

CAMBIO CLIMÁTICO Y SUS EFECTOS EN EL POTENCIAL PRODUCTIVO DE CHILE EN EL NORTE CENTRO DE MÉXICO

Guillermo MEDINA GARCÍA
Jaime MENA COVARRUBIAS
Manuel REVELES HERNÁNDEZ
Francisco Guadalupe ECHAVARRÍA CHÁIREZ
José Ariel RUIZ CORRAL



SAGARPA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA,
GANADERÍA, DESARROLLO RURAL,
PESCA Y ALIMENTACIÓN



inifap

CENTRO DE INVESTIGACIÓN REGIONAL NORTE CENTRO
CAMPO EXPERIMENTAL ZACATECAS
Calera de V. R., Zacatecas. Diciembre de 2017
Folleto técnico No. 88.
ISBN: 978-607-37-0862-3

SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN

MTRO. JOSÉ EDUARDO CALZADA ROVIROSA
Secretario

MTRO. JORGE ARMANDO NARVÁEZ NARVÁEZ
Subsecretario de Agricultura

MTRO. RICARDO AGUILAR CASTILLO
Subsecretario de Alimentación y Competitividad

M. C. MELY ROMERO CELIS
Subsecretario de Desarrollo Rural

LIC. MARCELO LÓPEZ SÁNCHEZ
Oficial Mayor

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES, AGRÍCOLAS Y PECUARIAS

DR. RAFAEL AMBRIZ CERVANTES
Encargado del despacho de los asuntos correspondientes a la
Dirección general del INIFAP

DR. RAÚL GERARDO OBANDO RODRÍGUEZ
Coordinador de Investigación, Innovación y Vinculación

M. C. JORGE FAJARDO GUEL
Coordinador de Planeación y Desarrollo

MTRO. EDUARDO FRANCISCO BERTERAME BARQUÍN
Coordinador de Administración y Sistemas del INIFAP

CENTRO DE INVESTIGACIÓN REGIONAL NORTE CENTRO

DR. ARTURO DANIEL TIJERINA CHÁVEZ
Director Regional

DR. FRANCISCO JAVIER PASTOR LÓPEZ
Director de Investigación

ING. RICARDO CARRILLO MONSIVÁIS
Director de Administración

MC. RICARDO A. SÁNCHEZ GUTIÉRREZ
Director de Coordinación y Vinculación en Zacatecas

CAMBIO CLIMÁTICO Y SUS EFECTOS EN EL POTENCIAL PRODUCTIVO DE CHILE EN EL NORTE CENTRO DE MÉXICO

Guillermo MEDINA GARCÍA¹
Jaime MENA COVARRUBIAS¹
Manuel REVELES HERNÁNDEZ¹
Francisco Guadalupe ECHAVARRÍA CHÁIREZ¹
José Ariel RUIZ CORRAL²

¹Investigadores. Campo Experimental Zacatecas. INIFAP.

²Investigador. Campo Experimental Centro-Altos de Jalisco. INIFAP.

SAGARPA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA,
GANADERÍA, DESARROLLO RURAL,
PESCA Y ALIMENTACIÓN



inifap

CENTRO DE INVESTIGACIÓN REGIONAL NORTE CENTRO
CAMPO EXPERIMENTAL ZACATECAS

Calera de V. R., Zacatecas. Diciembre de 2017

Folleto técnico No. 88.

ISBN: 978-607-37-0862-3

CAMBIO CLIMÁTICO Y SUS EFECTOS EN EL POTENCIAL PRODUCTIVO DE CHILE EN EL NORTE CENTRO DE MÉXICO

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
Progreso No. 5
Barrio de Santa Catarina
Delegación Coyoacán
Ciudad de México, 04010
Tel. 01-800-088-2222

ISBN: 978-607-37-0862-3

No está permitida la reproducción total o parcial de esta publicación, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito de la Institución.

Primera edición 2017

CONTENIDO

	Página
INTRODUCCIÓN	1
CAMBIO CLIMÁTICO.....	2
FACTORES NATURALES Y ANTROPOGÉNICOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO.....	4
MODELOS DE CIRCULACIÓN GENERAL Y ESCENARIOS CLIMÁTICOS	9
CAMBIO CLIMÁTICO Y AGRICULTURA	12
EFFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL CULTIVO DE CHILE.....	14
POTENCIAL PRODUCTIVO Y CAMBIO CLIMÁTICO	16
METODOLOGÍA.....	17
RESULTADOS.....	19
ADAPTACIÓN Y MITIGACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO .	31
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	34
LITERATURA CITADA.....	36

CAMBIO CLIMÁTICO Y SUS EFECTOS EN EL POTENCIAL PRODUCTIVO DE CHILE EN EL NORTE CENTRO DE MÉXICO

INTRODUCCIÓN

El género *Capsicum* comprende más de 200 variedades de chile, agrupadas en más de 30 especies, de las cuales, cinco están domesticadas, y *Capsicum annuum* L. es la más conocida y de mayor importancia económica, ya que es la más ampliamente distribuida y utilizada a nivel mundial (Madhavi *et al.* 2016); esta especie agrupa a la mayoría de los tipos de chile cultivados en México, entre los que destacan: ancho, serrano, jalapeño, piquín, anaheim, morrón, mirasol, pasilla y mulato (Muñoz y Pinto, 1970; Pozo, 1981; Laborde y Pozo, 1984).

En México el cultivo del chile tiene una larga tradición cultural y es uno de los principales centros de origen y domesticación (Long, 1982; Laborde y Pozo 1984), tal como lo indican vestigios arqueológicos en donde se han encontrado semillas de forma ancestral en el valle de Tehuacán, Puebla, con una antigüedad de 8,500 años (Evans, 1993).

En México anualmente se siembran en promedio 97,306 ha (2010-2014) con chile bajo condiciones de riego en el ciclo de cultivo primavera-verano, la cual se realiza principalmente en los estados de Zacatecas 34.9%, Chihuahua 27.0%, San Luis Potosí 15.0%, Durango 5.2%, Guanajuato 3.7%, Jalisco 3.0% y

Aguascalientes 0.9%, más del 90% de la superficie nacional (SIACON, 2015). Estos estados se encuentran en la región Norte-Centro del país en lo que se conoce como Altiplano Mexicano y se cultivan principalmente las variedades de chile ancho, pasilla, mirasol o guajillo y puya, producidos principalmente como chile seco.

Sin embargo, la productividad del cultivo de chile es muy errática debido tanto a factores bióticos como abióticos que se presentan durante su desarrollo. Temperaturas extremas e inadecuadas y la disponibilidad de agua son dos de los factores de estrés abiótico dominantes en esta región productora de chile, que reducen drásticamente su crecimiento y producción.

Debido a lo anterior, es necesario conocer el efecto del calentamiento global en el cultivo de chile y tomar las medidas necesarias para su adaptación.

CAMBIO CLIMÁTICO

El Cambio Climático es la variación significativa del clima atribuible, directa o indirectamente a las actividades humanas, que alteran la composición de la atmósfera, la cual se suma a la variabilidad natural del clima (IPCC, 2014c).

La influencia humana en el sistema climático es clara, y las emisiones antropogénicas recientes de gases de efecto invernadero (GEI) son las más altas en la historia. Los cambios climáticos recientes han tenido impactos generalizados en sistemas humanos y naturales. El calentamiento del sistema climático es inequívoco, y desde la década de 1950, muchos de los cambios observados no tienen precedentes durante décadas o milenios (IPCC, 2014c).

La atmósfera y el océano se han calentado, las cantidades de nieve y hielo han disminuido, y el nivel del mar ha subido. Cada una de las últimas tres décadas ha sido sucesivamente más cálida, en la superficie de la Tierra, que cualquier década anterior desde 1850. El período de 1983 a 2012 fue probablemente el período más cálido de 30 años de los últimos 1,400 años en el hemisferio norte. Los datos combinados de la temperatura de la superficie terrestre y oceánica promediados globalmente calculados por una tendencia lineal muestran un calentamiento de 0.85 (0.65 a 1.06) °C durante el período de 1880 a 2012. (IPCC, 2014c).

El cambio climático global implica perturbaciones en la temperatura, en la precipitación, nubosidad y todos los elementos del sistema atmosférico. A nivel mundial es aceptado actualmente que el planeta Tierra está experimentando un fenómeno de calentamiento atmosférico

global. Con el cambio climático se espera que para el año 2050 la temperatura promedio de la tierra se incremente de 2 a 5°C, o más (IPCC, 2014c).

