UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA

COLEGIO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

FACULTAD DE AGRONOMÍA

MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

TESIS

COMPORTAMIENTO DEL MAÍZ (Zea mays L.) BAJO DIFERENTES FECHAS DE SIEMBRA

PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

PRESENTA
DANIEL MENDOZA MEDRANO

DIRECTOR DE TESIS
DR. TOMÁS DÍAZ VALDÉS

CO-DIRECTOR DE TESIS
DR. LEOPOLDO PARTIDA RUVALCABA

CULIACÁN, SINALOA, JUNIO DE 2012

ESTA TESIS FUE REALIZADA POR **DANIEL MENDOZA MEDRANO** BAJO LA DIRECCIÓN DEL CONSEJO PARTICULAR QUE SE INDICA, HA SIDO APROBADA POR EL MISMO Y ACEPTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

CONSEJO PARTICULAR

DIRECTOR _____

DR. TOMÁS DÍAZ VALDÉS

CO-DIRECTOR _____

DR. LEOPOLDO PARTIDA RUVALCABA

ASESORA _____

DRA. TERESA DE JESÚS VELÁZQUEZ ALCARAZ

ASESOR _____

M.C. MARINO VALENZUELA LÓPEZ

ASESOR _____

M.C. RAMÓN LIZÁRRAGA JIMÉNEZ

CULIACÁN, SINALOA, JUNIO DE 2012

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA

COLEGIO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
FACULTAD DE AGRONOMÍA CULIACÁN
FACULTAD DE AGRONOMÍA VALLE DEL FUERTE
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR
FACULTAD DE AGRONOMÍA VALLE DEL CARRIZO

En la Ciudad de Culiacán Rosales, Sinaloa, el día 20 de enero del año 2020, la que suscribe Daniel Mendoza Medrano, alumno del Programa de Maestría en Ciencias Agropecuarias, con número de cuenta 241413, de la Unidad Académica Facultad de Agronomía Culiacán, del Colegio de Ciencias Agropecuarias de la UAS, manifiesta que es autor intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección de la Dr. Tomás Díaz Valdés y el Dr. Leopoldo Partida Ruvalcaba cede los derechos del trabajo titulado "Comportamiento del Maíz (*Zea mayz* L.*)* bajo diferentes fechas de siembra", a la Facultad de Agronomía Culiacán, del Colegio de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Sinaloa, para su difusión, con fines académicos y de investigación por medios impresos y digitales, todo esto en apego al artículo 27 de la Ley Federal de Derechos de Autor.

La Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México) protege el contenido de la presente tesis. Los usuarios de la información contenida en ella deberán citar obligatoriamente la tesis como fuente, dónde la obtuvo y mencionar al autor intelectual. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ATENTAMENTE

M.M.D.

M.C Daniel Mendoza Medrano

DOMICILIO: Alameda# 12412, Col. Aguaruto, Culiacán, Sinaloa, México.
TELÉFONO: 667-1610336
CORREO ELECTRÓNICO: Daniel.mendoza2508@gmail.com
CURP: MEMD860825HSLNDN05

DEDICATORIAS

A **Dios** principalmente por que es el ser supremo que me dio la vida y me permitió culminar mis estudios

A MIS PADRES

José Daniel Mendoza Santos ✠ y Gloria Alicia Medrano Cervantes quienes me han dado su apoyo incondicional en los mejores y peores momentos de mi vida, Quienes sin escatimar esfuerzo alguno, han sacrificado gran parte de su vida para formarme y educarme. Son las personas en la que su ilusión en la vida ha sido convertirme en persona de provecho. A ellas nunca podré pagar todos sus desvelos ni aún con las riquezas más grandes del mundo. Sabiendo que jamás existirá una forma de agradecer en esta vida de lucha y superación constante, deseo expresarles que mis ideales, esfuerzos y logros han sido también suyos, y constituye el legado más grande que pudiera recibir con cariño, admiración y respeto. ¡Gracias!

A MIS HERMANOS

Danyela Alicia Mendoza Medrano, Alexis Junyent Mendoza Medrano, Gloridiana Mendoza Medrano, Brisa Nazali Mendoza Medrano y María Julieta Mendoza Medrano por brindarme ánimos y asesoría para lograr culminar mis créditos y mi tesis en la Maestría en Ciencias Agropecuarias.

A MIS PROFESORES

Dr. Tomás Díaz Valdés por haberme aceptado como su alumno, compañero, amigo y tesista, brindarme todo el apoyo, tiempo, conocimientos y dedicación para culminar los créditos y metas que me propuse.

Dr. Leopoldo Partida Ruvalcaba por aceptarme en la maestría, darme las herramientas necesarias para seguir en la vida, prepararme como persona y en el ámbito profesional.

M.C. Marino Valenzuela López por su apoyo profesional, moral y ético.

M.C Blas Galván Piña me entregó un gran conocimiento laboral, práctico y su gran experiencia didáctica.

A mis amigos por ser una de las piezas claves en los pasos que daba y ayudarme a levantar cuando me sentía derrotado y por su compañía en los dos años de maestría.

A Luis y Toño por su apoyo en lo laboral y práctico en el campo y entregarme sus conocimientos y experiencias.

A mi novia **Perla Carolina López Meza** por ser una gran mujer, amiga, compañera y pieza indispensable para la culminación en mis estudios de postgrado.

Se los agradezco a todos.....

CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS ---------- i

ÌNDICE DE FIGURAS ---------- ii

RESUMEN ---------- iii

ABSTRACT---------- iv

I. INTRODUCCIÓN ---------- 1

II. PROBLEMA ---------- 3

III. HIPÓTESIS ---------- 4

IV. OBJETIVO GENERAL ---------- 4

4.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS ---------- 4

V. REVISIÓN DE LITERATURA ---------- 5

VI. MATERIALES Y MÉTODOS ---------- 21

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN ---------- 27

7.1. Requerimiento hídrico (ETc) de la planta de maíz durante su desarrollo ---------- 27

7.2. Requerimiento térmico del maíz (UC) ---------- 28

7.3. Lámina de agua aplicada al cultivo de maíz ---------- 29

7.4. Eficiencia en el uso del agua (EUA) en el cultivo de maíz ---------- 31

7.5. Altura de planta ---------- 32

7.6. Diámetro de Tallo ---------- 33

7.7. Peso de mil granos ---------- 33

7.8. Longitud de mazorca ---------- 34

7.9. Biomasa Total ---------- 35

7.10. Nitrógeno absorbido por el maíz ---------- 37

7.11. Rendimiento de grano en maíz ---------- 38

7.12. Incremento en los costos de producción ---------- 39

VIII. CONCLUSIONES ---------- 40

IX. LITERATURA CITADA ---------- 41

APÉNDICE ---------- 54

ÍNDICE DE CUADROS

Página

Cuadro 1. Propiedades físicas y químicas del suelo del área experimental ---------- 23

Cuadro 2. Matriz de factores y tratamientos en un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial 4X3 ---------- 24

Cuadro 3. Dosificación del nitrógeno de maíz en relación al porciento de desarrollo para cada fecha de siembra ---------- 26

Cuadro 4. Resultados de la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey de las variables fenotípicas del experimento ---------- 36

ÍNDICE DE FIGURAS

Página

Figura 1. Necesidades hídricas acumuladas en el cultivo de maíz (ETc) en cuatro fechas de siembra ---------- 28

Figura 2. Unidades calor o grados diarios en el ciclo del cultivo de maíz de tres híbridos y cuatro fechas de siembra ---------- 30

Figura 3. Lámina de agua aplicada en el maíz bajo cuatro fechas de siembra ---------- 31

Figura 4. Eficiencia en el uso del agua del maíz por la interacción de cuatro fechas de siembra y tres híbridos ---------- 33

Figura 5. Biomasa Total (BT) en maíz por la interacción de cuatro fechas de siembra y tres híbridos ---------- 37

Figura 6. Nitrógeno absorbido por el cultivo de maíz por la interacción de cuatro fechas de siembra y tres híbridos ---------- 39

Figura 7. Rendimiento promedio de grano de maíz por la interacción de cuatro fechas de siembra y tres híbridos ---------- 40

RESUMEN

La variabilidad climática da lugar a que los cultivos estén expuestos a más de un caso de temperaturas extremas que afectan el crecimiento y provocan reducción en los rendimientos. El objetivo del presente trabajo fue determinar el comportamiento y producción del cultivo de maíz bajo cuatro fechas de siembra. Para ello se estableció un experimento factorial 4x3, distribuido en bloques completos al azar, el factor A fue cuatro fechas de siembra y el factor B fueron tres híbridos a evaluar, las variables medidas fueron altura de planta, diámetro de tallo, biomasa total, rendimiento y se determinaron las unidades calor (UC) requerimiento hídrico (ETc), eficiencia en el uso del agua (EUA) y nitrógeno total absorbido. El comportamiento de los híbridos muestra un comportamiento diferencial en las variables fenotípicas evaluadas en cada fecha de siembra. Las fechas de siembra tardías acortan el ciclo de desarrollo de las plantas y provocan una reducción en la demanda hídrica, sin embargo la eficiencia en el uso del agua se ve reducida por el efecto que tiene en el rendimiento el acortamiento del ciclo de desarrollo, el híbrido Garañon presentó una mejor estabilidad en su comportamiento durante las fechas de siembra evaluadas.

