ Insolación (hora sol diaria)

Incluye además una georeferenciación de la estación meteorológica de la que se obtuvieron la información climática del lugar, además de estar sustentado con los datos agrícolas del cultivo, correspondientes a la zona de estudio.

Los datos agrícolas requeridos son:

- ❖ Tipo de cultivo.
- ❖ Fechas de siembra. (Figura 6.C)
- ❖ Fenología: etapas de crecimiento (fase inicial, etapa de desarrollo, período medio y el período final o cosecha). (Cuadro 6.II y Figura 6.E)
- ❖ Coeficiente de cultivo (Kc) los cuales maneja el Cropwat, según el cultivo a trabajar. (Figura 6.D)

- ❖ Profundidad de las raíces.
- ❖ Descripción de suelo. (Figura 6.B)

Para proporcionar la georeferenciación se tomarán datos de latitud, longitud, altitud, el país y la estación, así como la información climática de una zona de estudio próxima a la del presente trabajo (Figura 6.A).

El Cropwat es una herramienta que utilizan varios especialistas como los agrónomos, ingenieros de riego, agrometeorólogos, para estimar las eficiencias de las prácticas de irrigación, planear riegos, los efectos de las sequías, la evaluación de la producción del cultivo, entre otras estimaciones.

Con la información extraída de las distintas fuentes ya mencionadas en capítulos anteriores y que integran al escenario base, se realizaron experimentos numéricos para validar el modelo. Estas bases de datos son requeridas para correr el programa Cropwat, para reconocer cómo se han comportado los requerimientos de agua para el cultivo de soya, contemplándolo en el ciclo P-V, correspondiente a la agricultura de temporal del municipio de González.

Las fechas de siembra a considerar son:

- ❑ Siembras tempranas: 15 junio al 15 julio (Huasteca 100)
- ❑ Siembras tardías: 16 julio al 31 julio (Huasteca 200)

La variedad de la soya a trabajar es la Huasteca 100 y 200, son híbridos que introdujo el Campo Experimental sur de Tamaulipas (CESTAM), para obtener altos rendimientos de soya, además de ajustarse a las condiciones del lugar.

6.2 Introducción de los datos al Cropwat

- ❑ Paso 1. La georeferencia de la zona de estudio.

EFFECTOS DEL CAMBIO Y VARIABILIDAD CLIMÁTICOS EN EL CULTIVO DE SOYA (*Glycine max (L.)*) EN EL MUNICIPIO DE GONZÁLEZ, TAMAULIPAS



Figura 6.A

El país es México, la estación es González (corresponde a la estación climática 28035)

- Paso 2. Introducción de la información climática del escenario base al Cropwat:

Cuadro 6.I. Datos climáticos para el Cropwat de la estación 28035 (González)

Escenario Base de la estación 28035

Mes	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Mínima (°C)	Precipitación (mm)	Humedad Relativa (%)	*Sunshine (%)	Sunshine horas sol	Vel. Viento (m/s)	*Vel. Viento (Km/d)
Enero	25.2	12.2	20.3	80	52	5.6	1.2	103.7
Febrero	27.0	13.5	13.8	79	57	6.4	1.4	121.0
Marzo	30.8	16.7	17.4	79	57	6.8	1.5	129.6
Abril	33.7	19.9	28.1	80	57	7.1	1.6	138.2
Mayo	35.0	22.4	47.4	81	62	8.1	1.4	121.0
Junio	34.9	23.4	155.0	80	62	8.3	1.3	112.3
Julio	33.6	23.0	149.5	79	62	8.2	0.9	77.8
Agosto	34.1	23.1	121.5	77	62	7.9	1.1	95.0
Septiembre	33.0	22.1	144.9	78	57	6.9	1.0	86.4
Octubre	31.2	19.3	67.6	76	62	7.1	1.1	95.0
Noviembre	28.7	16.6	22.0	77	57	6.2	1.1	95.0
Diciembre	26.0	13.9	25.2	78	57	6.0	1.1	95.0

***NOTA:** Al introducir los datos de velocidad del viento con las unidades m/s y horas Sol el Cropwat los convierte a unidades en km/d y %.

La discusión de estas variables y su relación con los requerimientos hídricos y térmicos de la soya se presentó en el *capítulo 2*.

- Paso 3. Se agregan los datos de tipo de suelo y profundidad de las raíces.

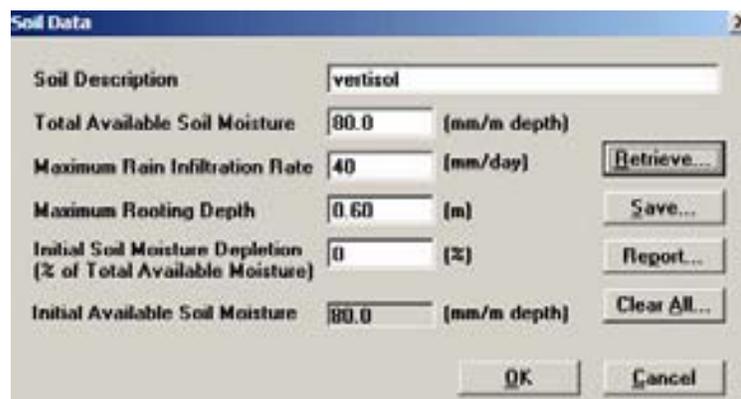


Figura 6.B

La descripción de los suelos y sus características se describieron en el *capítulo 2*.

- Paso 4. Los primeros datos agrícolas requeridos son:
- ❖ Tipo de Cultivo: Soya.
- ❖ Fechas de siembra: En este estudio se contempla el ciclo agrícola P-V que corresponde a fechas tempranas para la Huasteca 100 del 15 junio a 15 julio, y siembras tardías para la Huasteca 200 del 16 julio al 31 julio.

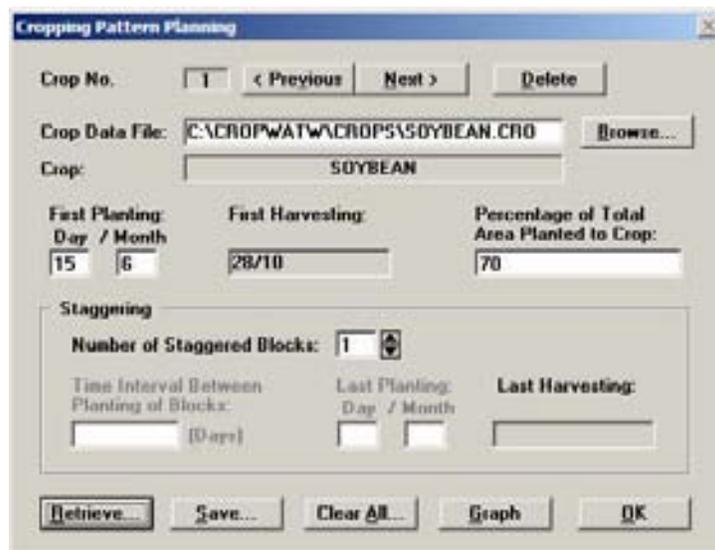


Figura 6.C

- Paso 5. Los siguientes datos agrícolas son:
- ❖ Fenología: etapas de crecimiento

Cuadro 6.II. Etapas de crecimiento de la soya los cuales serán requeridos en el Cropwat

<i>Fase inicial</i>	<i>Etapas de desarrollo</i>	<i>Período medio</i>		<i>Período final</i>	SOYA
Germinación	Período Vegetativo o Desarrollo de la Planta	Floración	Formación de la Semilla o Grano	Maduración	
10 días	30-40 días	25-35 días	30-40 días	10-15 días	Total 105-140 días

- ❖ Coeficiente de cultivo (Kc): los maneja el Cropwat según el cultivo a utilizar en este caso es la soya.