En México, como en la mayoría de los países del mundo, existe preocupación por el cambio climático y sus posibles impactos sobre el sector productivo primario. El Instituto Nacional de Ecología (INE, 2009) establece que, en el país, para el período 2010-2030 la temperatura media anual puede aumentar entre 0.5 y 1.3°C, del 2040 al 2060 de 1.3 a 2.3°C y del 2070 al 2090 de 2.5 a 3.5°C.

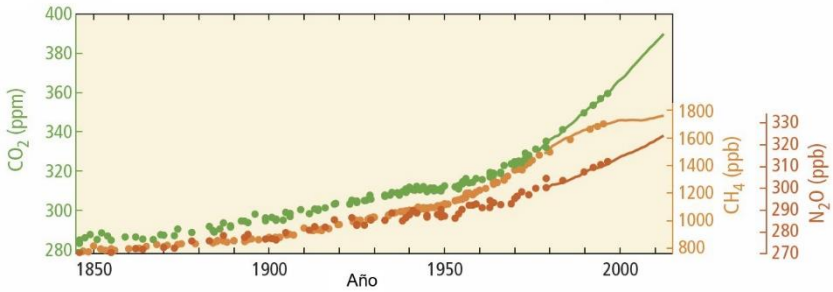
FACTORES NATURALES Y ANTROPOGÉNICOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

El clima en el planeta no ha sido siempre el mismo, durante miles y millones de años el clima ha experimentado muchos cambios y esos cambios se han debido a factores o causas naturales, entre las que se puede mencionar el movimiento de las placas tectónicas, los eventos volcánicos, las corrientes oceánicas, etc. El clima de la Tierra se ajusta de forma dinámica siguiendo un patrón propio de un ciclo natural. Sin embargo, este patrón lo conforma un complejo sistema en el que tienen que ver; la atmósfera, la tierra, el océano, el hielo, los organismos vivos, etc. Cualquier cambio en este sistema, ya sea de forma natural o inducido por las actividades del

hombre, produce un efecto: el cambio climático (Cambio climático, 2017).

Actualmente no se puede decir que las causas del cambio climático son naturales, sino que las emisiones causadas por el hombre están modificando de forma significativa las concentraciones de algunos gases en la atmósfera y algunos de estos gases están afectando al clima.

Las actividades humanas más importantes generan gases de efecto invernadero. Las emisiones comenzaron a incrementarse a partir de la década de 1880 debido a la Revolución Industrial y a los cambios en el uso de la tierra (Figura 1), a partir de la década de los 80's el incremento ha sido de manera espectacular debido a principalmente al incremento en el uso de combustibles fósiles. Muchas de las actividades asociadas con la emisión de gases son ahora esenciales para la economía mundial y forman una parte fundamental de la vida moderna.



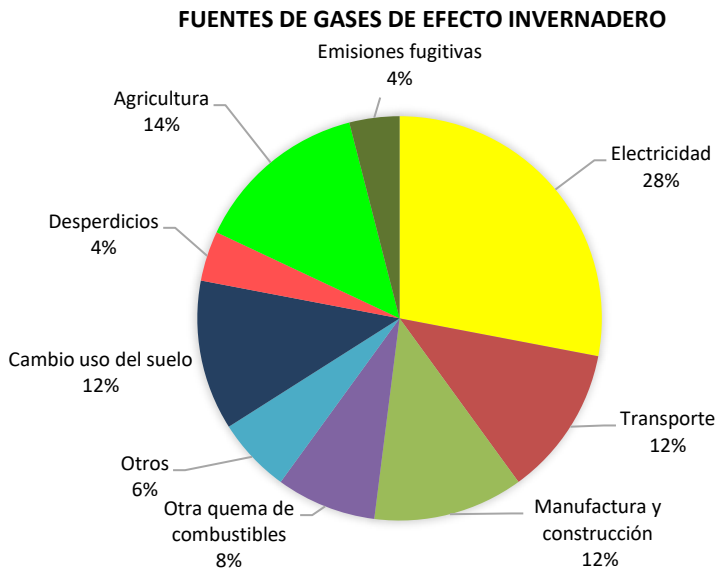
Fuente: IPCC, 2014c.

Figura 1. Concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero, dióxido de carbono (CO₂, verde), metano (CH₄, naranja) y óxido nitroso (N₂O, rojo).

El dióxido de carbono resultante de la combustión de combustibles fósiles es la principal fuente de emisiones de gases de efecto invernadero generadas por la actividad humana. El suministro y utilización de combustibles fósiles contribuye en aproximadamente 80% a las emisiones producidas por el hombre de dióxido de carbono (CO₂) y una significativa cantidad de metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O) (Figura 2). También genera otros gases como el monóxido de carbono (CO), que, aunque no sean gases de invernadero influyen en los ciclos químicos en la atmósfera que crean o destruyen otros gases de efecto invernadero como el ozono troposférico (FAO, 2015).

La mayoría de las emisiones asociadas con la utilización de energía se producen cuando se queman combustibles fósiles. El petróleo, el gas natural y el carbón (los cuales emiten la

mayor cantidad de carbono por unidad de energía suministrada) proporcionan la mayoría de la energía utilizada para producir electricidad, uso de automóviles, calefacción de hogares y suministro de energía a fábricas.



ODEPA, 2013.

Figura 2. Fuentes de gases de efecto invernadero.

El sector agropecuario y forestal también contribuye a la emisión de GEI. La deforestación es la segunda fuente principal de dióxido de carbono. Cuando se talan bosques para la agricultura o la urbanización, la mayor parte del carbono presente en los árboles que se queman o descomponen se escapa a la atmósfera (SAGARPA, 2017).

El segundo gas de efecto invernadero más importante después del dióxido de carbono es el metano producido por el ganado. La mayoría de las emisiones de metano relacionadas con la ganadería se generan por la fermentación intestinal de los alimentos causada por bacterias y otros microbios en los tractos digestivos de los animales; otra fuente es la descomposición del estiércol de los animales.

La utilización de fertilizantes incrementa las emisiones de óxido nitroso. El nitrógeno presente en muchos fertilizantes orgánicos y minerales, además del estiércol, acelera los procesos naturales de nitrificación y desnitrificación producidos por bacterias y otros microbios en el suelo. Dichos procesos convierten una parte del nitrógeno en óxido nitroso (Figura 3).

METANO (CH₄)	BIÓXIDO DE CARBONO (CO₂)	ÓXIDO NITROSO (N₂O)
<ul style="list-style-type: none"> • Digestión del ganado • Fermentación de estiércol • Cultivo de arroz • Desechos <p>El efecto invernadero del metano es 25 veces más potente que el CO₂*</p> <p>*En un periodo de 100 años</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Incendios forestales • Quemadas agrícolas • Deforestación y degradación del bosque • Cambio de uso del suelo (bosque a agostadero, etc.) • Uso de maquinaria agrícola y transporte • Erosión del suelo por lluvia, viento y prácticas agropecuarias. 	<p>Labranza tradicional</p> <p>Uso de fertilizantes</p> <p>El efecto invernadero del óxido nitroso es 298 veces más potente que el del CO₂*</p>

Figura 3. Fuentes de gases de efecto invernadero en el sector agropecuario y forestal (SAGARPA, 2017).

MODELOS DE CIRCULACIÓN GENERAL Y ESCENARIOS CLIMÁTICOS

Para estimar el impacto del cambio climático, se utilizan los Modelos de Circulación General (MCG), los cuales se basan en leyes fundamentales de la física y simulan una gran variedad de procesos que ocurren en la atmósfera, en un rango muy amplio de escalas espaciales y temporales (Conde y Gay, 2008).

A partir de los resultados de los MCG se hace uso de los métodos de reducción de escala para aplicarlos a nivel regional y local, ya que el clima está caracterizado por factores de gran escala y por características fisiográficas, como la topografía y uso del suelo.

Los escenarios climáticos son proyecciones del clima futuro que se utilizan para evaluar el cambio climático y el comportamiento de los sistemas medioambientales; sirven de base para la adopción de medidas adecuadas de adaptación y mitigación (reducción de emisiones).

Para entender el efecto de los GEI y aplicar posibles medidas de adaptación, el IPCC establece los escenarios de emisiones de referencia, en base a los cuales se realizan las proyecciones. Actualmente se utilizan los escenarios de *Trayectorias de Concentración Representativas* (RCP, por sus

siglas en inglés) presentados en el Informe de Cambio Climático 2014 (IPCC, 2014a). Los escenarios de emisiones parten de cuatro diferentes trayectorias representativas de concentración de gases de efecto invernadero, denominadas RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 6.0 y RCP 8.5, que describen las relaciones entre las principales fuerzas demográficas, económicas y tecnológicas que determinan las emisiones futuras de los gases de efecto invernadero.

Los escenarios están basados en el forzamiento radiativo que es la cantidad media de energía solar absorbida por metro cuadrado sobre la tierra, debido al efecto invernadero, y se mide en W/m^2 .