Palabras clave: Fecha de siembra, cambio climático, Híbrido, Unidades calor.

ABSTRACT

The climatic variability gives place to that the crops are set out to more of a case of extreme temperatures that they affect the growth and they bring about reduction in the yields. The objective of the present work was to determine the behavior and production of the corn crop under four sowing dates. For it a factorial experiment settled down 4x3, distributed in complete blocks at random, the factor A was four sowing dates and factor B were three hybrids to evaluated, the variables measured were plant height, stem diameter, total biomass, yield and were determinated heat units (UC), water requirement (ETc), efficiency in water use (EUW) and total nitrogen absorbed. The behavior of the hybrid shows a different behavior in the phenotypic variables tested in each sowing date. The late sowing dates shorten the development cycle of plants and cause a reduction in water demand, however the efficiency of water is reduced by the effect on yield to shortening the development cycle, Garañon hybrid presented a better stability in their behavior during sowing dates evaluated.

Key word: Sowing date, climatic change, Hybrid, heat unit.

I. INTRODUCCIÓN

El maíz se ha convertido en el cultivo más importante entre los cereales a nivel mundial, superando al trigo y al arroz, en la temporada 2009-2010 la producción obtenida fue de 795.935.000 de toneladas, de las cuales el 90% corresponden a maíz amarillo y el 10% restante a maíz blanco, además ocupa el segundo lugar en área de siembra (140,000,000 ha), sembrándose este cereal en 135 países y se comercializa más de 90 millones de toneladas a nivel mundial (FENALCE, 2010)

En México se siembran anualmente más de 8 millones de hectáreas con maíz, en una amplia diversidad de ambientes que van desde el nivel del mar hasta los valles altos (arriba de 2200 m.s.n.m.), con una amplitud de sistemas termo pluviométricos que incluyen los muy drásticos hasta los muy benignos (Ortiz *et al.,* 2005). Además el maíz se siembra en dos ciclos agrícolas: Primavera-Verano (PV) y Otoño-Invierno (OI); la mayor superficie y volumen de producción se obtiene en PV; sin embargo, en el noroeste del país, particularmente en el Estado de Sinaloa, el ciclo OI es más importante (Ramirez-Díaz *et al*., 2010), donde en el OI de 2008-2009 en la zona de riego se cosecharon 469,026 ha con un rendimiento promedio de 10.48 t ha^{-1}, de maíz blanco (SAGARPA, 2009).El rendimiento del maíz está relacionado con el genotipo, el ambiente y la tecnología de producción, donde el clima es la principal fuente de incertidumbre y riesgo en los sistemas agrícolas, por su variabilidad y la imposibilidad de predecir completamente su comportamiento (Ebert, 2007).

Cantero *et al*. (2000), Encontraron que el mayor número de granos por superficie cosechada en un experimento de fechas de siembra y densidad de plantas fue con la

más alta densidad de siembra en la etapa más temprana, octubre, pero en siembras más tardías los máximos valores se obtuvieron con densidades más bajas, por lo tanto, se concluyó que la densidad óptima para lograr el mayor número de granos disminuye a medida que se retrasa la fecha de siembra.

El aumento de la variabilidad climática y episodios más frecuentes de las condiciones extremas puede dar lugar a que los cultivos estén expuesto a más de un caso de temperaturas extremas en un solo período vegetativo y podría reducir los rendimientos de los cultivos de la misma medida que los cambios en la temperatura máximas diarias (Wollenweber *et al.,* 2003; Ramirez-Díaz *et al*., 2010), los cambios en los rendimientos están asociados con la fecha de siembra y el ambiente (Cantarero *et al.*,2000; Iglesias y Quiroga, 2008; Ramirez-Díaz *et al*., 2010). Los impactos causados por el comportamiento extremo de los componentes del clima aumenta el riesgo de la producción de alimentos (Fischer *et al.,* 2005). La variación del clima según Nyong (2008), provocará la reducción del rendimiento entre un 5 a 10% en los cultivos de cereales para el área de América Latina y el Caribe. Fischer *et al. (*2005), señala que en África subsahariana la producción alimentaria disminuyó el 10% en los últimos 20 años, sin embargo, una condición extrema de temperaturas puede afectar hasta en un 100% la producción. El conocimiento a la respuesta de los cultivares de maíz frente a la variación en la fecha de siembra y las diferentes condiciones en los componentes del clima resulta de utilidad para los productores, ya que le permite planificar y tomar decisiones que minimicé el riesgo de inestabilidad en la producción.

II. PROBLEMA CIENTÍFICO

La variación de los componentes del clima reciente han causado estragos que afectan las tendencias de la producción del maíz, dentro de los componentes importantes están las temperaturas, que son un factor importante y esencial para el cambio en el rendimiento de maíz el cual esta relacionado con las fechas de siembra, por esta razón nos planteamos el siguiente problema científico:

¿Cómo impactan los componentes del clima y especialmente las temperaturas en el rendimiento de maíz bajo diferentes fechas de siembra en el valle de Culiacán, Sinaloa?

III. HIPÓTESIS

La variabilidad climática tiene mayor influencia en los cambios del rendimiento y comportamiento del maíz asociado a la fecha de siembra.

La variabilidad en el rendimiento de maíz se ve afectada por las fechas de siembra, ya que esta se asocia a los factores climáticos.

IV. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Determinar el comportamiento y producción del cultivo de maíz bajo cuatro fechas de siembra.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estimar el comportamiento fenotípico del maíz bajo cuatro fechas de siembra.
- Calcular el requerimiento hídrico y unidades calor del maíz para las cuatro fechas de siembra.
- Determinar el rendimiento de maíz bajo cuatro fechas de siembra.

V. REVISIÓN DE LITERATURA

5.1. Importancia del Maíz a nivel Mundial, Nacional y Estatal.

La producción mundial de maíz blanco actualmente se estima alrededor de 65-70 millones de toneladas, lo que representa 13.12 por ciento de la producción mundial anual de maíz, el mayor productor a nivel mundial corresponde a Estados Unidos con una producción de 335 millones de toneladas. Más del 90 por ciento del maíz blanco se produce en los países en desarrollo, donde representa alrededor de un cuarto de la producción total de maíz y un poco menos de las dos quintas partes de la superficie total de maíz. Sin embargo, el maíz blanco y amarillo ocupa áreas aproximadamente igual que el maíz cultivado en las zonas templadas. En el mundo en desarrollo, un área más grande se siembra de maíz blanco para que el maíz amarillo se siembre en las tierras altas tropicales y ambientes sub-tropicales de altitud media, ya esté ocupa alrededor del 40 por ciento de la superficie de maíz tropical de tierras bajas (FAO, 2011).

El maíz es el cultivo agrícola más importante de México, tanto desde el punto de vista alimentario, industrial, político y social. Durante el periodo 1996-2006 ocupó el 51% de la superficie sembrada y cosechada totales en promedio anual; generó el 7.4% del volumen de producción agrícola total, representando el 30% del valor total de la producción. Analizando al maíz en relación con los demás cereales que se producen en México (trigo, sorgo, cebada, arroz y avena, principalmente), en cuanto a la evolución del volumen de la producción de maíz, la tasa media anual de crecimiento (TMAC) de 1996 a 2006 fue de 2.0%, no obstante los decrementos

registrados en 2002 y 2005 en la producción obtenida de -4.1 y -10.8%, respectivamente (SIAP, 2006).

México es el cuarto productor de maíz en el mundo, pero también es un importante consumidor del mismo. Aunque se cubre prácticamente la totalidad de la demanda del maíz blanco con la producción nacional, en México la producción de maíz experimentó un crecimiento de 2.6 por ciento de 1994 a 2008, lo que permitió obtener 24.8 millones de toneladas de ese grano en el 2008 y reducir las importaciones principalmente de Estados Unidos (SAGAR, 1996).

Durante los últimos 14 años la producción de maíz en Sinaloa mostró un crecimiento impresionante, al pasar de 1 millón 966 mil toneladas en 1995, a cinco millones de toneladas en 2008, lo que representa un incremento en la producción (SIAP, 2OO7; Montoya y Armenta, 2010).

En lo que se refiere al maíz, en el ciclo otoño-invierno (O-I) de 1980, Sinaloa sembró una superficie de 9 mil 886 hectáreas y para el reciente ciclo 2009-2010, el área sembrada fue de 518 640 hectáreas, con rendimiento de hasta 9.8 toneladas por hectárea, para una producción total de 4 millones 800 mil toneladas (SIAP, 2010).

En el año 2000 Sinaloa ocupó el segundo lugar en la producción de este alimento, superado sólo por el estado de Jalisco, y seguido muy de cerca por los estados de Chiapas y México, cuya producción también superó los dos millones de toneladas. Debido a que Sinaloa presenta los rendimientos más altos a nivel nacional, la entidad cuenta con una importante ventaja comparativa en la producción de maíz. Además, es el principal productor de maíz en el ciclo otoño-invierno, lo que le permite tener

mayor acceso al mercado nacional, pues la mayoría de las entidades productoras obtienen su mayor oferta en el ciclo primavera-verano (SIAP 2007)

El 23 por ciento de la producción agrícola en Sinaloa es de maíz, que lo convierte en el segundo cultivo más importante de la entidad, después del garbanzo que representa el 55 por ciento, en tanto que el fríjol constituye el 13 por ciento (SIAP, 2007).