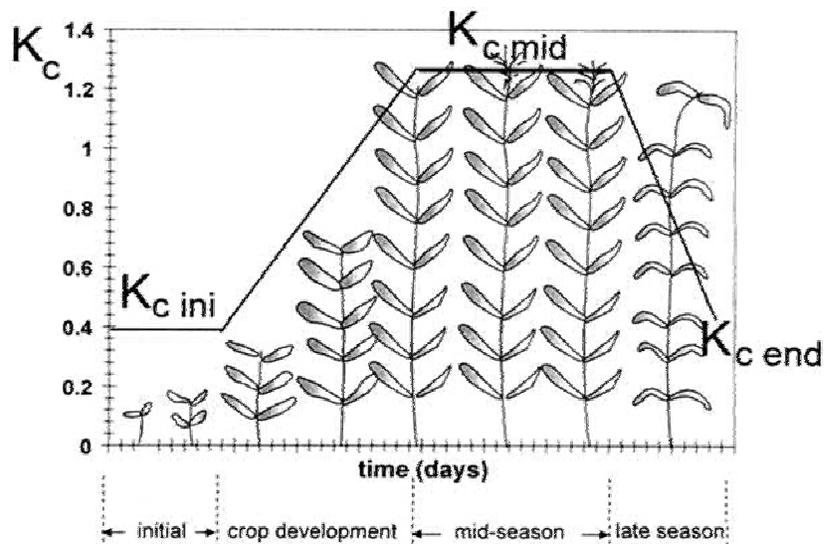


Figura 6.D. Etapas de crecimiento correspondiente a los Kc de la soya.

Fuente: <http://www.fao.org/ag/aql/cropwater/soybean.stm>

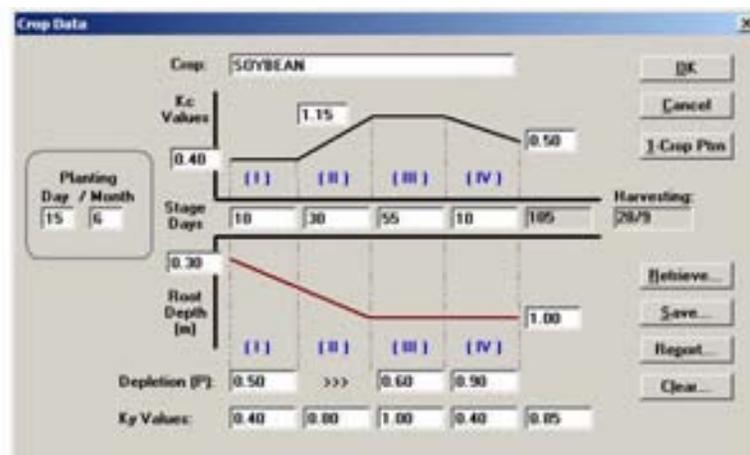


Figura 6.E

- Paso 6. Con el programa Crowpat se obtuvieron los siguientes resultados:



Figura 6.F

Lo anterior indica que hay una reducción inicial de -10% en el rendimiento de la soya para el municipio de González con respecto a las condiciones óptimas en la agricultura de temporal (P-V). Así, de inicio el programa indica que se parte de un déficit en los rendimientos del -10% con respecto a las condiciones óptimas.

6.3. Experimentos numéricos con el Crowpat: Escenarios de variabilidad climática (Episodios ENSO) y cambio climático

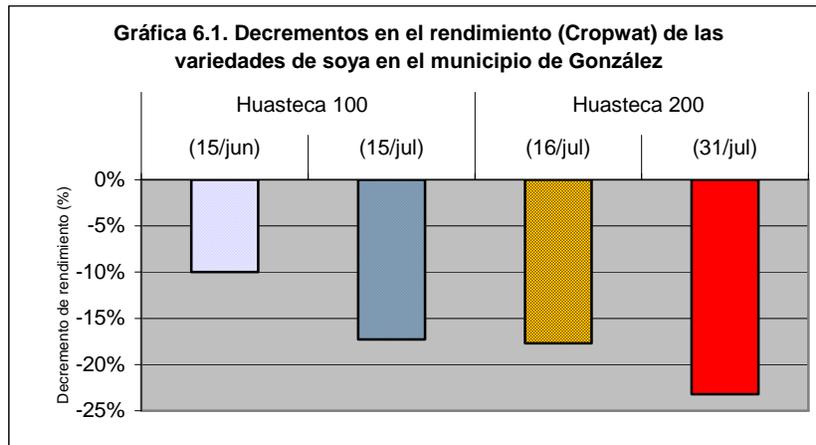
6.3.1 Resultados de los escenarios

6.3.1.A. Escenario base

El escenario base (Gráfica 6.1), la afectación ocurrida por la variabilidad climática en las variedades de soya para la Huasteca 100, corresponde a las siembras tempranas, se presenta un decremento del rendimiento del -10% el 15 junio, mientras para el 15 de julio éste es de -17.30%; es decir, conforme se atrasen las fechas de siembra la variación en el decremento del rendimiento será mayor.

La variedad de la Huasteca 200, con siembras tardías desde el 16 de julio, presenta un decremento de un -17.70%, mientras que para el caso del 31 de julio éste es de un -23.20%.

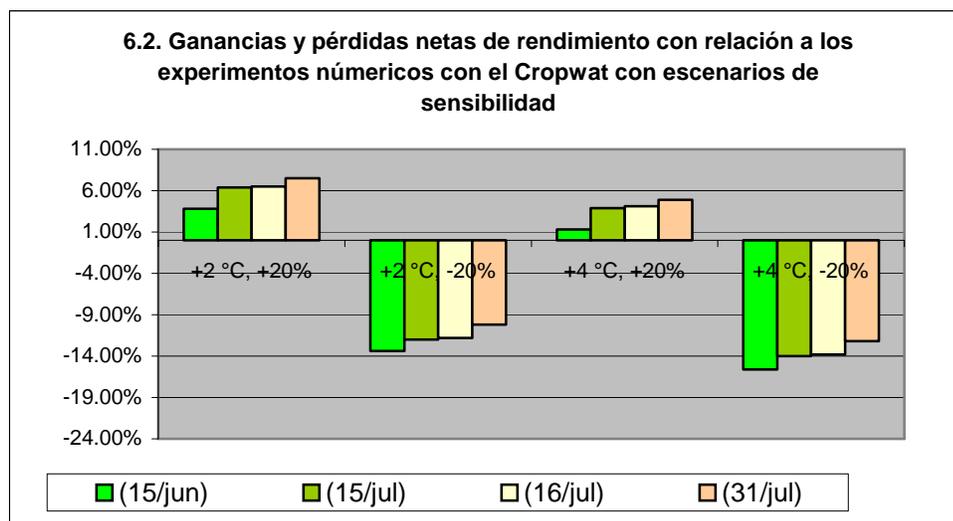
Se observa en la soya que depende del inicio de la temporada de lluvia y de la intensidad de las mismas para el desarrollo del cultivo. Si se siembra a tiempo, como se observa en las siembras tempranas, el rendimiento presentaría un menor grado de impacto, en cambio si se retrasan las fechas de siembra en la soya, el impacto es mayor, con más pérdidas en la producción.