Más precisamente, puede definirse como la diferencia en el balance de energía que entra en la atmósfera y la cantidad que se devuelve al espacio en comparación con la situación preindustrial. El forzamiento radiativo total se determina tanto por el forzamiento positivo de los gases de efecto invernadero como por el forzamiento negativo de los aerosoles. El factor dominante es el forzamiento positivo del CO_2 . A medida que el forzamiento radiativo aumenta, la temperatura global aumenta. Sin embargo, la relación precisa entre estos factores no se conoce completamente.

RCP 2.6 es una trayectoria de emisiones bajas. Este RCP fue desarrollado por la Agencia de Evaluación Ambiental de Países Bajos. En este caso, el forzamiento radiativo se estabiliza en el año 2100. Para alcanzar tales niveles de forzamiento, se requerirán reducciones ambiciosas de las emisiones de gases de efecto invernadero.

RCP 4.5 es una trayectoria de emisiones intermedias. Fue desarrollado por el Laboratorio Nacional del Pacífico Noroeste en los EE.UU. El forzamiento radiativo se estabiliza poco después de año 2100, en concordancia con un futuro con la reducción de emisiones relativamente ambiciosos.

RCP 6.0 es una trayectoria de emisiones intermedias. Este RCP fue desarrollado por el Instituto Nacional de Estudios Ambientales de Japón. El forzamiento radiativo se estabiliza poco después del año 2100, lo cual es consistente con la aplicación de una gama de tecnologías y estrategias para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

RCP 8.5 es una trayectoria de altas emisiones. Es consistente con un futuro sin cambios en las políticas para reducir las emisiones. Fue desarrollado por el Instituto Internacional para el Análisis de Sistemas Aplicados en Austria y se caracteriza por el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero que conducen a las concentraciones de gases de

efecto invernadero de alta a través del tiempo (Van Vuuren *et al.*, 2011).

CAMBIO CLIMÁTICO Y AGRICULTURA

Actualmente el cambio climático representa uno de los principales problemas que enfrenta la agricultura, debido a las alteraciones que causa en los patrones climáticos y por tanto en la agroclimatología relacionada con el manejo de las actividades agrícolas. El incremento de temperatura causado por el aumento en la concentración de los GEI, propicia entre otras cosas la desecación de muchas regiones debido al aumento de la evaporación y de la modificación de los patrones de lluvia (Woodhouse *et al.*, 2010).

El clima y su variabilidad afectan a toda la economía, pero el sector agrícola tiene mayor vulnerabilidad. La agricultura está bien adaptada a las condiciones medias climáticas de un lugar, pero es sensible a la variabilidad climática, a los valores extremos y a los cambios en los valores medios. Este efecto varía, según el cultivo.

Por otra parte, como resultado del aumento de los GEI en la atmósfera, se tiene un incremento en la temperatura que puede tener efectos tanto positivos como negativos sobre el potencial productivo de los cultivos. Un aumento en la temperatura

acelera el proceso de madurez de los cultivos, reduce la duración del área foliar y con ello el requerimiento hídrico total a la madurez del cultivo, pudiendo afectar el rendimiento (Ojeda-Bustamante *et al.*, 2011).

El aumento de la temperatura también hará que aumente la gama de insectos dañinos para la agricultura e incrementará la capacidad de supervivencia de las plagas durante el invierno, las cuales dañarán los cultivos de primavera (Karuppaiah, y Sujayanad, 2012), de igual manera ocurre con las enfermedades y maleza, sin embargo, estos procesos fisiológicos varían de un año a otro, en respuesta a la variación climática.

De manera general, el principal factor que afecta los rendimientos y la productividad de la agricultura es la variación del clima, especialmente del régimen de lluvia y temperatura (IICA, 2015), lo cual puede tener las siguientes implicaciones:

- Se alteran los períodos secos y de lluvia.
- En algunas zonas llueve más y en otras menos de lo habitual.
- Algunas zonas agrícolas pierden la aptitud para cultivos que eran tradicionales.
- Otras zonas se hacen aptas para nuevos cultivos.

Se estima que el cambio climático afecta de manera paulatina y progresiva la producción agropecuaria, debido a los cambios en las condiciones agroecológicas que ocurren en las zonas de producción agrícola y ganadera. Tales cambios pueden transformar los habituales calendarios agrícolas, las zonas de cultivos (mapas de uso agrícola potencial) y, por ende, las prácticas de cultivo recomendadas.

EFFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL CULTIVO DE CHILE

La productividad del cultivo de chile es muy errática debido a factores bióticos y abióticos que se presentan durante el desarrollo del cultivo. Temperaturas extremas e inadecuadas y la disponibilidad de agua son dos de los factores de estrés abiótico dominantes que reducen drásticamente su crecimiento y producción (Taiz y Zeiger, 2006).

Para desarrollar las tecnologías que se requieren para superar los efectos limitantes del estrés abiótico sobre la productividad del cultivo de chile, se necesita entender los mecanismos de tolerancia de la planta, las fuentes de tolerancia y los métodos para incorporar esas cualidades a la planta de chile. Por lo tanto, un primer paso es conocer los rangos de temperatura que afectan los procesos fisiológicos de las plantas de chile. (Taiz y Zeiger, 2006).

La temperatura alta afecta varios aspectos de la fisiología y crecimiento de la planta de chile, los cuales a su vez pueden tener un efecto directo o indirecto en el amarre de fruto, y como consecuencia de ello, disminuir el rendimiento. El chile es originario de regiones tropicales y subtropicales de América Central y América del Sur, y requiere condiciones de temperatura cálida para su desarrollo, ya que su crecimiento óptimo está entre los 25 y 30°C (Madhavi *et al.* 2016); sin embargo, temperatura superior a los 32°C, o inferiores a los 15°C afectan una variedad de funciones fisiológicas, el crecimiento normalmente se retrasa y el rendimiento se reduce (Gunawardena y De Silva, 2014; Mercado *et al.* 1997); esta sensibilidad a temperaturas extremas es más marcada para los tipos de chile que se han seleccionado para regiones de cultivo templadas, como el Altiplano Mexicano, donde se produce chile seco, cuya temperatura óptima para su desarrollo está entre 18 y 28°C (Medina y Mena, 2016).

El factor más importante que determina la diferenciación de la flor es la temperatura ambiental, especialmente durante la noche (Bosland y Votava, 2000). La temperatura del aire también tiene un gran efecto sobre la formación del polen y su viabilidad; temperatura arriba de 30°C que se presenta 15 días antes de la polinización ocasiona esterilidad del polen (Cochran, 1938), y temperatura nocturna de $10 \pm 2^\circ\text{C}$ reduce el número y el porcentaje de germinación de los granos de polen

(Shaked *et al.* 2004). El mayor amarre de fruto ocurre cuando la temperatura del día y de la noche es entre 21 y 16°C, respectivamente. El rendimiento es alto cuando la temperatura del aire, en el día, durante el amarre de fruto, fluctúa entre los 18 y 32°C; los frutos no amarran cuando la temperatura durante el día es mayor de 32°C (Olaireweju, 1988; Aloni *et al.*, 1999). En general, la temperatura óptima para el amarre de frutos en chile dulce es de 22 a 26 °C durante el día y 15 a 18 °C durante la noche (Rylski y Spigelman, 1982).

Los cambios morfológicos visibles en plantas de chile expuestas a un estrés ambiental durante el período de floración y fructificación es la caída de botones florales, flores y frutos pequeños (Saha *et al.*, 2010). El amarre pobre de frutos se considera como una de las mayores barreras para la adaptación tropical del chile pimiento. Los estados de desarrollo de la flor y las primeras fases de llenado de la semilla del chile después de la polinización son más sensibles al estrés por calor (Erickson y Markhart, 2001).

POTENCIAL PRODUCTIVO Y CAMBIO CLIMÁTICO

El potencial productivo es la delimitación geográfica espacial de las áreas o zonas donde es factible realizar con mayor probabilidad de éxito, la producción de diferentes especies agrícolas, pecuarias o forestales sin deterioro del medio

ambiente (Medina *et al.*, 2009), sin embargo, en pocos cultivos se ha estudiado el efecto del cambio climático sobre las áreas con potencial productivo.

Dos de las variables climáticas que más afectan al potencial productivo de los cultivos son la temperatura y la precipitación, en el caso de los cultivos bajo condiciones de temporal. En escenarios climáticos futuros se encontró que las áreas con potencial productivo para frijol de temporal disminuirán en México debido principalmente al aumento de la temperatura (Medina *et al.*, 2016). Por otro lado, se sabe que las zonas con horas frío necesarias para cultivar durazno en el estado de Zacatecas disminuirán en el futuro (Medina *et al.*, 2014).