La superficie cultivada para el ciclo otoño- invierno en 2010 fue de 472 mil 020 hectáreas, con una producción de 4,955,875 t que representa un 25 por ciento de la superficie global del programa nacional (SIAP, 2010).

5.3. Influencia de la fecha de siembra en el crecimiento del cultivo

La elección de la fecha de siembra del cultivo es una decisión de manejo frecuentemente condicionada por razones operativas (oportunidad de labranza, disponibilidad de insumos) o estratégicas (escape a adversidades climáticas o biológicas), por lo que, resulta conveniente conocer e interpretar los efectos de la variación del momento de implantación del cultivo sobre su productividad, por ejemplo las siembras tardías favorecen el crecimiento vegetativo mientras que las siembras tempranas favorecen el crecimiento reproductivo (Cirilo, 2004).

En climas tropicales las fechas de siembra tardías ubican la floración del cultivo en momentos de menores niveles de radiación solar, por lo que esta situación es desventajosa para lograr una mayor fijación de granos en el cultivo, al limitar la disponibilidad de recursos por planta debido a lo señalado, la densidad óptima para

obtener un elevado rendimiento en grano disminuye y, están más propensas a enfermedades a medida que se retrasa la siembra (Cantarero *et al.,* 2000).

En climas tropicales el cultivo experimenta mayor sensibilidad al fotoperiodo, bajas temperaturas en fechas tempranas, poca tolerancia a altas densidades y bajo índice de cosecha (Metzler *et al.,* 2007). El número final de granos por unidad de superficie resulta del número de plantas con espigas fértiles y del número de granos por espiga, pudiendo ambos componentes ser afectados por modificaciones en la fecha de siembra (Otegui y Melón, 1997).

En un estudio realizado en Balcarce, Buenos Aires, Argentina se encontró un notable incremento en la velocidad de aparición de hojas cuando la siembra se retrasó desde septiembre a diciembre, dando lugar a una respuesta de 0.02 hojas día^{-1} por cada grado centígrado de aumento en la temperatura. En condiciones de crecimiento del cultivo sin limitaciones hídricas ni nutricionales, en Balcarce, Buenos Aires, Argentina el rendimiento en grano de maíz manifestó una reducción de aproximadamente 100Kg ha^{-1} por día de demora en la siembra, a partir de octubre (Cirilo, 2004).

En climas semi - áridos como es el caso del estado de Sinaloa en siembras tardías, las plantas están expuestas a altas temperaturas diurnas y nocturnas en la etapa de llenado de grano, que les aumenta sus tasas respiratorias y reduce su rendimiento de grano. El fotoperiodo no se considera un factor restrictivo en la estación de crecimiento de (O-I), pues el maíz es una planta de fotoperiodo corto o insensible a este factor. Además, el número de horas luz se incrementa a partir del 20-22 de diciembre (solsticio de invierno) hasta llegar a su máximo el 21-22 de junio (solsticio de verano), después de la cosecha (Ramírez *et al.,* 2010).

5.4. Importancia del riego en el cultivo de maíz.

La agricultura de riego es el principal factor de desarrollo de zonas áridas y semiáridas de México. Sin embargo, las sequías recurrentes y la competencia por el agua son la principal amenaza para la producción en estas zonas; por tanto, la agricultura de riego debe disminuir los volúmenes aplicados sin una reducción significativa en los rendimientos (Ojeda *et al.,* 2006).

Montemayor *et al.* (2006) encontraron que la eficiencia en el uso del agua en la producción de forraje de maíz con riego por goteo superó significativamente al sistema de riego por surcos.

Con el objetivo de definir estrategias óptimas de manejo del agua, mediante un modelo de simulación (STICS), se determinó que el máximo rendimiento (5,22 t ha^{-1}) para el cultivo de maíz se obtuvo con una evapotranspiración total (*Et*) óptima de 480 mm, esto se logra cuando en la fase de establecimiento se consume el 15% de la *Et*, en la fase de floración-fructificación se debe consumir el 54% de la *Et* total y el 21% se consume en la fase de maduración-cosecha. Lo anterior permitió establecer la siguiente norma de riego: 2,9 mm diarios ó 20,3 mm semanales en los primeros 25 días del cultivo; de 3,5 mm diarios o 24,5 mm semanales entre los 25 y los 100 días y en la etapa final una norma de 2,5 mm diarios o 17,5 mm semanales hasta los 120 días del cultivo, donde se suspende el riego, los resultados permitieron definir láminas de riego total y parcial con lo que se logran alcanzar rendimientos máximos, con una eficiencia óptima del recurso agua y energía (López *et al*., 2006).

El manejo adecuado del agua y del fertilizante puede reducir costos asociados y balancear los altos costos del sistema irrigación (Singh, 2008).

5.5. Requerimiento térmico del cultivo del maíz.

El ciclo biológico de muchos organismos depende estrechamente de la temperatura. Este hecho llevó al establecimiento del concepto de grados días o unidades calor del cultivo (CHU), que ha sido utilizado con éxito en la predicción del desarrollo de diferentes organismos (Gutierrez *et al.*, 1975). Las (CHU) están basadas en la temperatura que se relacionan con el índice de desarrollo del maíz y del frijol. Las CHU se utilizan para ayudar a los agricultores a seleccionar los híbridos y las variedades que se adapten mejor a su región climática (Brown y Bootsma, 1993).

El crecimiento y desarrollo del maíz son fuertemente dependientes de la temperatura, se desarrolla más rápidamente cuando las temperaturas son más calientes y más lentamente cuando las temperaturas son más frescas, por ejemplo, una secuencia de calor en días normales animará un desarrollo más rápido de la hoja de lo normal. Otro ejemplo es cuando hay días fríos en período de llenado del grano normal retrasará la fecha de llenado del mismo (Bob, 2010). En la siembra temprana de maíz esté se encuentra cerca del suelo y se presentan bajas temperaturas en el aire en su primera etapa de desarrollo, esté factor genera un bajo numero de unidades térmicas acumuladas por día influye un crecimiento lento del maíz (Sangoi, 1993).

El crecimiento de un cultivo es afectado por un grupo complejo de factores ambientales, los de mayor impacto son: la precipitación pluvial, la radiación y la temperatura estacional. La relación entre estos factores por lo que, el crecimiento y rendimiento del cultivo estará en función del clima en que éste se desarrolle (Escalante *et al.,* 2001*)*. La duración de un proceso fisiológico en función del tiempo térmico, generalmente se mide en grados-días, sumando las temperaturas medias diarias a lo largo período necesario para que se complete un proceso fisiológico,

menos la temperatura umbral, llamada cero vital, por debajo de la cual no hay crecimiento. Por ejemplo, cultivo de maíz requiere 2500 grados-días por encima de 10°C para cumplir su ciclo desde la germinación hasta la madurez del grano. Cuanto más baja sea la temperatura, más días necesitará la planta para completar el ciclo. Aunque la planta no sufra daño, la prolongación de su ciclo de vida causada por las bajas temperaturas tiene mucha importancia agronómica: el costo de cultivo aumenta, así como el riesgo de que su rendimiento disminuya debido a ataques de agentes patógenos, plagas animales y heladas tempranas (Tognetti y Salerno, 1990). A través del tiempo en Estados Unidos de América (E.U.A.), el gradiente de crecimiento en el cultivo de maíz se ha modificado en los siguientes aspectos, la longitud del período de crecimiento (GLP), el crecimiento de los grados-diarios (GDD), la precipitación, y las variedades del cultivo; por lo tanto, el cambio de clima reciente pudo haber afectado las tendencias de la producción del maíz, diferentemente en un contexto espacial. Además, las variables meteorológicas mensuales o estacionales que son conductores significativos a cambiar en una escena pueden no tener el mismo impacto en otra localidad. Por lo tanto, la variabilidad en el cambio climático puede dictar la necesidad de un sistema de medidas adaptativas en una región, y diversas estrategias por otra parte. Por lo tanto, es necesario continuar sintetizando los nuevos datos del clima y rendimiento del cultivo para las regiones que comparten regímenes similares del clima, tales como distritos de información del cultivo o estados enteros (Kucharik y Servin, 2008).

5.6. Impacto del cambio climático en la Agricultura

El cambio climático regional y global modificará tanto la capacidad de producción de la agricultura como su localización y la intensidad de la producción agrícola contribuirá al cambio ambiental a nivel regional y el global, el impacto global de éste en la producción agrícola ha desafiado los avances tecnológicos (Makhado, 1996).

El cambio climático ha causado un calentamiento global irreversible, dado la evidencia observada de numerosos cambios de largo plazo en el clima, incrementos en el promedio de las temperaturas medias de la atmósfera y de los océanos, el derretimiento a gran escala de los glaciales, el incremento en el promedio global del nivel del mar, el incremento en la temperatura, el deshielo de los árticos, cambios de gran escala en las cantidades de precipitación, salinidad de los océanos, patrones de viento, manifestaciones de cambios extremos en el estado del tiempo (incluso sequías, frentes fríos), alta precipitación, olas de calor e intensificación de los ciclones tropicales, éstos incrementos de la temperatura observados desde la mitad del siglo XX se deben a las actividades humanas (Rodríguez, 2007).