6.3.1.B. Escenarios de sensibilidad

Con respecto a los escenarios hipotéticos de sensibilidad, en la Gráfica 6.2 se puede mencionar que son favorables aquellos que presentaron aumentos en temperatura, así como en la precipitación. Incluso se observa que sus decrementos son menores en el rendimiento de soya, principalmente en las fechas que corresponden a las siembras tempranas, la producción sería alta.

El escenario de sensibilidad más favorable es el que presenta $+2^{\circ} C$ en temperatura, $+20\%$ en *pcp*, con decrementos de rendimiento para la Huasteca 100 de -6.20% (15 junio) (Gráfica 6.2) al obtener una ganancia de 3.8% significaría una mejoría con respecto al escenario base y -10.90% (15 julio) con ganancia de 6.4% y la Huasteca 200 de -11.20%



(16 julio) y -15.70% (31 julio), con una ganancia de 7.50% con respecto al escenario base.

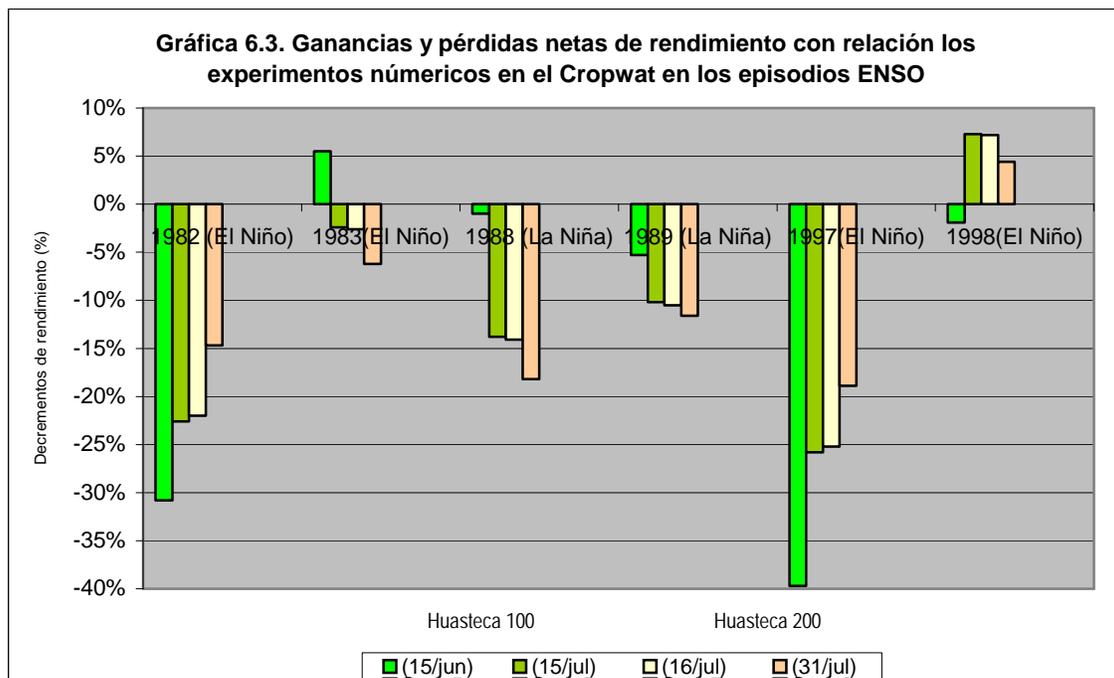
El siguiente escenario es el de $+4^{\circ} C$ en temperatura, $+20\%$ en pcp, con decrementos para la Huasteca 100 de -8.70% (15 junio), con ganancia de 1.3% respecto al escenario base y el 15 julio la ganancia fue de 3.9% para las siembras tempranas y la Huasteca 200 presentó ganancias netas de 4.10% y 4.90% en las siembras tardías. En las siembras tempranas se obtendrían altos rendimientos, principalmente el 15 de junio, siempre y cuando se presentaran las condiciones como los que señala este escenario. En lo que respecta a los escenarios de sensibilidad de $+2^{\circ} C$ en la temperatura, -20% pcp y $+4^{\circ} C$ temperatura, -20% en pcp. Se observan desventajas para la soya y se refleja con rendimientos bajos. Es decir que en el escenario $+2^{\circ} C$, -20% pcp, las variaciones para la Huasteca 100 se presentaron pérdidas con respecto al escenario base de -13.40% (15 junio) y -12% (15 julio) y en la Huasteca 200 es de -11.80% (16 julio) y -10.20% (31 julio), respectivamente. Para el caso de $+4^{\circ} C$, -20% en pcp las pérdidas fueron mayores que el escenario anterior de -15.60% (15 de junio) hasta los -12.20% (31 julio). Todos estos decrementos son mayores que la reportada en el escenario base, es decir, se observan mayores pérdidas durante la siembra temprana, mientras que en la siembra tardía (Gráfica 6.2) se observan menores pérdidas con respecto al escenario base.

Las variaciones de temperatura y precipitación son elementos fundamentales para la agricultura. Al presentarse un cambio climático que apuntara al aumento de temperatura y al decremento en la precipitación, se tendría el escenario más desfavorable para el cultivo de la soya en la región, al no presentar altos rendimientos en las siembras tempranas. Estos escenarios de sensibilidad son suposiciones climáticas (presentando variaciones en la temperatura y precipitación) con respecto a las condiciones presentadas en el escenario base y en donde no se contemplan las anomalías climáticas, como son los eventos ENSO. Sin embargo, nos permiten evaluar la sensibilidad del cultivo a las variaciones en temperatura y precipitación, indicando los posibles umbrales de tolerancia del cultivo en la región de estudio.

6.3.1.C. Episodios ENSO

En el año 1982 el fenómeno El Niño causó altas temperaturas y disminución en la precipitación en la P-V. Se observa en la Gráfica 6.3 cómo esas condiciones repercutieron en el rendimiento de las siembras tempranas: en la variedad Huasteca 100 el modelo reporta pérdidas de -30.80% y -22.60%, mientras que para la Huasteca 200 se obtuvieron pérdidas entre -22% y -14.70%.