La estimación del potencial productivo se basa en los requerimientos agroecológicos de las especies (Medina *et al.*, 1997).

El objetivo de este estudio fue estimar el impacto del cambio climático en escenarios climáticos futuros, sobre el potencial de producción de chile de riego en el norte centro de México.

METODOLOGÍA

Se estimaron los escenarios climáticos futuros, para ello se utilizó la base de datos de anomalías mensuales de temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación

medias mensuales obtenidas de un modelo ensamble integrado por 11 MCG reducidos en escala y calibrados (Walton *et al.*, 2013) seleccionados para México para los RCP 4.5 y 8.5.

Se utilizó un RCP de emisiones intermedias (4.5) el cual es consistente con un futuro con reducciones de relativamente ambisiosas y un RCP de emisiones altas (8.5) que es coherente con un futuro sin cambios de política para reducir las emisiones (Van Vuuren *et al.*, 2011). Con estos escenarios se realizaron las proyecciones. Como climatología de referencia se utilizó el período 1981-2010.

Posteriormente, se tomó la climatología de referencia, sumándole algebraicamente las anomalías futuras resultantes del modelo ensamble. Se estimaron los valores de temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación mensuales para los años 2021 a 2080.

Con los datos mensuales se obtuvieron los correspondientes al ciclo de cultivo primavera-verano de esos años, para los escenarios climáticos 2021-2040, 2041-2060 y 2061-2080, en adelante referidas como climatologías o años 2030, 2050 y 2070 respectivamente.

Para la aplicación de los resultados de los MCG con reducción de escala, se utilizó la resolución de las imágenes de clima generadas por el INIFAP de 90 x 90 m, de tal manera que los resultados del potencial productivo tengan el detalle suficiente para aplicarlos en la toma de decisiones (Ruiz-Corral *et al.*, 2016).

Finalmente se estimó el potencial productivo, el cual se basa en los requerimientos agroecológicos de las especies (Medina *et al.*, 1997). En la obtención de las áreas con potencial productivo se utilizó la información de temperatura y precipitación del INIFAP, la información de uso del suelo serie 5 y edafología escala 1:250 000 de INEGI. Se obtuvieron las áreas con potencial productivo para el cultivo de chile bajo condiciones de riego en el ciclo primavera-verano para la climatología base y para los tres escenarios climáticos.

RESULTADOS

En el Cuadro 1 se presentan las superficies con potencial de producción de chile bajo condiciones de riego en el ciclo primavera-verano, en las condiciones climáticas actuales y para las climatologías 2030, 2050 y 2070, en dos rutas representativas de concentración de gases de efecto invernadero. La superficie potencial obtenida es independiente

del uso actual del suelo agrícola, es decir, no necesariamente esa superficie está disponible para sembrar chile de riego.

Cuadro 1. Superficie con potencial productivo alto y medio de chile de riego ciclo PV, bajo las condiciones climáticas actuales y en los escenarios climáticos futuros 2030, 2050 y 2070 en los RCP 4.5 y 8.5, en el norte centro de México.

RCP	ESCENARIO CLIMÁTICO	POTENCIAL PRODUCTIVO	
		ALTO	MEDIO
	Actual	1,316,950	594,996
4.5	2030	873,989	823,540
	2050	368,676	1,048,820
	2070	165,256	1,020,281
8.5	2030	733,568	956,159
	2050	93,432	930,484
	2070	471	366,467

En ese cuadro se observa como la superficie con alto potencial de chile de riego disminuye conforme se avanza hacia el futuro en los años 2030, 2050 y 2070 en el RCP 4.5, con respecto a las condiciones climáticas promedio o actuales, pasando de 1,316,950 ha en la climatología actual (Figura 4), a 873,989 ha en el año 2030 (Figura 5), luego a 368,676 ha en el año 2050 (Figura 6) y a 165,256 ha en el año 2070 (Figura 7). De manera contraria, el potencial productivo medio aumenta hacia el futuro, pasando de 594,996 ha en el escenario actual a 1,020,281 ha en el año 2070 (Figuras 4 a 7).

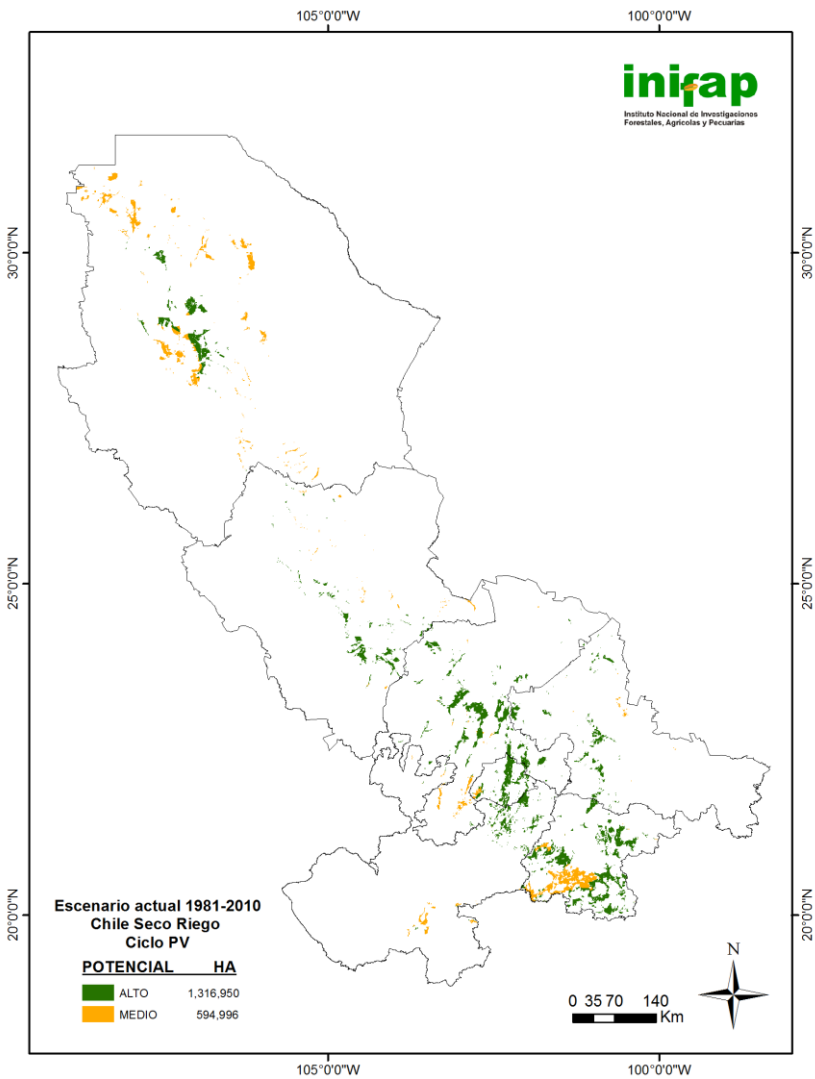


Figura 4. Potencial productivo de chile de riego ciclo PV, para la climatología base (1981-2010), en el norte centro de México.