El cambio climático no será neutro en cuanto a sus impactos, en el cual los países afectados más adversamente serán aquellos que se localizan en regiones tropicales y subtropicales, donde se ubica la mayor parte de los países en desarrollo y, por lo tanto, los mayores problemas de pobreza y de hambre, en estas regiones, los impactos en la agricultura serán significativamente negativos (Rodríguez, 2007).

En América Latina hacia la mitad del Siglo XXI, se proyecta que los incrementos en la temperatura y las reducciones asociadas del agua en el suelo conducirán a un reemplazo gradual de los bosques tropicales por sabanas en el este de la amazonia, la vegetación semiárida tenderá a ser reemplazada por vegetación de tierras áridas.

Hay riesgo de pérdidas significativas de biodiversidad a través de la extinción de especies en muchas áreas tropicales, en las áreas secas, se espera que el cambio climático conduzca a salinización y desertificación de tierras agrícolas. Se proyecta una disminución en la productividad de algunos cultivos importantes y en la productividad de la ganadería, con consecuencias adversas para la seguridad alimentaria. Por ejemplo, se incrementaría la productividad de la soya en las zonas templadas y se esperan cambios en los patrones de precipitación y la desaparición de glaciares, que afectarán significativamente la disponibilidad de agua para el consumo humano, la agricultura y la generación de energía

En el informe el IPCC (2007a) se indican los siguientes impactos asimétricos, donde se proyecta un ligero incremento en la productividad de los cultivos en latitudes medias y altas para incrementos promedios regionales de temperatura entre 1 y 3°C, dependiendo del tipo de cultivo. Por otra parte estos mismos autores señalan que las temperaturas mayores, habrá reducciones en algunas regiones, en latitudes menores, especialmente en regiones tropicales y con sequía estacional, donde se proyecta una reducción en la productividad de los cultivos, incluso en pequeños incrementos de la temperatura media a razón de 1 a 2 °C, lo cual aumentará el riesgo de hambruna. Globalmente, a partir de los incrementos en las temperaturas medias regionales de entre 1 y 3 °C, se proyecta un incremento en el potencial para la producción agrícola, pero éste se reduce para incrementos mayores, se proyecta que el incremento en la frecuencia de las sequías e inundaciones afectará la producción local negativamente, especialmente en sectores de subsistencia en países de latitudes bajas (IPCC, 2007a).

Al aumentar la frecuencia de episodios y ondas de calor en la mayoría de regiones, se reducirán los rendimientos en regiones frías, debido al estrés que genera el calor, y se incrementará el peligro de incendios forestales, al presentarse con frecuencia eventos de altas precipitaciones en la mayoría de regiones, habrá daños en los cultivos, incremento de plagas, erosión del suelo, inhabilidad para cultivar tierras, debido a la extracción de agua de los suelos, se presentara mayor áreas con sequía lo que causara la degradación de tierras, menores rendimientos, daños y pérdida de cultivos, incremento en la muerte de ganado (IPCC, 2007a).

5.7. Impacto del cambio climático en el cultivo del maíz

Las tendencias actuales de variación del clima en términos generales apuntan hacia un calentamiento global y se prevé que este fenómeno reduzca el ciclo vegetativo (CV) y la superficie potencial de los cultivos (IPCC, 1992), el maíz (Zea mays L.) es el principal cultivo comestible y ocupa el primer lugar en producción, pero la temperatura ambiental, precipitaciones, la humedad del suelo y las frecuentes ondas de calor son significativamente factores que influyen en la producción del maíz (Makadho, 1992).

La temperatura actúa en el desarrollo de los cultivos y el incremento de la temperatura ambiental puede afectar su tasa de crecimiento, limitar su actividad fotosintética y aumentar su respiración, el acortamiento del ciclo fenológico puede reducir el rendimiento potencial de los cultivos, al disminuir el periodo de intercepción de la radiación, que es uno de los principales determinantes de la acumulación de materia seca y rendimiento (Ojeda *et al*., 2011).

En América Latina las condiciones de vida y bienestar de millones de personas estarán en peligro bajo condiciones de cambio climático. Algunos escenarios bajo esas condiciones proyectan una reducción en la producción de maíz para el 2055 de cerca de 15%, en promedio, esta posibilidad pondrá en peligro la subsistencia y la seguridad alimentaria de la población rural en grandes áreas de la Región. Además, hay cambios en las condiciones ambientales en períodos cortos de tiempo, que amenazan la supervivencia de los ecosistemas y las especies, y por lo tanto la forma de vida de las sociedades dependientes de ellos (Stern, 2006).

Para las grandes planicies de Estados Unidos, indican una reducción del ciclo fenológico del maíz de hasta 80 días, y de 36 a 48 días en el trigo, y para la alfalfa señalan una iniciación temprana de su crecimiento y retraso de su latencia, lo cual resulta en un mayor número de cortes, mayor tasa de crecimiento y un mayor consumo de agua por año agrícola (Allen *et al.,* 1991).

Una reducción del CV afecta los dos principales componentes de la producción agrícola, la superficie potencial de cosecha y el rendimiento por unidad de superficie del cultivo ya que al acortarse el CV, el agricultor se ve obligado a utilizar genotipos más precoces, los cuales normalmente tienen un rendimiento menor que los genotipos más tardíos (IPCC, 1992).

El estudio del posible impacto del cambio climático en la agricultura en México se centró en el análisis de la vulnerabilidad de la producción de maíz de temporal, particularmente en el ciclo primavera-verano, las variables macroeconómicas del país no indican una contribución importante de este grano en el producto interno bruto, indudablemente de su producción dependen millones de campesinos a todo lo largo y ancho del país, esté se cultiva a nivel del mar y a más de 2,000 metros de

altura, y ha sido el sustento básico de muchas generaciones en el sector rural, su producción en México depende fuertemente del clima y se desarrolla prácticamente en todo el territorio nacional, por o que los bajos rendimientos y la gran superficie siniestrada que se presentan año con año, son indicativos de que este cultivo no se desarrolla ni exclusiva, ni fundamentalmente para su comercialización a gran escala, además se cultiva en áreas en donde no existe aptitud para ello, tanto en el ámbito climatológico como en el de suelos y pendientes, lo que en parte explica las altas pérdidas en las cosechas de este cultivo y los bajos rendimientos (menores a 2 t/ha) en más de la mitad del territorio nacional (Conde *et al.*, 2000).

En un estudio también se consideró el llamado efecto fertilizante del bióxido de carbono, que provoca un incremento en la biomasa producida ante un aumento del bióxido de carbono atmosférico, el caso del maíz, que es una planta C4, este efecto implicaría un aumento de la biomasa alrededor de 6% (Flores *et al.*, 1996).

Es un estudio realizado por Jones y Kiriny (1986), determinaron que el modelo de simulación de crecimiento del maíz Ceres-Maize para el que es necesario especificar variedad, etapas fenológicas, tipo de suelo, manejo de cultivo, entre otras particularidades del cultivo en las localidades en estudio. Según estos autores los resultados con ambos métodos apuntaban a un aumento en la vulnerabilidad en la agricultura de maíz de temporal, ya sea considerando los decrementos regionales en la superficie apta para este cultivo, o bien, las fuertes reducciones en los rendimientos en las diferentes localidades en los estados de Puebla, Veracruz y Jalisco, en donde se aplicó el modelo Ceres-Maize. En cambio los autores anteriores señalan que para el Estado de México, el modelo reportó incrementos en los

rendimientos probablemente asociados a un aumento en la temperatura mínima, lo que alejaría el peligro de las heladas que siniestran frecuentemente a los cultivos de temporal en el centro del país.

5.8. Índice de Cosecha en los cultivos

Una forma de expresar el rendimiento del maíz es conociendo la producción de materia seca (biomasa) y el índice de cosecha (relación Kg granos kg biomasa aérea^{-1}) del cultivar. El índice de cosecha (IC) se calcula con la fórmula IC = Rendimiento de grano/Biomasa aérea (Rincón *et al.* 2006)

El rendimiento por unidad de superficie está condicionado por el número de individuos capaces de producir rendimiento en grano. La biomasa producida por cada individuo refleja la disponibilidad de recursos durante toda la estación de crecimiento y se asocia con su rendimiento (Vega *et al.* 1997).

En el cultivo de maíz, el número de granos por m^2 es el componente que mayor asociación tiene con el rendimiento final, variando más que el peso del grano en respuesta a las fluctuaciones en las condiciones ambientales. El número de granos se determina alrededor de floración y se lo ha correlacionado con la intercepción de luz, la fotosíntesis y el crecimiento del cultivo durante el período crítico mencionado. El número final de granos por unidad de superficie resulta del número de plantas con espigas fértiles y del número de granos por espiga (Cantarero *et al*. 2000).

Experimentos con altos contenidos de CO_2 indican que el comportamiento estomático producido, podría generar una economía del agua consumida por las plantas, así como un efecto fertilizante en el caso de las leguminosas (FAO 1992). También al un incrementar la concentración del CO_2, aumentaría directamente la

taza de fotosíntesis y la producción de biomasa de las plantas C3, con cambios poco significativos en las plantas C4 como el maíz, sorgo y caña de azúcar (Salinger *et al.*, 1997).