En el año de 1983, la variedad de la Huasteca 100 presenta una ganancia de 5.50%, si se siembra el 15 de junio, lo que representó mejores rendimientos en el municipio de González en la siembra temprana. En contraste, para la siembra del 15 de julio se obtiene pérdidas de -2.40%, y en las siembras tardías de la Huasteca 200 se registraron valores entre -2.60% y -6.20%.

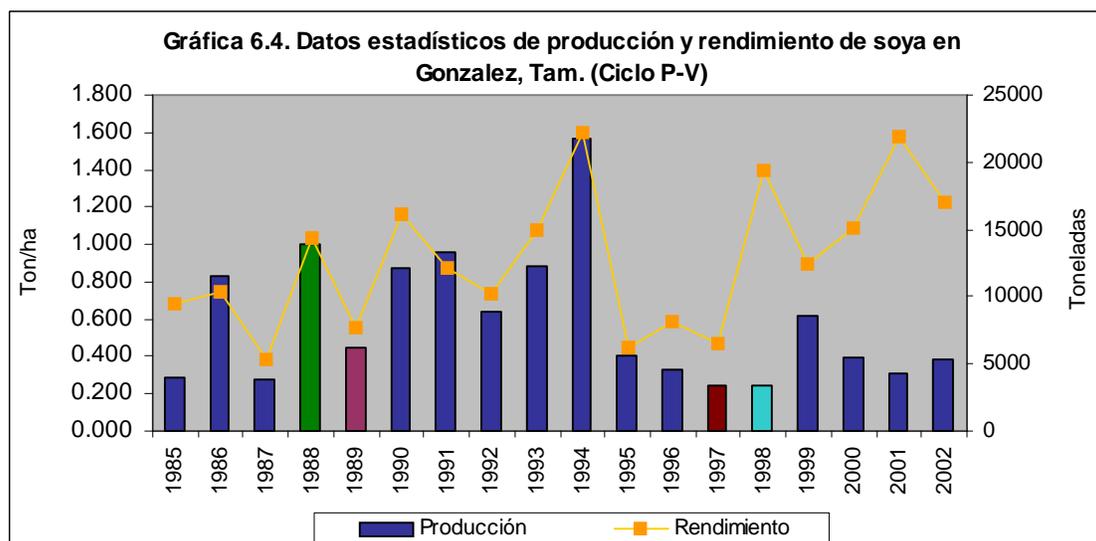


En conclusión, El Niño tuvo mayor impacto en 1982 con pérdidas mayores en el ciclo P-V, provocando pérdidas del cultivo de soya en ese año, debido a la disminución de la precipitación. En 1983 se presentaron condiciones menos desfavorables en las siembras tempranas, lo que representaría una mejora del 5.5% con respecto al escenario base.

Durante El Niño de 1997 se observaron altas temperaturas (Gráfica 5.11 *capítulo 5*) y precipitaciones intensas en el mes de abril y mayo, aunque durante el verano disminuyeron significativamente. Se observan en la Gráfica 6.3 pérdidas significativas en el primer año de El Niño en el cultivo de soya, oscilando con -40% (15 junio) a -18.90% (31 julio) respectivamente. Así, durante el ciclo P-V las condiciones climáticas fueron adversas para la soya, sufriendo pérdidas del cultivo por las prolongadas sequías, (como se muestra en la Gráfica 6.4 y Gráfica 5.9 del *capítulo 5*) los datos de producción fueron bajos 3 329 ton, por lo que el rendimiento fue de 0.470 ton/ha para este año.

En el segundo año de El Niño, en 1998 (Gráfica 6.3) se observan pérdidas únicamente en la primer fecha de siembra con -1.90% (15 junio) con respecto al escenario base, mientras en las siguientes fechas de siembra se observan ganancias que van de los 7.30% (15 julio) a los 4.40% (31 julio), obteniendo un rendimiento de 1.400 ton/ha (Gráfica 6.4).

En lo que respecta al fenómeno de El Niño, los mayores impactos en la agricultura de temporal para el cultivo de soya se presentó durante el primer año, con condiciones de variabilidad en la precipitación, y aumentos de temperatura que originaron sequías prolongadas y por lo tanto las pérdidas del cultivo de soya fueron mayores. Mientras en el segundo año de El Niño, el fenómeno tendió a disminuir sus variaciones climáticas, permitiendo obtener ganancias en la producción de la soya.



Fuente: Distrito de Desarrollo Rural No. 162 "González". Estadística agrícola del cultivo de la soya.

Para el caso de La Niña, durante su primer año en 1988 se dieron variaciones en la temperatura (disminución durante la P-V) y la precipitación (aumento en parte del verano y otoño). En la Gráfica 6.4 se observa una producción de 13 905 ton y el rendimiento de 1.033 ton/ha para la soya, mientras que en la gráfica 6.3 se muestran decrementos de – 1% con respecto al escenario base el 15 de junio en la Huasteca 100 y en lo que respecta a las fechas de siembra posteriores tienden a ser mayores las pérdidas con –13.80% (15 julio), hasta los –18.20% el 31 julio.

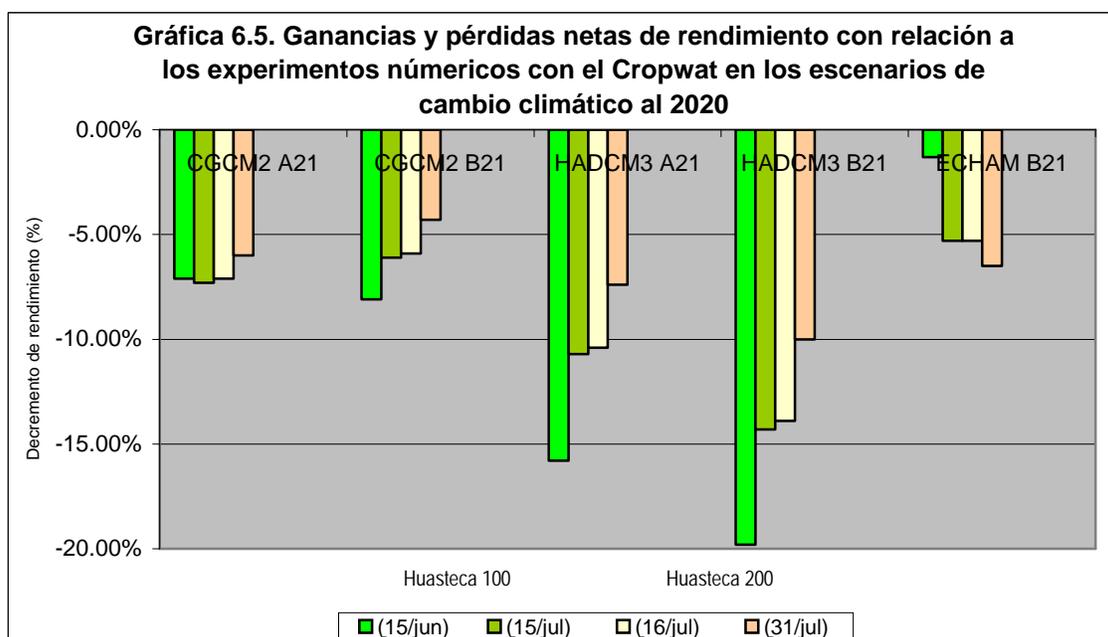
El segundo año de La Niña, se presentaron una disminución de la precipitación (excepto agosto), en la Gráfica 6.3 se observa pérdidas de –5.30% (15 junio) llegando hasta los –11.60% (31 julio) con respecto al escenario base.