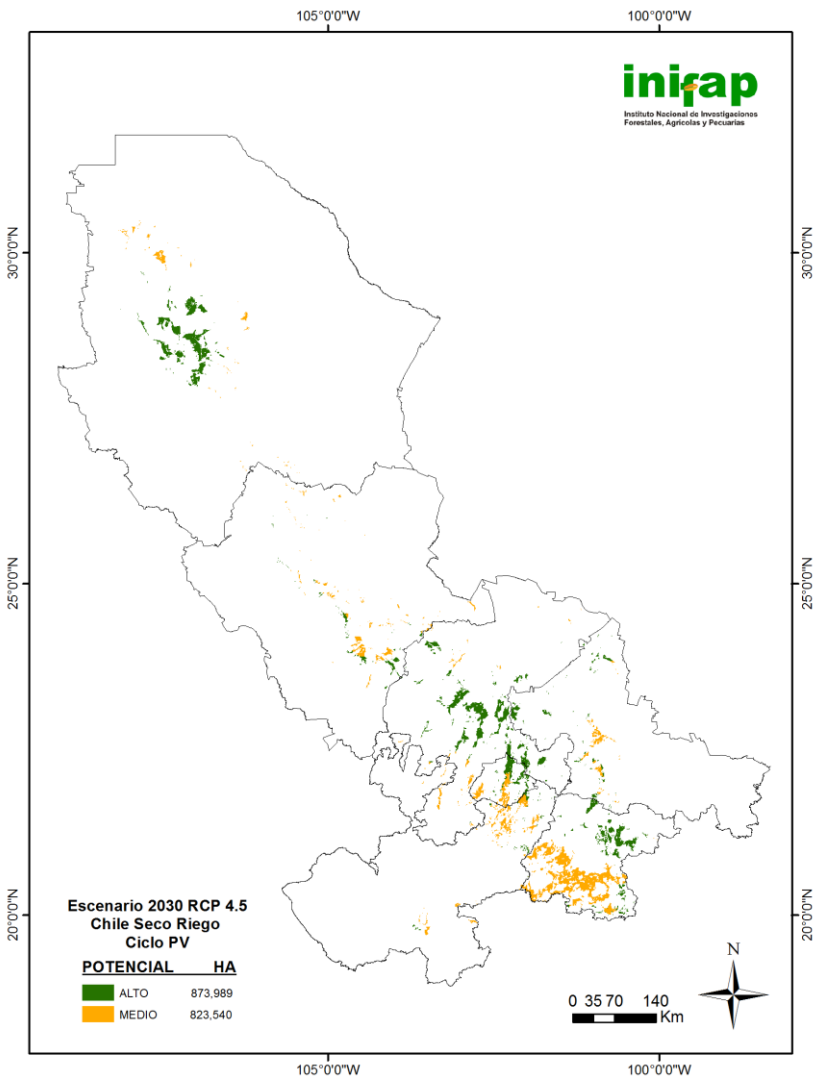


Figura 5. Potencial productivo de Chile de riego ciclo PV, para la climatología 2030 en el RCP 4.5, en el norte centro de México.

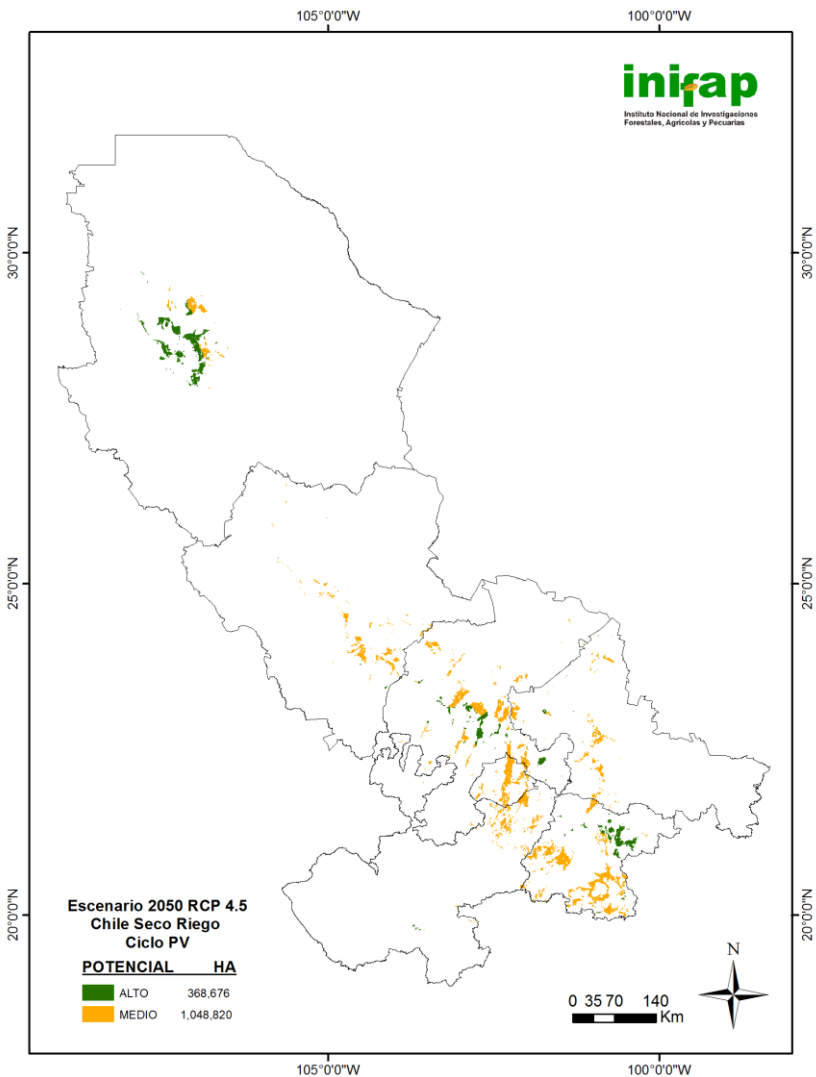


Figura 6. Potencial productivo de Chile de riego ciclo PV, para la climatología 2050 en el RCP 4.5, en el norte centro de México.

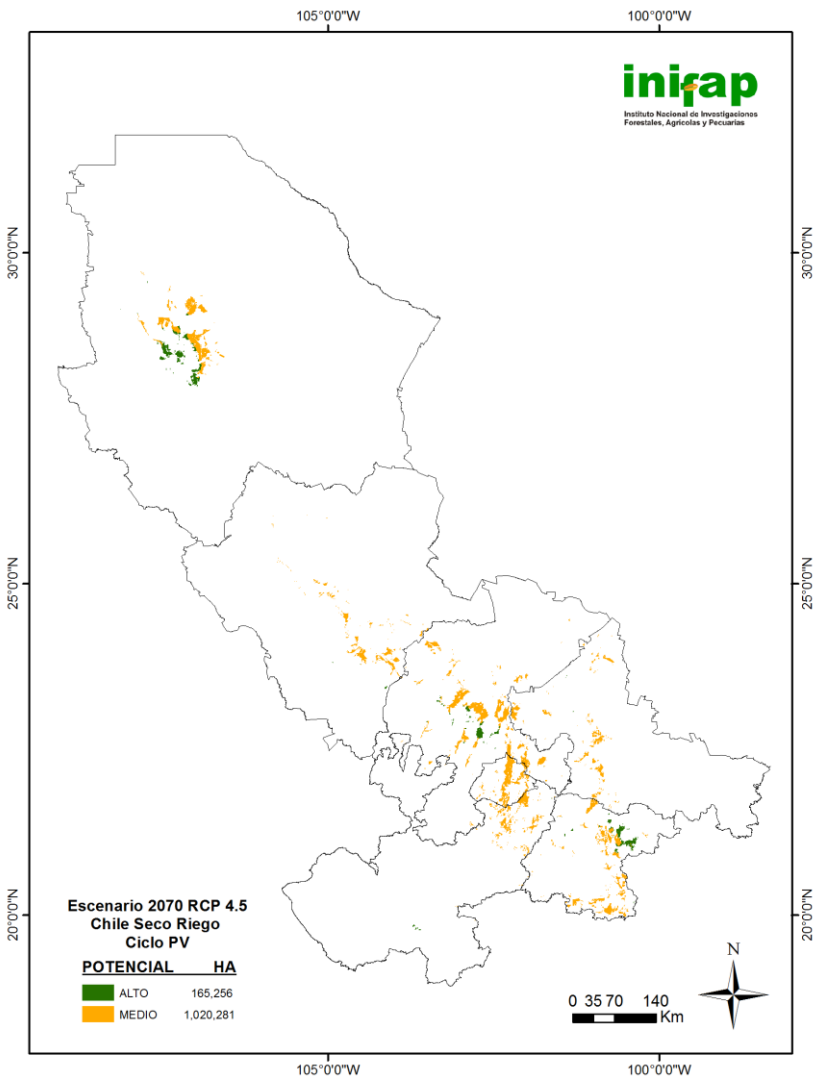


Figura 7. Potencial productivo de Chile de riego ciclo PV, para la climatología 2070 en el RCP 4.5, en el norte centro de México.

Comportamiento similar ocurre en el RCP 8.5, solo que la disminución de las superficies es mayor con respecto al escenario actual, pasando el potencial productivo alto de 1,316,950 a 471 ha y el potencial medio disminuye su superficie de 594,996 a 366,467 ha en el año 2070 (Cuadro 1). Esta mayor disminución de la superficie potencial para el cultivo de chile se debe a que el RCP 8.5 es una trayectoria que se caracteriza por un futuro sin cambios en las políticas para reducir las emisiones de GEI, por lo que lleva a un aumento mayor de la temperatura a través del tiempo, afectando con ello al cultivo de chile.

La reducción de la superficie con potencial productivo alto y medio se debe básicamente al aumento de la temperatura media de mayo a octubre en los diferentes escenarios climáticos. La temperatura media del escenario actual en las áreas de alto potencial es de 19.6 °C, mientras que en las dos primeras climatologías del RCP 4.5 es de 20.7 y 21.8 °C; es decir, se tiene un incremento de 1.1 y 2.2 °C respectivamente; en la tercera climatología el aumento es de 2.6 °C con respecto a la climatología de referencia, este aumento de temperatura disminuye las condiciones óptimas para el desarrollo del chile. La variación de la precipitación en los escenarios futuros en este caso no tiene influencia en los resultados debido a que en la estimación de las áreas potenciales no se consideró esta variable debido a que es bajo condiciones de riego.