El uso principal de los modelos es comunicar a otros y a nosotros mismos un punto de vista sobre el mundo. No obstante, los modelos no son la realidad y en el mejor de los casos son sólo una aproximación a ésta. No obstante que todos los modelos son sólo un acercamiento a la realidad, muchos de ellos son útiles para entender un problema en particular o para predecir el comportamiento de un sistema (Orestes *et al.* 1994).

Uno de los métodos más sencillos para la estimación de rendimientos de cultivos es el propuesto por la Food and Agriculture Organization (FAO,1978), dentro de su Proyecto de Zonas Agroecológicas. El método FAO se basa en principios eco fisiológicos; como es la biomasa, índice de cosecha, Radiación fotosintéticamente activa, días despejados, días nublados, fotosíntesis máxima, radiación global, coeficiente de respiración, tasa de respiración, fracción del día nublado (FAO, 2000).

5.9. Predicción de cosecha de maíz por efecto del cambio climático

En la actualidad hay una tendencia al aumento de las temperaturas globales que ha afectado significativamente el desempeño de muchos sistemas naturales y agrícolas, porque este factor es fundamental para la manifestación de los eventos fenológicos temporales como la floración y madurez de los órganos reproductivos (IPCC, 2007b). Para evaluar los efectos del calentamiento global es necesario tener proyecciones de las condiciones climáticas, estas proyecciones son realizadas con modelos computacionales que simulan el comportamiento global de la atmósfera y los

océanos, estos modelos, denominados AOGCM (Atmospheric and Ocean Global Climatic Model), son usados para investigar los efectos del cambio climático en áreas agronómicas, tales como recursos hídricos (Salathe, 2005), plagas (Yamamura *et al*., 2006) y cultivos (Webb *et al*., 2007; Challinor *et al*., 2009).

Los primeros estudios sobre impacto del cambio climático en agrosistemas españoles se basaron en la utilización de Modelos Generales de Circulación (GCM) como datos de entrada en modelos de simulación de cultivos. Los GCMs considerados provenían de: *Goddard Institute for Space Studies* (GISS), *Geofluids Dynamics Laboratory* (GFDL), y *UK Meteorological Office* (UKMO). Esto permitió realizar el primer análisis en España de impacto del cambio climático en la generación de biomasa y rendimiento, y en los consumos de agua y necesidades de riego de determinados cultivos (Mínguez e Iglesias, 1996).

Thompson (1988), Rosenzweig (1989), Neild, Richman y Seeley (1979), fueron los primeros en proponer el uso de modelos fenológicos para simular la respuesta de un cultivo a posibles cambios en la temperatura. Estos autores coinciden que tan sólo una disminución de 2ºC causaría una reducción severa en el período de crecimiento (pc) del maíz en la faja maicera, además señalan que un incremento de tan sólo 2ºC aumentaría el peligro de heladas en el anticipado rompimiento del letargo del trigo de invierno y en siembras tempranas de maíz, creando la falsa percepción de que el clima se está enfriando.

El crecimiento y desarrollo de los cultivos está más estrechamente relacionado con una cantidad de temperatura acumulada por encima de una temperatura umbral (unidades térmicas) que con respecto al tiempo cronológico, por lo que, de esta manera son generados índices agroclimáticos como los grados-día de desarrollo

(gdd), que asociados a etapas fenológicas de los cultivos, permiten generar modelos fenológicos que con base en datos de temperatura permiten pronosticar las etapas y fases fenológicas de un cultivo, donde los datos del requerimiento térmicos para cada etapa fenológica para diferentes híbridos y variedades de maíz y trigo, son reportados por Aceves (1987), señalando que los requerimientos del maíz, desde la siembra hasta la madurez fisiológica, varían de 1165 a 1720 gdd (base 10ºC). El ciclo se alarga o se acorta si las temperaturas disminuyen o aumentan durante las etapas, por lo tanto en base en los registros históricos y en los modelos fenológicos, se determinaron fechas de siembra, espigamiento y madurez del maíz y trigo para cada año, así como la capacidad térmica e hídrica disponible durante el período de crecimiento del cultivo del maíz (Aceves y Juárez, 2010).

En un trabajo realizado por Mínguez *et al.,* (1998) determinaron que en algunas zonas, los rendimientos y producción de biomasa en zonas de riego se mantienen en torno a la producción potencial, aumentando en algunos casos el cereal de invierno, además el aumento de temperatura en zonas actualmente con inviernos fríos y la mayor radiación solar en la mayoría de los casos, unido a unas altas precipitaciones, contribuye a que no se produzca una caída en los rendimientos, el cultivo de maíz provocando con ello un adelanto en la fecha de madurez del grano de entre 13 y 44 días.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Valle de Culiacán, Sinaloa, en las parcelas experimentales de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS), las cuales se encuentran ubicadas en el kilómetro 17.5 de la maxipista Culiacán-Mazatlán, localizada geográficamente a 24º 36' 58'' de latitud norte y 107º25'48'' de longitud oeste, a una altura de 19 msnm. El clima que se presenta en esta área de estudio es semiárido con precipitaciones en verano, con un promedio anual de 800mm, temperatura media anual de 25 ºC, presentándose una temperatura máxima en verano de 40 ºC y la mínima de 1 ºC en invierno (García, 1988).

Las características físicas del suelo fueron determinadas en el laboratorio de Suelos y Agua de la Facultad de Agronomía de la UAS. Aquí se describen los métodos empleados para las variables físicas. La Densidad aparente (Da) se calculó antes de la siembra con el método de la barrena (cilindro o anillos) (Aguilera y Martínez, 1980).

Textura. Se determinó antes de sembrar con el método del hidrómetro de Bouyoucus (Aguilera y Martínez, 1980); Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, 2002).

Características químicas del suelo. Se determinaron previos a la siembra, en el laboratorio de Suelos y Agua de la Facultad de Agronomía de la UAS. Las profundidades de muestreo para determinar estas propiedades fueron de 0-30 y 30-60 cm. Las muestras de suelos se secaron a una temperatura ambiente, se molieron y tamizaron utilizando una malla No. 10 (con orificio de 2 mm). Posteriormente se describen los métodos empleados para las variables químicas:

Materia orgánica. Se calculó por el método propuesto por Walkley y Black (Jackson,1964; Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000,2002).

Conductividad Eléctrica (CE) y pH. La determinación de la CE se cuantificó del extracto de saturación en una relación de 1:2 suelo y agua (Aguilar *et al.*, 1987; Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT- 2000, 2002), la cuantificación se realizó con un conductímetro modelo Soul-Bridge. El pH se determinó con un potenciómetro, utilizando la solución de $Cacl_2$ 0.01 M (Aguilar *et al*., 1987; Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000,2002).

Las propiedades físicas y químicas del suelo a dos profundidades se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Propiedades físicas y químicas del suelo del área experimental.

Características	Unidades	Profundidad (cm)	
		0-30	30-60
Materia orgánica	%	0.96	0.80
pH	-------	7.92	8.10
C.E	dS m^{-1}	0.54	0.51
$N\text{-}NO_3$	mg kg^{-1}	14	8.6
$P\text{-}PO_4$	mg kg^{-1}	95.20	136.64
K	kg ha^{-1}	1442	1155
Tamaño de partículas			
Arcilla	%	43.26	45.26
Limo	%	17.78	10.96
Arena	%	38.96	43.29
Textura	---------	Arcillosa	Arcillosa

El área experimental fue de 0.4992 hectáreas; la unidad experimental consistió en 12 surcos de 130 m de largo; se utilizaron los dos surcos centrales para evaluar cada tratamiento. Se tomaron 10 plantas por cada tratamiento para su evaluación.

En el experimento se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, con un arreglo factorial 4X3, Cuatro fechas de siembra y tres híbridos, como se muestra en el Cuadro 2. Los híbridos de maíz (*Zea mays* L.) utilizados fueron Garañón, DK-2038 y P-3030.

Cuadro 2. Matriz de factores y tratamientos en un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial 4X3.

Factores	**B (híbridos)**		
A (fecha de siembra)	H1: Garañon	H2: DK-2038	H3: P-3030
	Tratamientos		
F1: 15/01/2011	**F1-H1**	**F1-H2**	**F1-H3**
F2: 8/02/2011	**F2-H1**	**F2-H2**	**F2-H3**
F3: 15/03/2011	**F3-H1**	**F3-H2**	**F3-H3**
F4: 30/03/2011	**F4-H1**	**F4-H2**	**F4-H3**

Las actividades realizadas dentro del manejo agronómico, para llevar a cabo el estudio aparecen relacionadas en el orden de ocurrencia. En cinco de Octubre del 2010 se realizó un piqueo cruzado con un subsuelo de tres picos; posteriormente, el día 23 de octubre del 2010 se realizó doble rastreo con una rastra de 20 discos. El 03 de Noviembre del 2010 se realizó la marca de camas a una distancia de 1.60 m. Las siembras se realizaron los días 15-01-2011, 08-02-2011, 15-03-2011 y 30-03-2011.

Se depositaron 8 semillas por metro lineal para garantizar una densidad de poblacional de 100 000 plantas ha^{-1}

Se tomaron diariamente las variables climáticas en la estación meteorológica del CIAD que se encuentra en la Faculta de Agronomía, la cuales fueron temperatura **(T),** humedad relativa **(H.R),** precipitación **(P)** y la evapotranspiración **(ETc)** que se calculó con el método de *Penman*-Monteith, utilizando el programa CROPWAT versión 8.0 de la FAO.