El fenómeno de La Niña en 1988 presentó pérdidas con respecto al escenario base, las cuales fueron mayores en fechas posteriores del 15 de junio, sin embargo el rendimiento fue alto, esto se debió a que el requerimiento de agua del ciclo de la soya fue satisfactorio (*capítulo 5*), mientras en 1989 las pérdidas observadas, se presentaron desde las siembras tempranas, las causas fueron la disminución de las lluvias durante el ciclo P-V.

6.3.1.D. Escenarios de cambio climático al 2020

Los tres modelos de cambio climático, así como sus respectivos escenarios A21 y B21, presentan en la Gráfica 6.5 pérdidas con respecto al escenario base, pero no son significativas como las observadas en episodios ENSO, es decir que las condiciones climáticas para el 2020 son tolerables para el cultivo de soya en el municipio de González, como se muestra en el modelo ECHAM B21 con pérdidas menores de -1.30% (15 junio), y las pérdidas mayores fueron de -5.30% (15-16 julio) y -6.50% (31 julio), es modelo que presenta condiciones de precipitación positivas para el lugar.

El modelo HADCM3 B21 impactaría en el cultivo de soya, principalmente en las siembras tempranas con pérdidas de -19.80% (15 junio) y tiende a ser menor la pérdida en las siembras tardías con -10% (31 julio). Le seguiría el HADCM3 A21, en este caso las pérdidas son de -15.80% (15 junio) y con -7.40% (31 julio), esto es debido a la disminución de la precipitación durante el ciclo P-V.

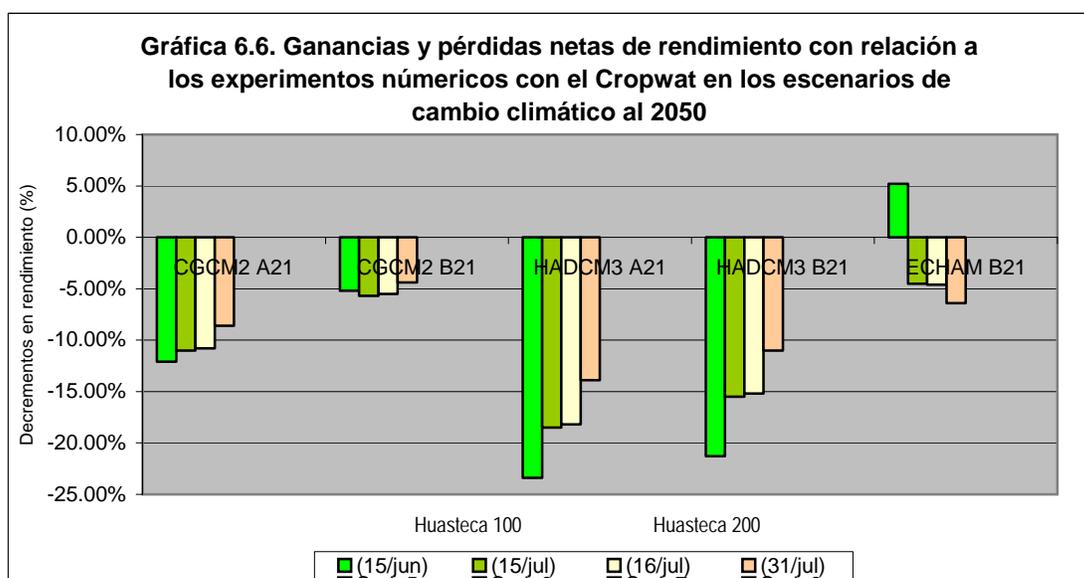


6.3.1.E. Escenarios de cambio climático al 2050

En el 2050 se pueden presentarse aumentos significativos en la temperatura máxima, llegando hasta los 39.1° C (agosto), mientras que el valor alto en la temperatura mínima llega a los 25° C. En lo que se refiere a la precipitación, habrá aumentos significativos en el verano (ECHAM4), e invierno (HADCM3, ECHAM4) y el otoño (CGCM2, ECHAM4).

En este horizonte, se observa una proyección similar a la del 2020, es decir el modelo ECHAM B21 es el más favorable en cuanto a las condiciones climáticas para el cultivo (Gráfica 6.6), con la diferencia que muestra una ganancia del 5.20% el 15 junio, mientras en las subsecuentes fechas de siembra se observan pérdidas de -4.50% (15 julio) y 4.60% (16 julio), así de 6.40% (31 de agosto).

Mientras el modelo HADCM3 A21 y B21, tiende a ser el más negativo para el cultivo de soya, esto debido al aumento de las temperaturas máximas y mínimas (ver capítulo 5), sus pérdidas son mayores en las siembras tempranas, para el 15 julio con -23.40% (A21) y -21.30% (B21), superando las pérdidas registradas en el 2020 en la misma fecha de siembra, y así respectivamente en las subsecuentes fechas, las pérdidas son superiores en comparación al 2020.



CONCLUSIONES

En esta tesis se analizan los posibles efectos del cambio y la variabilidad climáticos en el cultivo de la soya en el municipio de González, que corresponde a la región sur del estado de Tamaulipas.

Para realizar esa evaluación se utilizó el modelo Cropwat, que demostró ser útil para analizar los impactos de los fenómenos de El Niño y La Niña, así como establecer los umbrales climáticos críticos (sensibilidad) del cultivo en la soya en la región de estudio.

En particular, se obtuvieron los siguientes resultados del cultivo de soya en el ciclo primavera-verano con respecto a la zona de estudio (Municipio de González). En primer lugar se analizó los escenarios de sensibilidad, los cuales arrojaron ganancias en el rendimiento de la soya principalmente en los casos que mostraron aumento en la precipitación, por lo tanto las condiciones climáticas le serían favorables en las distintas etapas de desarrollo de la planta de soya.

En segundo lugar se analizaron los escenarios analógicos, es decir los episodios ENSO que acontecieron en el municipio de González, y que afectaron a nivel global. El fenómeno de El Niño ocurridos en 1982-83 y 1997-98 presentó impactos negativos que conllevaron a pérdidas significativas en el cultivo de soya. Los problemas que se presentaron en el municipio se debieron a altas temperaturas y a la disminución de las precipitaciones durante el ciclo primavera-verano, traduciéndose en sequías extremas y prolongadas. Las mayores pérdidas en el rendimiento se registran el 15 de junio con -30.80% (1982) a -39.70% (1997), debido a que las lluvias disminuyeron la intensidad con respecto al escenario base, de la cual depende la planta para su desarrollo y la regulación de la temperatura.