En la Figura 8 se presenta la superficie con potencial productivo alto de los principales estados productores de chile seco en el país, para los diferentes escenarios climáticos en el RCP 4.5, ahí se puede observar que el efecto del cambio climático es similar en los diferentes estados del país para la producción de chile de riego; en general la tendencia es hacia la baja en la superficie con potencial alto (Figura 8A) excepto en el estado de Chihuahua, donde en el escenario 2030 aumentará con respecto al escenario actual, pero luego la tendencia será a la baja como en el resto de los estados. Los estados con menor superficie potencial para chile seco como son Durango, San Luis Potosí y Aguascalientes en la climatología 2050 ya no contarán con superficie con potencial productivo alto para este cultivo.

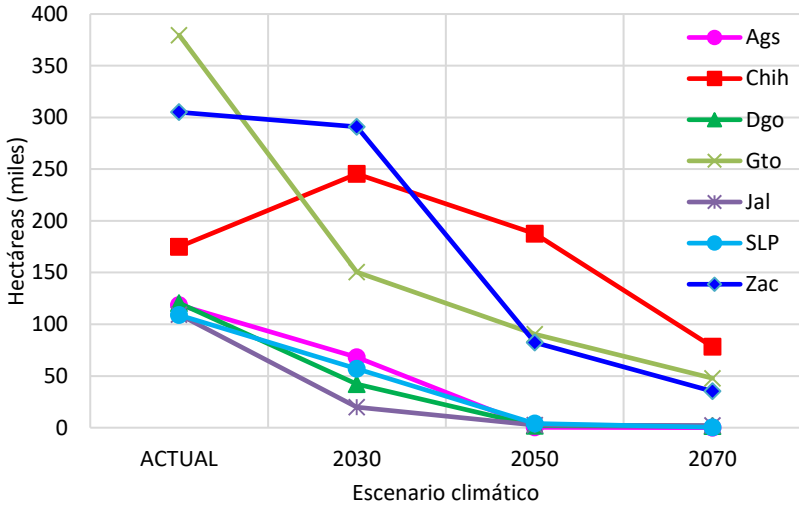
A diferencia del potencial alto, en el medio se observa una tendencia al aumento de la superficie en los cuatro estados con menor superficie potencial. En el estado de Chihuahua la tendencia primero es hacia la baja y luego al aumento, pero de cualquier manera en el año 2070 la superficie con potencial medio será menor que en el escenario actual. En Guanajuato aumentará la superficie con potencial medio en el año 2030 y después también disminuirá al igual que el potencial alto (Figura 8B), siendo el Estado que tendrá mayor pérdida de superficie con potencial alto y medio para chile. El estado de Zacatecas es el único donde no disminuirá la superficie con

potencial productivo medio y aumentará aún en la climatología 2070.

En la Figura 9 se presenta la superficie con potencial productivo alto en los principales estados productores de chile seco en el país, para los diferentes escenarios climáticos en el RCP 8.5, ahí se puede observar que el efecto del cambio climático es similar en los diferentes estados del país para la producción de chile de riego; en general la tendencia es hacia la baja en la superficie con potencial alto (Figura 9A), excepto en el estado de Chihuahua, donde en el escenario 2030 aumentará con respecto al escenario actual, pero luego la tendencia será a la baja como en el resto de los estados.

La tendencia en el RCP 8.5 es más pronunciada que en el RCP 4.5, llegando casi a desaparecer la superficie con alto potencial en la climatología 2050, excepto en el estado de Chihuahua, pero para la climatología 2070 prácticamente ya no habrá condiciones de clima para producir chile con alto potencial en ninguno de los estados.

A



B

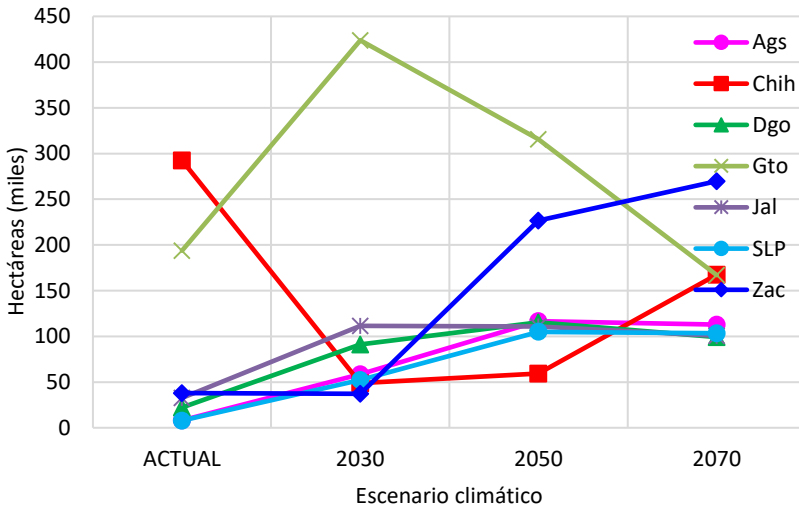
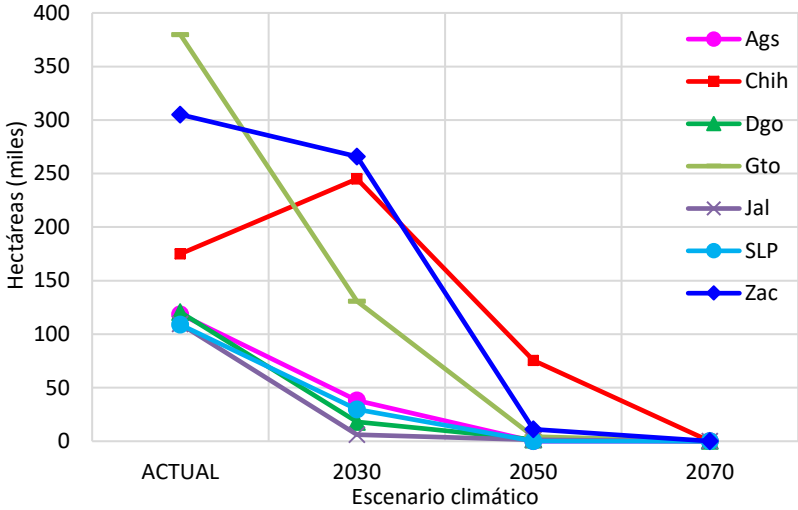


Figura 8. Superficie de potencial productivo alto (A) y medio (B) de Chile de riego ciclo PV, bajo las condiciones climáticas promedio y en las climatologías del RCP 4.5, en diferentes estados del país.

A diferencia del potencial alto, en el potencial medio se observa en general una tendencia al aumento de la superficie en la climatología 2030, pero luego tendrá una tendencia a disminuir en las otras dos climatologías, llegando a desaparecer en cuatro estados en la climatología 2070. En el estado de Chihuahua primero disminuirá en la climatología 2030, pero luego aumentará en las otras dos climatologías. Al contrario, en el Estado de Zacatecas aumentará en las primeras dos climatologías y luego disminuirá hacia la climatología 2070 (Figura 9B). Solo los estados de Chihuahua, Zacatecas y Guanajuato tendrán superficie con potencial medio en el escenario 2070.

A



B

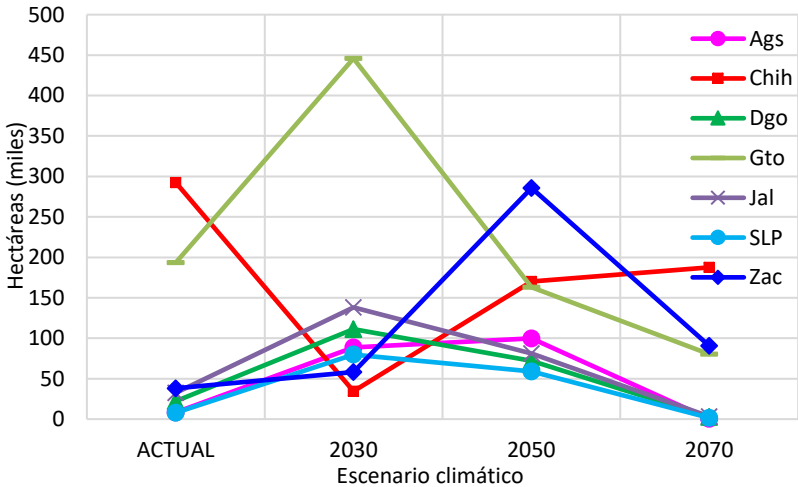


Figura 9. Superficie de potencial productivo alto (A) y medio (B) de chile de riego ciclo PV, bajo las condiciones climáticas promedio y en las climatologías del RCP 8.5, en diferentes estados del país.