El primer riego se realizó el primero de enero para llevar el suelo a capacidad de campo utilizando un sistema de riego por goteo con 30 cm de separación entre goteros y un gasto de 1.0 L h^{-1}. Los riegos fueron aplicados cada diez días y la lámina de riego a efectuar estuvo basada en las pérdidas por evapotranspiración que experimentó el cultivo (ETc) durante los intervalos de riego.

La fertilización que se aplicó fue de 300- 80-00 (N-P-K) basado en el análisis químico y de fertilidad del suelo. El fertilizante se aplicó con un equipo de inyección venturi, utilizando urea y ácido fosfórico para suministrar las dosis de nitrógeno y fosforo requeridas por el cultivo. Las dosis de aplicación se realizaron de acuerdo como se muestra en el Cuadro 3, basado en un programa nutricional de la demanda de N del cultivo del maíz y análisis de fertilidad del suelo.

El manejo que se realizó para el control de plagas fue de acuerdo a las recomendaciones del manual técnico para el cultivo de maíz editado por el INIFAP.

La cosecha se realizó el 15 de julio del 2011, se cosecharon manualmente dos surcos distanciados a 0.80 m con una longitud de 10 m (8 m^2), ya obtenida la mazorca se desgrano manualmente; el grano se ajusto al 14% de humedad y se peso por unidad de superficie cosechada (Vallone *et al.,* 2007).

Cuadro 3. Dosificación del nitrógeno de maíz en relación al porciento de desarrollo para cada fecha de siembra

	% de desarrollo mensual	kg de N ha^{-1}	kg de Urea ha^{-1}
	9.44	20	43.48
	15.50	20	43.48
	17.22	40	86.96
	16.67	60	130.43
	17.22	120	260.87
	16.67	40	86.96
	7.22	0	0.00
TOTAL	100.00	300	652.17

Las variables a evaluar fueron: altura de la planta (AP) que se midió desde la base del tallo hasta la base de la espiga, utilizando una cinta métrica (Andrade *et al.,* 1996); el diámetro del tallo (DT) se registró al momento de que el tallo estuvo bien desarrollado a dos centímetros arriba de la base del tallo, utilizando un vernier (Andrade *et al.,* 1996). Fenología (V_e a R_6). Se registró cada semana, al observar las hojas desarrolladas o cuando se observó el collar de la hoja completamente desarrollado (Andrade et al., 1996). Estados Reproductivos. R1= emergencia de estigma, R2=cuaje (ampolla), R3=grano lechoso, R4=grano pastoso, R5=grano dentado, R6=madurez fisiológica (Ritchie y Hanway, 1982). Biomasa total (BT) Se determinó al final del ciclo, a través de la combinación de los muestreos destructivos y con el peso seco de las plantas cosechadas en cada unidad experimental (Ritchie y Hanway, 1982) Longitud de la mazorca (LM). Se cuantificó utilizando una cinta métrica de la base de la mazorca al ápice de ésta, al estar en R6 o a madurez fisiológica (Andrade *et al.,* 1996). Peso de mil granos (PG). Se contaron 1000 granos de cada tratamiento y se pesaron al momento de que la planta se encontró en R6 o

madurez fisiológica (Andrade *et al.,* 1996). Índice de cosecha (IC). Se determinó al final del ciclo, a través de la combinación de los muestreos destructivos y con el peso seco del grano y plantas cosechadas en cada unidad experimental utilizando la siguiente formula IC= MS grano**/**MS biomasa aérea (Stenbach *et al*., 1999).

La eficiencia en el uso del agua (EUA) se determinó mediante la ecuación: EUA= Yg/L; donde L= lámina total de agua aplicada en mm y EUA se expresa en kg ha^{-1} mm-1 (Al-Kaisi et al., 2003). El nitrógeno total se analizó en hoja, tallo, grano y olote, para determinar el % de nitrógeno de acuerdo con el método de Micro Kjeldahl. El N acumulado (g) por planta se calculó como el producto de la concentración de N de cada órgano por su peso seco, según el método de (Nelson y Sommers, 1973).

Las unidades calor se cuantificaron con el método mas utilizado en el cultivo del maíz que es el método residual propuesto por (Wang, 1960) y (CROSS y ZOBEB, 1972).

CHU= ((Tmax+Tmin)/2) - Umín

Donde: Temperatura máxima diaria (Tmax)

Temperatura mínima diaria (Tmin)

Temperatura base (Umín)= 10°C

Para el análisis estadístico de las variables respuesta se utilizó el paquete estadístico SAS System for Windows (SAS Institute,1998). La prueba de comparación múltiple de medias que se evaluó con la prueba de Tukey, con un intervalo de confianza ($\alpha \leq 0.05$), y se realizó un análisis de varianza para cada variable.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1. Requerimiento hídrico (ETc) de la planta de maíz durante su desarrollo.

En la Figura 1 se puede observar que, hasta los 130 días del ciclo de vida del maíz, el requerimiento de agua fue 13.4% menor cuando se sembró el 15/01/2011, con respecto al requerimiento que se tuvo en la parcela sembrada el 30/03/2011; asimismo, el ciclo del maíz se redujo y la ETc se incrementó en relación a la que se observo en las parcelas sembradas el 08/02/2011 y 15/03/2011. Tanto que la disminución del ciclo biológico del maíz como el incremento de la ETc se pueden atribuir al aumento de la temperatura, lo que afecta de manera directa la tasa de transpiración de las plantas, lo que coincide con Ojeda *et al.* (2011), ya que ellos llegaron a la conclusión que el incremento de las temperaturas provoca una reducción en la demanda hídrica de la planta por el acortamiento del ciclo biológico de la misma; sin embargo, esto dependerá de dos aspectos a considerar, el tiempo de acortamiento del ciclo y las condiciones del clima que predominen bajo diferentes fechas de siembra.

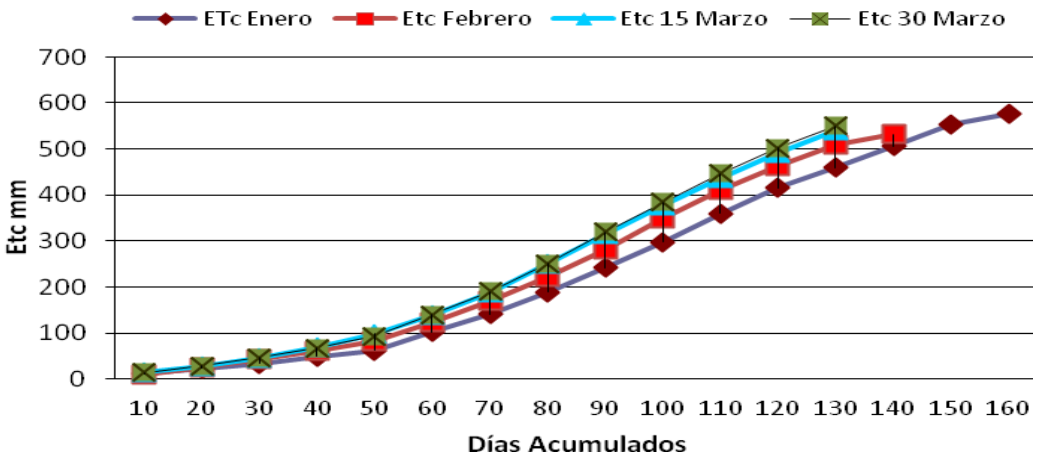

Figura 1.- Necesidades hídricas acumuladas en el cultivo de maíz (ETc) en cuatro fechas de siembra.

7.2. Requerimiento térmico del maíz (UC)

En la Figura 2 se puede observar, que el comportamiento de la acumulación de unidades calor (UC) en el ciclo del cultivo de maíz, fue significativamente mayor en la fecha de siembra del 15 de enero, con el hibrido Garañon, esté hibrido muestra que es de ciclo más largo, observando que las UC acumuladas durante cada fecha de siembra siempre fueron superior a los demás híbridos evaluados. En cambio los requerimientos térmicos para el híbrido DK-2038, aunque fuero menor a los obtenidos con el hibrido Garañon, fueron significativamente mayor que al híbrido P-3030. El ciclo biológico fue más corto con el hibrido P-3030, donde los días a madurez fueron 155, 139, 119 y 116 días, para las fechas de siembra del 15 de enero, 8 de febrero, 15 y 30 de marzo, respectivamente, lo que indujo que la UC acumuladas fueran menores que Garañon y DK2038. La disminución del ciclo biológico de la planta muestran un efecto adverso en los rendimientos (Figura 7), lo anterior coincide por lo señalado por Ojeda *et al (*2011), donde la reducción del ciclo fenológico de los cultivos se traducirá en reducción del rendimiento. Además en la reducción de biomasa total como se observa en la figura 5.