Con el fenómeno de La Niña, las condiciones climáticas cambiaron, precipitaciones intensas por arriba del escenario base, los resultados obtenidos de los experimentos del Cropwat fueron positivos en las siembras tempranas y con pérdidas menores en el rendimiento, en comparación con los casos de el fenómeno de El Niño, mientras que en las siembras tardías se mostraron pérdidas de rendimiento mayores de -13.80% (15 julio,

1988) hasta los -18.20% (31 julio, 1988) con respecto al escenario base. Por lo tanto los efectos de variabilidad climática originados por los episodios ENSO tuvieron impactos negativos en El Niño por las variaciones en la precipitación y aumentos de temperaturas, y en lo referente a La Niña presentó aumento en la precipitación en la primavera-verano y variaciones en la temperatura, obteniendo impactos positivos en el cultivo de soya.

Por último se analizaron los escenarios de cambio climático con horizontes para el 2020 y 2050, los tres modelos utilizados en este trabajo fueron CGCM2, HADCM3 y ECHAM4, en donde se observó que el modelo más aceptable fue el ECHAM4, con el escenario de emisión B21, el cual enfatiza a una población que aumenta progresivamente, con cambio tecnológico menos rápido y diverso, así como un desarrollo económico intermedio. El cultivo de soya podría ser más tolerable a las condiciones climáticas en el 2020 y con respecto al 2050 en el municipio de González, obtuvo una menor pérdida de rendimiento y ganancia (en el 2050) en las siembras tempranas con el modelo ECHAM4, y en las siembras tardías el modelo CGCM2 B21. Y por lo tanto ambas variedades de soya (Huasteca 100 y 200) serían tolerables a las condiciones climáticas futuras, que presentaron los modelos ECHAM4 B21 y CGCM2 B21.

Las pérdidas de rendimiento más significativas se presentaron utilizando el modelo HADCM3 con ambos escenarios, es decir que el cultivo de soya no se adaptaría a las condiciones proyectadas en el Cropwat, debido a que las condiciones climáticas en el 2020 y 2050 presentarían aumentos de temperatura y disminución de la precipitación significativas en la zona de estudio, principalmente en el ciclo primavera-verano, obteniendo pérdidas en el rendimiento que superan por mucho al escenario base.

Finalmente, es necesario aclarar que los impactos por cambio y variabilidad climáticos descritos en esta tesis son “potenciales”, esto es, ocurrirían si no se aplicaran medidas de adaptación, que redujeran esos impactos potenciales. Por otra parte, estos impactos podrían verse incrementados si las políticas agrícolas en el futuro estuvieran orientadas a reducir los apoyos económicos o de asistencia técnica a la agricultura de temporal, o que favorecieran a la importación de granos por encima de la producción nacional. La interacción entre esos factores no climáticos con los factores climáticos aquí descritos, puede ser objeto de una investigación futura.

**EFFECTOS DEL CAMBIO Y VARIABILIDAD CLIMÁTICOS EN EL CULTIVO DE SOYA (*Glycine max (L.)*) EN EL
MUNICIPIO DE GONZÁLEZ, TAMAULIPAS**

Por lo tanto el cultivo de soya se ha visto afectado por las cuestiones de variabilidad climática principalmente por el evento ENSO, el impacto llegará a ser positivo o negativo conforme se tomen las medidas de adaptación adecuadas a las presentes condiciones climáticas del lugar, así como las cuestiones económicas, sociales y tecnológicas del municipio permitirán mitigar los problemas que se lleguen a presentar de variabilidad climática. Y con respecto a las condiciones de cambio climático se presentaran aumentos de temperatura que son tolerables al cultivo de soya, sin embargo en cuanto al elemento de la precipitación resulta ser afectado al disminuir la intensidad, provocando que el cultivo se adapta a los nuevos escenarios de cambio climático.

REFERENCIAS

- Adams, R. M., Houston, L. L., McCarl, B. A., Tiscareño L., Matus G. J., Weiher, R. F. 2002. The Benefits to Mexican Agriculture of an El Niño-Southern Oscillation (ENSO) Early Warning System. Elsevier Science
- Andrade, A. E. 1973. El Cultivo de la soya en el Valle del Fuerte, Sin. INIA, SAG. Hija Divulgada CIAS No.9.
- Barreras V. A. 1976. Evaluación de pérdidas en la cosecha de soya. Campo agrícola experimental, CD. Delicias, Chihuahua. México. CIANE, INIA, SAG.
- Bravo, J.L., Gay C., Conde, C., Estrada, F. 2006. Probabilistic Description of Rains and ENSO Phenomenon in Coffee Farm Area in Veracruz, México. Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM. Vol. 19(3)
- Castillo, F. E., Castellvi S. F. 1996. Agrometeorología. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España.
- Cerne, Vasili, Sintés, J. 1975. Su cultivo, su excepcional valor nutritivo y sus virtudes dietéticas y curativas. Barcelona, España.
- Chapman, S., R., Carter, L. P. 1976. Producción agrícola. Zaragoza, España. Pp. 350-362.
- Conde C. 2003. Cambio y variabilidad climáticos: dos estudios de caso en México. Tesis de doctorado. Doctorado en Ciencias de la Tierra. Centro de Ciencias de la Atmósfera. UNAM.
- Conde C., R. M. Ferrer, R. Araujo, C. Gay, V. Magaña, J. L. Pérez, T. Morales, S. Orozco. 1999. El Niño y el clima. En: Magaña, V. (editor). Los Impactos de El Niño en México. México. UNAM, IAI; SG.. (<http://ccaunam.atmosfcu.unam.mx/cambio/nino.htm>).
- Conde, C., D. Liverman, M. Flores, R. Ferrer, R. Araujo, E. Betancourt, G. Villarreal, C. Gay. 1997. Vulnerability of rainfed maize crops in Mexico to climate change. Climate Research. 9: 17 - 23.
- Conde, C., V. Magaña, R.M. Ferrer. 1999. On the use of climate forecast on the planning of agricultural activities in the state of Tlaxcala, Mexico. Artículo presentado en la 11^{va} Conferencia sobre climatología Aplicada. Enero 10 - 15. Dallas, Texas.
- Conde, C. 2005. El clima del sur de Tamaulipas: Aspectos generales. Presentación en el Taller final del proyecto AIACC LA29 en Tamaulipas. 6 de mayo, 2005. Universidad Autónoma de Tamaulipas.
- Conde, C., R. Ferrer, S. Orozco. 2006. Climate change and climate Variability impacts on rainfed agricultural activities and possible adaptation measures. A Mexican case study. Atmósfera 19(3): 181-194.

C. Gay, Conde C., M. Vinocur, R. Seiler, H. Eakin. 2006. Reporte FINAL AIACC. Enviado a la dirección de AIACC (CD y versión impresa) Junio, 2006. 239 pp. (Disponible en <http://www.aiaccproject.org>).