ADAPTACIÓN Y MITIGACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

La adaptación es un proceso de ajuste al clima real o proyectado y sus efectos. En los sistemas humanos, la adaptación trata de moderar o evitar los daños o aprovechar las oportunidades beneficiosas. En algunos sistemas naturales, la intervención humana puede facilitar el ajuste al clima proyectado y a sus efectos (IPCC, 2014b).

La agricultura siempre ha procurado ajustarse a las condiciones medioambientales. Se requiere que la producción agrícola tenga una mayor capacidad de ajuste al cambio climático, mediante la utilización de mejores prácticas en el manejo de los cultivos y en la cría de animales. A esto se le llama “medidas de adaptación” (IICA, 2015).

La mitigación es una intervención humana para reducir las fuentes o aumentar los sumideros de gases de efecto invernadero (IPCC, 2014b).

La agricultura y la ganadería actualmente contribuyen con la emisión de gases de efecto invernadero. Las acciones orientadas a reducir las emisiones de esos gases y a absorber el dióxido de carbono (fijar carbono) se denominan “medidas de mitigación”. (IICA, 2015).

Existen diversas estrategias y acciones que se pueden aplicar para adaptar la agricultura a los efectos del cambio climático (IICA, 2015), entre las que se pueden incluir las siguientes:

- ✓ Identificar el efecto climático que afecta y hacer una proyección de su impacto en los cultivos, para realizar planes de adaptación.
- ✓ Anticiparse a los efectos de la variabilidad climática con el uso de sistemas de alerta temprana.
- ✓ Manejar datos climatológicos con respecto al comportamiento del clima de los próximos años.
- ✓ Adoptar e implementar buenas prácticas agrícolas (BPA).
- ✓ Diversificar en lo posible los cultivos y los sistemas productivos.
- ✓ Brindar valor agregado a los productos tradicionales.
- ✓ Usar variedades de cultivos que sean adaptables y tolerantes a la sequía y al exceso de agua y humedad.
- ✓ Vigilancia más estrecha de plagas y enfermedades.
- ✓ Combinar la agricultura con actividades forestales y pastoriles, para así lograr sistemas menos vulnerables.
- ✓ Suspender la siembra de cultivos en zonas no aptas.
- ✓ Acceder en lo posible a seguros agrícolas y a otros instrumentos para el manejo de riesgos financieros.

- ✓ Adoptar una actitud abierta a la capacitación constante en temas relacionados con la variabilidad climática.
- ✓ Promover la conservación eficiente del agua, mediante la construcción de infraestructura para riego y cosecha de agua.
- ✓ Aprovechar la tecnología para lograr una producción resiliente.

Algunas de estas estrategias se pueden encontrar en fichas tecnológicas, publicaciones técnicas, artículos científicos, etc., generados como resultados de los proyectos de investigación del INIFAP.

La resiliencia es la capacidad de los sistemas sociales, económicos y ambientales de afrontar un suceso, tendencia o perturbación peligrosa, respondiendo o reorganizándose de modo que mantengan su función esencial, su identidad y su estructura, y conservando al mismo tiempo la capacidad de adaptación, aprendizaje y transformación.

La mitigación pretende curar las causas, la adaptación aliviar los síntomas. Al reducir las emisiones de GEI, a largo plazo se reduce el efecto invernadero, lo cual tendrá menor impacto en la agricultura, reduciendo las pérdidas. Desafortunadamente esto no es a corto plazo, los efectos del calentamiento global ya se están dando y su reducción es a largo plazo, siempre y cuando se reduzcan las emisiones de GEI.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La superficie de alto potencial de producción para chile de riego en la región norte centro de México disminuirá conforme se avanza en los escenarios climáticos hacia el futuro, pasando de 1 millón 317 mil hectáreas en la climatología de referencia a 165 mil hectáreas en el año 2070 del RCP 4.5; la superficie con potencial medio aumentará en las climatologías hacia el futuro, debido principalmente al efecto de mayor temperatura.

Los resultados de este estudio pueden servir de base en el diseño de estrategias, para enfrentar el cambio climático en las áreas productoras de chile de riego en el Norte Centro de México, como pudiera ser la generación de nuevas variedades que se adapten a mayores niveles de temperatura y evapotranspiración.

Los resultados aquí presentados muestran un panorama poco halagador para el cultivo de chile en el futuro, sin embargo, cabe aclarar que estos resultados aquí presentados son para las variedades que actualmente son cultivadas en la región, es decir, si no hubiera ninguna medida de adaptación al cambio climático y se siguieran cultivando las mismas variedades se darían los resultados aquí presentados.

Afortunadamente se pueden tomar medidas para contrarrestar los efectos del calentamiento global o medidas de adaptación al cambio climático, tal como se describieron anteriormente.

El chile es una especie con gran variabilidad genética, existe un sin número de especies y variedades adaptadas a una gran variedad de ambientes (Figura 10), es decir, entre todas esas variedades pueden existir materiales que se puedan ir adaptando a las condiciones del Altiplano Mexicano.



Figura 10. Diversidad de variedades de chile.

Las mismas variedades de chile que se cultivan actualmente, tienen una base genética amplia, a partir de la cual se puede ir seleccionando semilla año con año adaptándolas a las nuevas condiciones climáticas que se vayan dando en la región.

Vale la pena que todos los involucrados en el sector agropecuario hagan un esfuerzo para desarrollar las

condiciones técnicas, políticas y de inversión que propicien una agricultura sostenible para el logro de la seguridad alimentaria en el contexto del cambio climático, al mismo tiempo incrementar la productividad y los ingresos agrícolas, promover la adaptación al cambio climático, desarrollar la resiliencia y reducir o eliminar las emisiones de gases de efecto invernadero.

LITERATURA CITADA

Aloni, B., Pressman, E. and Karni, L. 1999. The effect of fruit load, defoliation and night temperature on the morphology of pepper flowers and on fruit shape. *Annals of Botany* 83: 529-534.

Bosland, P. W. and Votava, E. J. 2000. Peppers: Vegetable and Spice Capsicums. *Crop Production Science in Horticulture* 12. CAB International Publishing, Wallingford, England, UK. 204 pp.

Cambio climático: sus causas. 2017. Azul ambientalistas. <http://www.azulambientalistas.org/Cambio-Climatico-Sus-Causas.html> Consultado: 4 de septiembre de 2017.

Cochran, H. L. 1938. A morphological study of flower and seed development in pepper. *Journal Cochran of Agricultural Research* 56: 395-417.

Conde, A. C. y Gay, G. C. 2008. Guía para la generación de escenarios de cambio climático a escala regional. Primera versión. Centro de ciencias de la atmósfera, UNAM. 104 P.

- Erickson, A. N. and Markhart, A. H. 2001. Flower production, fruit set, and physiology of bell pepper during elevated temperature and vapor pressure deficit. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 126(6): 697-702.
- Evans, L. T. 1993. *Crop Evolution, Adaptation and Yield*. Cambridge, University Press. p 71.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) 2015. Estimación de emisiones de gases de efecto invernadero en la agricultura. Un manual para abordar los requisitos de los datos para los países en desarrollo. Roma. 180 p.
- Gunawardena, M. D. M. and De Silva, C. S. 2015. Identifying the Impact of Temperature and Water Stress on Growth and Yield Parameters of Chilli (*Capsicum annum* L.). *OUSL Journal*, 7: 25-42.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Costa Rica). 2015. *Agricultura y variabilidad climática*. Ficha técnica No. 1. San José, Costa Rica. 4p.
- INE (Instituto Nacional de Ecología). 2009. México. Cuarta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. México. 119-174 pp.
- IPCC, 2014a: Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad – Resumen para responsables de políticas. Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de

Expertos sobre el Cambio Climático [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea y L.L. White (eds.)]. Organización Meteorológica Mundial, Ginebra, Suiza, 34 págs. (en árabe, chino, español, francés, inglés y ruso).

IPCC, 2014b: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

IPCC, 2014c: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (Eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

Karuppaiah, V. y Sujayanad, G. K. 2012. Impact of Climate Change on Population Dynamics of Insect Pests. World Journal of Agricultural Sciences 8 (3): 240-246, 2012.

Laborde, C. J. A. y Pozo, C. O. 1984. Presente y Pasado del Chile en México. Publicación especial No. 85. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). México. 80 p.