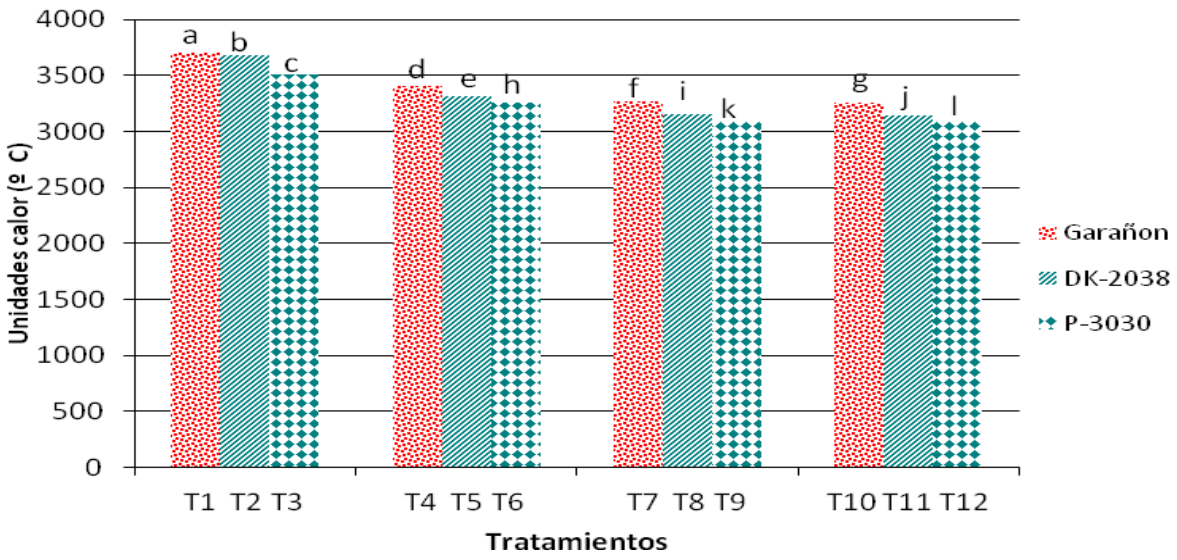

Figura 2. Unidades calor o grados diarios acumulados en el ciclo del cultivo de maíz de tres híbridos y cuatro fechas de siembra.

7.3. Lámina de agua aplicada al cultivo de maíz

En la Figura 3 se muestran los valores de las láminas de agua aplicada en el cultivo de maíz, de tal manera que con ello se hace notar que cuando se sembró en Febrero el volumen de agua fue 9.8% mayor con respecto al volumen requerido en la parcela sembrada en Enero, así como 2.3 y 6.3%, respectivamente, con relación a los requerimientos que se tuvieron en las poblaciones sembradas el 15 y 30 de Marzo.

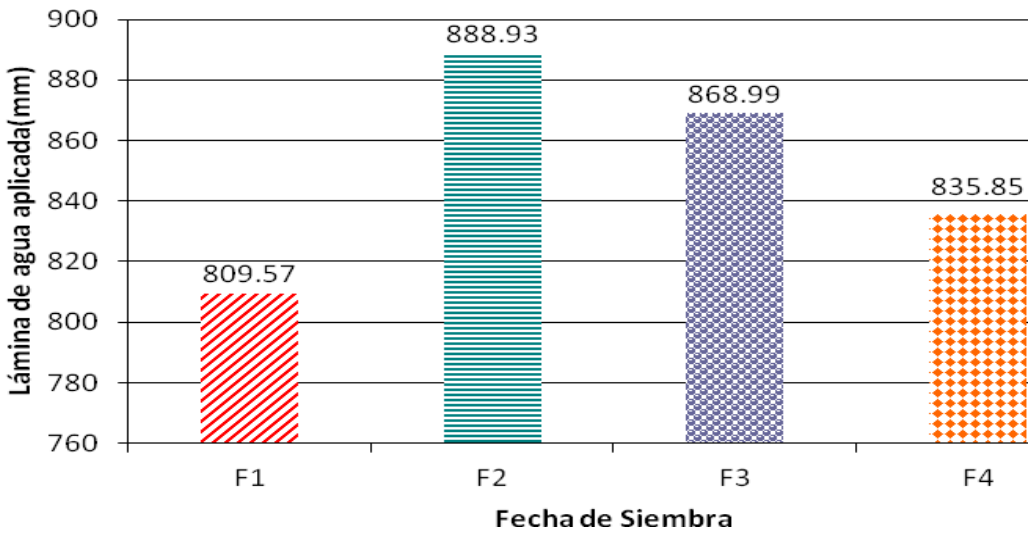

Figura 3. Lámina de agua aplicada en el maíz bajo cuatro fechas de siembra

La lámina de agua aplicada en el maíz sembrado el 15 de Enero fue menor en un 3.1% con respecto a la lámina aplicada en la parcela sembrada el 30 de Marzo, y en 6.8% en relación a la que se aplicó en la parcela sembrada el 15 de Marzo. Este incremento en el consumo de agua, según resultados de Ojeda *et al.* (2006), se deben a incrementos en la evaporación. Considerando que la zona agrícola del Valle de Culiacán se caracteriza por ser una zona semiárida, es importante ahorrar agua, por lo que entre más se aleje de la fecha óptima de siembra, se corre el riesgo de mayor consumo de agua y se acortan los intervalos de riego, sin un incremento sustancial en los rendimientos.

7.4. Eficiencia en el uso del agua (EUA) en el cultivo de maíz.

En la Figura 4 se puede apreciar como fluctuaron los valores de la eficiencia en el uso del agua (EUA) por parte del maíz, de tal forma que con el híbrido Garañón y la fecha de siembra del 15 de Enero, se obtuvo la mejor respuesta, puesto que la EUA fue consistente en la disminución conforme se alejó del 15 de Enero, ya que en la parcela de maíz sembrada el 08 de Febrero la EUA decreció 26.6%; en el que fue sembrado el 15 de Marzo disminuyó 11.9% y 33.1% en el que se sembró el 30 de Marzo. En el híbrido DK-2038 la EUA se redujo a partir de la fecha de siembra del 15 de Marzo, en cuya población la EUA fue 8.3% menor, en comparación a la EUA en el maíz sembrado el 08 de Febrero, y de 25.7% en la que se sembró el 30 de Marzo. En el Material P-3030, la EUA tuvo una tendencia similar a la del DK-2038, toda vez que en el maíz sembrado el 15 de Marzo la EUA disminuyó 7.7% y 15% en el que se sembró el 30 de Marzo, con respecto al valor de la EUA estimada en la población que se sembró el 08 de Febrero. Lo anterior indica que los factores del clima y fechas de siembra del maíz son importantes para mejorar la EUA (Ojeda et al., 2006). Según Hattendorf *et al.* (1988), los valores mínimos y máximos de EUA para maíz son de 10 – 24 kg ha^{-1} mm^{-1}, por lo que los tres cultivares tuvieron una EUA dentro del rango en cuestión (Figura 4), cuando fueron sembrados el 15 de Enero y 15 de Marzo. No obstante, en la misma figura también se denota que la EUA puede variar de acuerdo al genotipo, ya que el híbrido Garañón fue más eficiente en la mayoría de las fechas de siembra, en el uso del agua en comparación con DK-2038 y P-3030; y a su vez DK-2038 superó a P-3030, en términos de porcentajes.

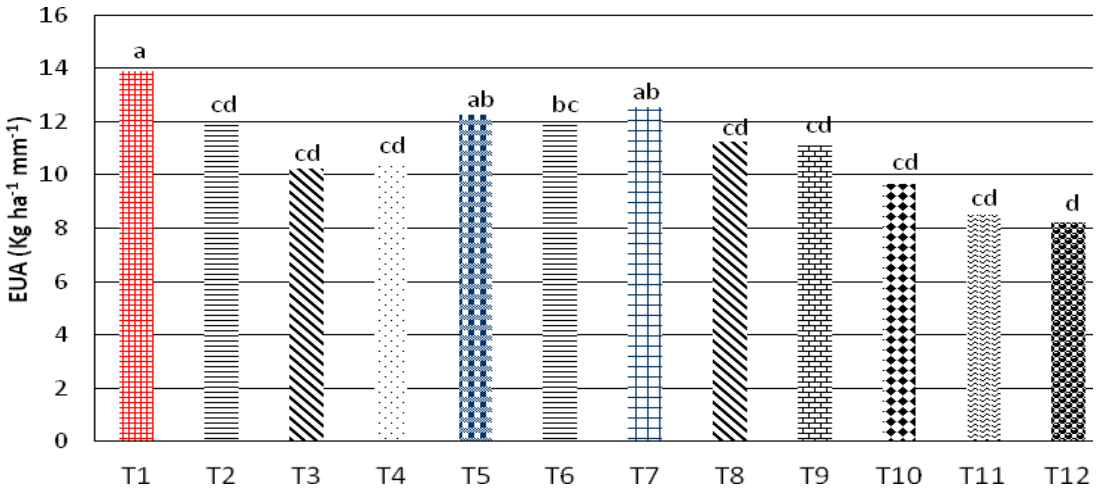

Figura 4. Eficiencia en el uso del agua del maíz por la interacción de cuatro fechas de siembra y tres híbridos

7.4. Altura de planta

Los resultados obtenidos del análisis estadístico para la altura de planta mostraron diferencia significativa (P≤0.05) debido al efecto de la interacción de la fecha de siembra y el híbrido (Cuadro 4). Al considerar todas las fechas de siembra, la mayor altura de plantas se logró con la interacción de la fecha de siembra en febrero y el híbrido P-3030, seguida de la que expresó Garañón y DK-2038. No obstante, este carácter no ocurrió con clara tendencia a disminuir en cada híbrido, conforme se alejó de la fecha de siembra del 15 de Enero, como sucedió con la ETc, lámina de agua, rendimiento de grano y EUA, por lo que esta respuesta de los tres híbridos no coincide con lo observado por Barrios *et al.* (2004) y Wiatrak *et al*. (2004 y 2005), ya que estos determinaron que el maíz tiene un crecimiento diferencial en altura al cambiar la fecha de siembra, lo que a su vez puede ser debido a los genotipos utilizados.