Compendio de Enfermedades de la Soja. 1980. Sociedad Fitopatologica Norteamericana, Asociación Norteamericana de Soja, Programa Internacional de Soja, Universidad de Illinois. Buenos Aires Argentina.

Díaz, C. H, León, G. J. P., García, J. L., González, L. A., Velásquez, O., Piedra, S. 1978. Observaciones sobre el cultivo de la soya informe científico-técnico No.77. Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical, de la Academia de Ciencias de Cuba.

Fundación Produce Chiapas A.C. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Chipas. 2003. Programa estratégico de necesidades de investigación y transferencia de tecnología del estado de Chiapas. Cadena agroalimentaria de la soya.

Fuentes Yangüe, J. L. 1998. Botánica agrícola. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España. Pp. 205

García L.A., W Fernández, T. Rivas. 2003. Aspectos generales de la canícula y sus impactos en el salvador. En: Top. Meteorológica Oceanográfica. 10 (2): 63-68.

Gay, Carlos. (compilador). 2000. México: Una Visión hacia el siglo XXI, El Cambio Climático en México. Resultados de los Estudios de Vulnerabilidad del País, Coordinados por el INE con el Apoyo del U.S. Country Studies Program. SEMARNAP, UNAM. USCSP. Pp. 220.

Gay, Carlos (PI), R. Seiller, C. Conde, H. Eakin, M. Vinocur, *et al.* 2002. Proyecto "Integrated Assessment of Social Vulnerability and Adaptation to Climate Variability and Change Among Farmers in Mexico and Argentina" aprobado por UNDP-GEF.

Gay, Carlos (PI), R. Seiller, C. Conde, H. Eakin, M. Vinocur, *et al.* 2006. Reporte final. "Integrated Assessment of Social Vulnerability and Adaptation to Climate Variability and Change Among Farmers in Mexico and Argentina". (disponible en <http://aiaccproject.org/>)

Havard-Duclos, B. 1975. Las Plantas Forrajeras Tropicales. Barcelona, España. Pp. 191-193

Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. 1975. El Cultivo de la soya en México. México. Pp. 14.

INIFAP, Centro de Investigación Regional del Noreste, Campo Experimental Sur de Tamaulipas (CESTAM). 1996. Memorias de Investigación del Campo Experimental Sur de Tamaulipas. Publicación Especial No. 1. Pp. 54-61

INIFAP, Centro de Investigación Regional del Noreste, Campo Experimental Sur de Tamaulipas (CESTAM). 1997. Guía para cultivar soya de sembrar en el sur de Tamaulipas.

INIFAP, Centro de Investigación Regional del Noreste, Campo Experimental Ébano. 2001. Guía para cultivar soya en la Planicie Huasteca Potosina. Folleto para Productores No. 3.

INIFAP, Centro de Investigación Regional del Noreste, Campo Experimental sur de Tamaulipas (CESTAM). 2005. Paquetes Tecnológicos para la Producción Agrícola en el sur de Tamaulipas, ciclo primavera-verano 2005.

IPCC-WGI 2007 (Intergovernmental Panel on Climate Change, Working Group I). Working Group I Contribution to the Intergovernmental Panel on Climate Change Fourth Assessment Report Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers. 23 pp.

IPCC, 2007: Summary for Policymakers. In: 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, 7-22 pp.

IPCC. Escenario de Emisiones. 2000. Informe Especial del Grupo del Trabajo III del Grupo de Expertos sobre el Cambio Climático. Nebojs̃a Nakicenovic, y el Instituto Internacional para el Análisis de Sistemas Aplicados (IIASA) de Laxenburg, Austria.

IPCC. Climate Change 2007: The Physical Science Basis

IPCC. WGII. Contribution to the on Climate Change. Fourth Assessment Report. 2007. Climate Change Impacts and Vulnerability.

Jáuregui E. y A. Tejeda. 2000. Un escenario de las condiciones bioclimáticas en la Ciudad de México para una duplicación de la concentración de CO₂. En: México: Una Visión hacia el siglo XXI. El Cambio Climático en México. Resultados de los Estudios de Vulnerabilidad del País, Coordinados por el INE con el Apoyo del U.S. Country Studies Program. C. Gay (compilador). SEMARNAP, UNAM, USCSP. Pp. 145-159.

Liverman, D. 1990. Drought Impacts in Mexico: Climate, Agriculture, Technology, and Land Tenure in Sonora and Puebla. *Annals of the Association of American Geographers*. 80: 49-72

Liverman, D. 1992. The regional impacts of global warming in Mexico: uncertainty, vulnerability and response. *In* J. Schmandt and J. Clarkson (ed.) *The Regional and Global Warming*, New York: Oxford University Press. Pp. 44 – 68.

Magaña V., C. Conde. O. Sánchez and C. Gay 2000. Evaluación de escenarios regionales de clima actual y de cambio climático futuro para México. México: Una visión en el siglo XXI. El cambio climático en México. Public. Programa Universitario de Medio Ambiente (PUMA), Primera edición. México, D.F. Pp. 1-24.

Magaña V. y T. Morales. 1998. Variabilidad Climática y Agricultura en México. En: *Claridades Agropecuarias*. Número 57. Pp: 32 –39.

Magaña, V. (ed.). 1999. Los Impactos del Niño en México. UNAM/CONACYT.SG/IAI. Pp. 229. (<http://ccaunam.atmosfcu.unam.mx/cambio/nino.htm>).

Maldonado Moreno, Nicolás. 1994. Huasteca 100 y Huasteca 200 Nuevas Variedades de soya para el sur de Tamaulipas. INIFAP, Centro de Investigación Regional del Noreste, Campo Experimental Sur de Tamaulipas (CESTAM). Folleto Técnico No. 9.

Meier, Helmut M.E. 1978. Enciclopedia sistemática agropecuaria. Plantas, cultivos, cosechas. Barcelona, España. Pp. 328-330.

Medina Barrios, M.P. 1995. Metodología para obtener índices agroclimáticos. Tesis de licenciatura (Geografía). Facultad de Filosofía y Letras. UNAM.

Ministerio de Agricultura. 1973. La Soja. 2da edición. Dirección General de la Producción Agraria, Madrid.

Nakicenovic, N., J. Alcamo, G. Davis, B. de Vries, J. Fenhann, S. Gaffin, K. Gregory, A. Grübler, T. Y. Jung, T. Kram, E. L. La Rovere, L. Michaelis, S. Mori, T. Morita, W. Pepper, H. Pitcher, L. Price, K. Riahi, A. Roehrl, H.-H. Rogner, A. Sankovski, M. Schlesinger, P. Shukla, S. Smith, R. Swart, S. van Rooijen, N. Victor, Z. Dadi, 2000. Special Report on Emissions Scenarios: A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. Cambridge. 599 pp.

Pecina, Q. V., Maldonado H. L., Maldonado M. N., Simpson, J., Martínez de la Vega, O., Gil, V. K. 2005. Diversidad Genética en soya del Trópico húmedo de México seterminada con marcadores AFLP. INIFAP, Campo Experimental Río Bravo. Revista de Fitotecnia. Volumen 28.