- Long, S. J. 1982. Presente y pasado del chile en México. S.A.R.H. – I.N.I.A. México, D. F. pp. 8, 18, 48, 49.
- Madhavi, R. K., Shivashankara, K. S., Geetha, G. A. and Pavithra, K. C. 2016. Capsicum (Hot pepper and Bell pepper). In N.k. Srinivasa, K.S. Shivashankara y R.H. Laxman (eds.) Abiotic stress physiology of horticultural crops. Springer India. pp. 151-166.
- Medina, G. G., Ruiz C., J. A., Martínez P., R. A. y Ortiz V., M. 1997. Metodología para la determinación del potencial productivo de especies vegetales. Agricultura Técnica en México. 23(1):69-90.
- Medina, G. G.; Zegbe, D.; Mena, C.; Gutiérrez, L. R.; Reveles, H. M.; Zandate, H. R.; J.; Ruiz, C. J. A.; Díaz, P. G. y Luna, F. M. 2009. Potencial productivo de especies agrícolas en el distrito de desarrollo rural Zacatecas, Zacatecas. INIFAP. CIRNOC. Campo Experimental Zacatecas, Calera de V. R., Zac., México. Publicación técnica Núm. 3. 209 p.
- Medina-García G.; Ruiz-Corral, J. A.; Zegbe D., J. A.; Soria R., J.; Rodríguez M., V.; y Díaz P., G. 2014. Impacto potencial del cambio climático en la región productora de durazno en Zacatecas, México. Rev. Mex. Cienc. Agríc. Pub. Esp. Núm. 10:1939-1950.
- Medina-García, G., Ruiz-Corral, J. A., Rodríguez-Moreno, V. M., Soria-Ruiz, J., Díaz-Padilla, G. y Zarazúa-Villaseñor, P. 2016. Efecto del cambio climático en el potencial productivo del frijol en México. Rev. Mex. Cienc. Agríc. Pub. Esp. Núm. 13:2465-2474.

- Medina, G. G. y Mena, C. J. 2016. Cambio climático y sus efectos en la producción de chile en el Norte-Centro de México. En: Sexto foro para productores de chile. Zacatecas, México. pp.1-15.
- Mercado, J. A., Reid, M. S., Valpuesta, V. and Quesada, M. A. 1997. Metabolic changes and susceptibility to chilling stress in *Capsicum annum* plants grown at suboptimal temperature. *Functional Plant Biology* 24(6), 759-767.
- Muñoz, F. I. y Pinto, C. B. 1970. Taxonomía y distribución geográfica de los chiles cultivados en México. *Revista el Campo*. No. 15. INIASAG. México. pp 3- 12.
- ODEPA (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias). 2013. Estudio: "Cambio Climático Impacto en la Agricultura Heladas y Sequía. Ministerio de Agricultura. Chile. 36 p.
- Ojeda-Bustamante, W.; Sifuentes-Ibarra, E.; Íñiguez-Covarrubias, M. y Montero-Martínez, M. J. 2011. Impacto del cambio climático en el desarrollo y requerimientos hídricos de los cultivos. *Agrociencia* 45(1):1-11.
- Olareweju, J. D. 1988. Effect of night temperature on fruit set and development in sweet pepper (*Capsicum annum* L.). *Haryana Journal of Horticultural Sciences* 18: 285-288.
- Pozo, C. O. 1981. Descripción de tipos y cultivares de chile (*Capsicum* spp.) en México. Folleto técnico num. 77. INIA-SARH. Pp 40.

Rylski, I. and Spigelman, M. 1982. Effects of different diurnal temperature combinations on fruit-set of sweet pepper. *Scientia Horticulturae* 17: 101-106.

Ruiz-Corral, J. A., Medina-García G., Rodríguez-Moreno V. M., Sánchez-González J. J., Villavicencio G. R., Durán Puga N., Grageda G. J. y García R. J. E. 2016. Regionalización del cambio climático en México *Rev. Mex. Cienc. Agríc. Pub. Esp. Núm. 13:2451-2464.*

SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) 2017. Principales fuentes de emisiones del sector agropecuario. <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/cambioclimatico/Principales%20fuentes%20de%20Emisiones%20del%20Sector%20Agropecuario.pdf>. Consultado: 22 de agosto de 2017.

Shaked, R., Rosenfeld, K. and Pressman, E. 2004. The effect of low night temperatures on carbohydrates metabolism in developing pollen grains of pepper in relation to their number and functioning. *Scientia Horticulturae* 102: 29-36.

Sistema de Información Agropecuaria de Consulta (SIACON) 1980-2014. SAGARPA. 2015. México, D. F. <http://www.siap.gob.mx/siacon> (Consultado octubre, 2016).

Taiz, L. and Zeiger, E. 2006 *Plant Physiology*, Fourth Edition. Sinauer Associates. Sunderland, MA. 764 p.

Van Vuuren, D. P.; Edmonds, J.; Kainuma, M.; Riahi, K.; Thomson, A.; Hibbard, K.; Hurtt, G. C.; Kram, T.; Krey,

V.; Lamarque, J. F. and Masui, T. 2011. The representative concentration pathways: an overview. *Climatic change* 109(1):5-31.

Walton, D., Meyerson J. and Neelin, J. D. 2013. Accessing, Downloading, and Viewing CMIP5 Data. Earth System Grid Federation. pp. 25.

Woodhouse, C. A.; Meko, D. M.; MacDonald, G. M.; Stahle, D. W. and Cook, E. R. A. 2010. 1,200 year perspective of 21st century drought in southwestern North America. *Proc. Natl Acad. Sci. USA.* 107:21283-21288.

CAMBIO CLIMÁTICO Y SUS EFECTOS EN EL POTENCIAL PRODUCTIVO DE CHILE EN EL NORTE CENTRO DE MÉXICO

Revisión y edición

Dr. Miguel A. Velásquez Valle
MC. Gerardo Esquivel Arriaga

CÓDIGO INIFAP

MX-0-250202-11-02-11-09-88

Encargada comisión editorial del CEZAC

Dra. Raquel Karina Cruz Bravo

Grupo Colegiado del CEZAC

Presidente: Dr. Jaime Mena Covarrubias
Secretario: MC. Ricardo Alonso Sánchez Gutiérrez
Vocal: Dr. Luis Roberto Reveles Torres
Vocal: Dr. Guillermo Medina García
Vocal: Ing. Manuel Reveles Hernández
Vocal: Dr. Francisco Echavarría Cháirez
Vocal: MC. Mayra Denise Herrera

La presente publicación se terminó de imprimir en el mes de
Diciembre de 2017 en “Paus” Impresiones, Calle Real del Calvario
#125, Col. Real de Calera. C. P. 98500, Calera de V. R., Zacatecas,
México. Tel. (478) 98 5 22 13

Su tiraje constó de 500 ejemplares

CAMPO EXPERIMENTAL ZACATECAS

DIRECTORIO

MC. Ricardo A. Sánchez Gutiérrez

Director de Coordinación y Vinculación

PERSONAL INVESTIGADOR

Dr.	Guillermo Medina García	Agrometeorología y Modelaje
Ing.	José Israel Casas Flores	Agrometeorología y Modelaje
MC.	Nadiezhdá Y. Z. Ramírez Cabral*	Agrometeorología y Modelaje
Dr.	Alfonso Serna Pérez	Fertilidad de suelos y nutrición vegetal
Dr.	Francisco G. Echavarría Cháirez	Fertilidad de suelos y nutrición vegetal
Ing.	José Ángel Cid Ríos*	Fríjol y Garbanzo
MC.	Juan José Figueroa González	Fríjol y Garbanzo
MC.	Mayra Denise Herrera	Fríjol y Garbanzo
Dr.	Jorge A. Zegbe Domínguez	Frutales
MC.	Valentín Meler Meraz	Frutales
Ing.	Manuel Reveles Hernández	Hortalizas
MC.	Miguel Servín Palestina	Ingeniería de Riego
Dra.	Raquel Cruz Bravo	Inocuidad de Alimentos
MC.	Enrique Medina Martínez	Maíz
MC.	Francisco A. Rubio Aguirre	Pastizales y Cultivos Forrajeros
Dr.	Ramón Gutiérrez Luna	Pastizales y Cultivos Forrajeros
MC.	Ricardo A. Sánchez Gutiérrez	Pastizales y Cultivos Forrajeros
Dr.	Luis R. Reveles Torres	Recursos Genéticos, Forestales, Agrícolas, Pecuarios y Microbianos
Dr.	Jaime Mena Covarrubias	Sanidad Forestal y Agrícola
Dr.	Rodolfo Velásquez Valle	Sanidad Forestal y Agrícola
MC.	Blanca I. Sánchez Toledano	Socioeconomía

*Becarios

www.inifap.gob.mx