Reding, P.J., 1992: The Central American cold surge: An observational analysis of the deep south-ward penetration of North American cold fronts. M.S. thesis, Dept. of Meteorology, Texas A&M University. 177 pp

Ruiz, C. J. A., Medina, G. Guillermo., González, A. I.J., Ortiz, T. C., Flores, L. H. E. Diciembre 1999. Requerimientos agro ecológicos de cultivos. INIFAP, SAGAR, Instituto de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro. Libro Técnico No.3 Pp: 259-262.

SAGARPA. Boletín de variedades recomendadas de los principales cultivos con indicaciones para las épocas de siembra y cosecha ciclo primavera-verano 2003.

Sánchez, D. S. 1998. Producción de leguminosas de grano. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma de Chapingo (UACH). Pp: 1-3.

Sánchez, M. M. 2006. Posibles impactos del cambio y variabilidad climáticos en la producción de cacahuate (*Arachis hypogaea L.*) en el Municipio de Huaquechula, Puebla. Tesis de licenciatura (Biólogo). Facultad de Ciencias. UNAM.

Sigona, T J. 1975. La situación actual de la soya en México y su tendencia. Tesis de Licenciatura (Químico Farmacéutico Biólogo). Facultad de Química. UNAM.

Silva, S. M. M., Hess Martínez, L. Junio de 2001. Caracterización del clima en el norte de Tamaulipas y su relación con la agricultura. SAGARPA, INIFAP, CIRNE. Campo Experimental Río Bravo, Tamaulipas, México. (Publicación Técnica No.1).

Smit, B., Pilifosova, O., *et al.* 2001. Adaptation to Climate Change in the Context of Sustainable Development and Equity. Chapter 18. IPCC, WGII. 2001. Climate Change 2001. Impacts, Adaptation and Vulnerability. J. J. McCarthy, O. F. Canziani, N. A. Leary, F. J. Dokken, K.S. White (eds.). Cambridge University Press.

Smith, M. 1993. CROPWAT. Programa de ordenador para planificar y manejar el riego. Estudio FAO riego y drenaje n°46. Roma, Italia. Pp. 133.

Stephen R. Chapman, Carter, Lark P. 1976. Producción agrícola. España. Pp. 351-362

Trujillo, T.R., Granados, R. R., Gómez, R. G. 2007. Sequía intraestival en México: mayor distribución espacial y menor intensidad. Instituto de Geografía. UNAM.

Velásquez A., M. Velásquez C., M., Sevilla P., E. Composición química y calidad fisiológica de la semilla en seis variedades de soya [*Glycine max* (L.) Merrill]. CESTAM.

Venturi, G., Amaducci, M.T. 1988. La soja. Madrid, España.

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

CONABIO

<http://www.conabio.org.mx>

CNA

<http://smn.cna.gob.mx/ciclones/historia/historia70-06.pdf>

Distrito de Desarrollo Rural No. 162 "González". Estadística Agrícola del Cultivo de la Soya.

http://www.oeidrus-tamaulipas.gob.mx/cddr/ddrs/index.php?id_ddr=162&ddr=GONZALEZ
http://www.tml.sagarpa.gob.mx/ddr_162.htm

Fenómeno El Niño:

<http://www.fao.org/docrep/007/j3877s/j3877s07.htm>

<http://www.lacienciaentuescuola.amc.edu.mx/geografia/geo-esp6.htm>

<http://ccaunam.atmosfcu.unam.mx/cambio/nino.htm>

<http://www.cambioglobal.org/enso/informes/anho1/mexico/iv-como.htm>

<http://www.cdc.noaa.gov/~kew/MEI/>

FAO. (2001). Producción y Potencial Vegetal No. 24 "Datos agroclimáticos para América Latina y el Caribe".

<http://www.cazalac.org/datos.php>

<http://www.fao.org/ag/aql/aglw/cropwater/soybean.stm>

Gases de efecto invernadero (GEI):

<http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/GasesEfect.htm>

<http://www.atmosfera.cl/HTML/TEMAS/CALENTAMIENTO/calen2.HTM>

<http://www.lenntech.com/espanol/Efecto-invernadero/Escenarios-IPCC.htm>

Gobierno Municipal de González, 2005-2007.

<http://www.gonzalez.gob.mx/>

Instituto de Geografía

<http://www.igeograf.unam.mx/>

Modelos Climáticos Globales (MGCs)

<http://www.cics.uvic.ca/scenarios>

NOAA

<http://www.cdc.noaa.gov/~kew/MEI/>

IPCC

<http://www.ipcc.ch/>

Plan Municipal de Desarrollo 2005-2007. González, Tamaulipas.

http://www.tamaulipas.gob.mx/gobierno/secretarias/ejecutivo/stecnica/copladet/pdf/plan_municipal/gonzalez.pdf

SIAP Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera

http://www.siap.gob.mx/agricola_siap/icultivo/index.jsp

Trezza, Ricardo. Cropwat para Window.

http://webdelprofesor.ula.ve/nucleotrujillo/rtrezza/CROPWAT_MANUAL.pdf

Villarroel, D. A.; Oliveros, M. A.; Millán, A. J. Una alternativa a la floración prematura de la soya en el trópico. <http://www.ceniap.gov.ve/publica/divulga/fd54/soya.htm>

REFERENCIAS DE PUBLICACIONES

Revista de la Asociación Americana de Soya (ASA):

Kerntke, Ulrich. 1992. Soya: No sólo para Excéntricos. Asociación Americana de Soya (ASA). No. 231.

Erickson, David R., D. Ph. 1993. Historia de la Industria de la Soya en los Estados Unidos y la Asociación Americana de Soya. Asociación Americana de Soya (ASA). No. 232.

Smith, Keith, Thompson, James. 1994. Historia del Uso Industrial de Soya. Asociación Americana de Soya (ASA). No. 238. Pp. 1-4

Revista Claridades Agropecuarias:

Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Marzo 1994. Frijol Soya. Claridades Agropecuarias. No. 7. Pp. 1-8.

Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Abril 1994. Pasta y Harina de Soya. Claridades Agropecuarias. No. 8. Pp. 1-9.

Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Mayo 1994. Sorgo y Aceite de Soya. Claridades Agropecuarias. No. 9.

Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) Claridades Agropecuarias. Septiembre 1994. Cebada Frijol de Soya. No. 13.

Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Mayo 1997. Frijol Soya, Oleaginosa y Agua. Claridades Agropecuarias. No. 50.

Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Octubre 1998. Jitomate y Soya. Claridades Agropecuarias. No. 62.

Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Octubre 1999. ACERCA Resultados 1998. Claridades Agropecuarias. No. 74.

Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Abril 2000. ACERCA Resultados 1999. Claridades Agropecuarias. No. 80.

Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Enero 2001. Tabaco y Frijol Soya. Claridades Agropecuarias. No. 89.

Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Junio 2003. Programa de Apoyos Directos al Campo, Soya, Agua y Biotecnología. Claridades Agropecuarias. No. 118.