7.5. Diámetro de Tallo

Los resultados que se muestran en el Cuadro 4, se aprecia que el diámetro del tallo mostró diferencias significativas (P≤0.05) entre las interacciones fecha de siembra e híbrido. Sin embargo al revisar los promedios por cada cultivar, se puede notar que en Garañón y DK-2038 este carácter no varió conforme se cambio la fecha de siembra; mientras que en el híbrido P-3030 persistió la disminución del diámetro del tallo, en la medida que se alejó de la fecha de siembra del 15 de Enero, de tal manera que los resultados que se obtuvieron con los cultivares Garañón y DK-2038 no coinciden con los de Luchsinger y Camilo (2008), pero los que se obtuvieron con P-3030 si coinciden con los autores referidos, ya que ellos reportaron que en el maíz se presenta una tendencia a disminuir el diámetro del tallo, a medida que se retrasa la fecha de siembra. Estos resultados también permiten notar que la respuesta depende de los genotipos que se utilicen para la investigación.

7.6. Peso de mil granos

El peso de 1000 granos tuvo un incremento significativo del 15.8 % con la interacción fecha de siembra del 15 de Enero y el híbrido Garañón en comparación con el peso que se obtuvo con la interacción fecha de siembra 30 de marzo y el híbrido P-3030; mientras que con DK-2038 al realizar el análisis los incrementos fueron de 9.9 y 24.1%, en comparación al peso que se obtuvo cuando se sembraron el 15 y 30 de marzo; en tanto que con la fecha de siembra del 08 de febrero y el cultivar P-3030, los incrementos fueron de 20.4 y 32.5%, comparado con el peso de 1000 granos del mismo híbrido sembrado el 15 y 30 de marzo (Cuadro 4). Esto significa que a medida que se aleje de la fecha de siembra del 15 de Enero, al utilizar el cultivar Garañón, o

conforme se aleje del 08 de Febrero, al utilizar los híbridos DK-2038 y P-3030, el peso de grano disminuye, lo que también deja en claro la diferencia de respuesta genotípica, en la medida que se aleja de la fecha de siembra óptima. Esto tiene relación con los resultados de Barrios *et al.* (2004) y Wiatrak *et al*. (2004 y 2005) quienes han referido que el rendimiento de grano y otros caracteres del maíz, presentan un comportamiento diferencial al cambiar la fecha de siembra.

7.7. Longitud de mazorca

La longitud de la mazorca del cultivo de maíz presentó diferencia significativa ($P \leq 0.05$), pero la tendencia de la respuesta fue a incrementar este carácter conforme se alejó de las fechas de siembra del 15 de enero y del 08 de febrero (Cuadro 4) con cada uno de los cultivares (Garañón, DK-2038 Y P-3030). Estos resultados contrastan con los obtenidos por Lushinger y Camilo (2008), ya que ellos reportaron que cuando se atrasa la fecha de siembra, sucede una reducción en la longitud de la mazorca. La discrepancia entre resultados quizás pueda ser por el tipo de cultivares y las condiciones climáticas que se tengan en los lugares en que se hicieron los experimentos.

Cuadro 4. Resultados de la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey de las variables fenotípicas del experimento.

INTERACCIÓN	Altura de planta (cm)	Diámetro de tallo (cm)	Peso de 1000 granos (g)	Longitud de Mazorca (cm)
T1:F1H1	223.3 bc	2.07 bc	398.29 a	15.76 cd
T2:F1 H2	214.4 cd	2.09 a	373.08 ab	15.28 cd
T3:F1H3	226.77 bc	1.99 bc	358.82 bc	15.09 de
T4:F2 H1	229.9 bc	2.19 a	379.07 ab	15.44 cd
T5:F2 H2	231 bc	2.06 bc	378.75 ab	14.04 de
T6:F2 H3	247.55 a	1.87 cd	379.70 ab	12.93 e
T7:F3 H1	210.87 cd	2.01 bc	370.54 ab	16.06 cd
T8:F3 H2	195.95 d	1.86 cd	339.51 cd	15.46 cd
T9:F3 H3	219 cd	1.62 e	315.21 de	15.29 cd
T10:F4 H1	231.7 bc	2.08 ab	343.88 cd	18.80 a
T11:F4 H2	225 bc	2.03 bc	300.65 de	17.82 ab
T12:F4 H3	246.3 ab	1.71 de	286.65 e	16.48 bc

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, α≤0.05).

7.8. Biomasa Total

Los análisis de varianza realizados para las interacciones Fecha de siembra e híbrido, presentaron diferencias estadísticas significativas (P≤0.05) de acuerdo como se muestra en la (Figura 5). No obstante la tendencia persistente de la respuesta fue a disminuir este carácter, a medida que se alejó de las fechas de siembra del 15 de Enero y 08 de Febrero para los cultivares Garañón y P-3030, pues la respuesta del híbrido DK-2038 no fue persistente en las fechas del 15 y 30 de Marzo. Según información recabada por Andrade y Sadras (2000), condiciones de alta temperatura, radiación y evaporación, así como baja humedad relativa y fuertes vientos afectan el

crecimiento de las plantas cultivadas. De tal manera que parte de estas condiciones ambientales quizás ocasionaron menor acumulación de biomasa en los cultivares Garañón y P-3030, cuando se sembraron el 15 ó 30 de Marzo, en comparación con la respuesta que se tuvo al ser sembrados el 15 de Enero o el 08 de Febrero; mientras que en DK-2038 la respuesta fue diferente, ya que el promedio de biomasa sólo disminuyó cuando se sembró el 15 de Marzo.

Con lo anterior también se pone de manifiesto la variación de respuesta genotípica en este carácter ante condiciones ambientales, así como la eficiencia en la acumulación de materia seca en el órgano de cosecha, ya que en esta investigación se determinó mayor producción de grano (12.7%) en el cultivar Garañón con respecto a DK-2038 y 15.9% en relación a P-3030, cuando fueron sembrados el 30 de Marzo, puesto que Garañón acumuló menor cantidad de materia seca que DK-2038, sin que entre los respectivos promedios ocurriera diferencia estadística.

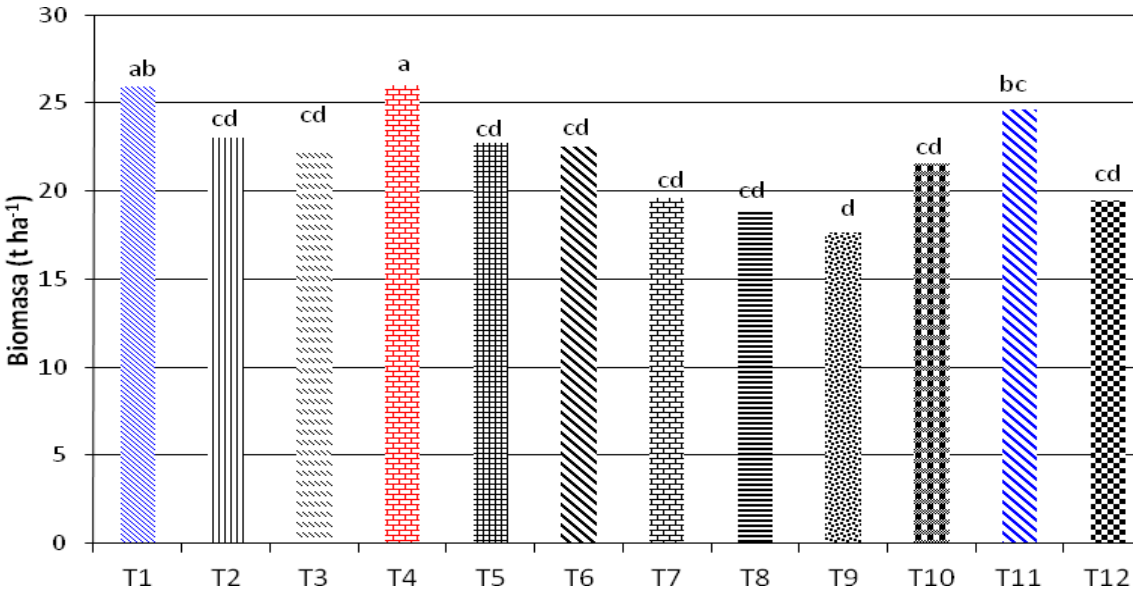

Figura 5. Biomasa Total (BT) en maíz por la interacción de cuatro fechas de siembra y tres híbridos.

7.9. Nitrógeno absorbido por el maíz

En la Figura 6 se observa como fluctúa la absorción de nitrógeno del maíz, en las distintas interacciones, de tal manera tenemos que para el híbrido Garañón presentó un valor mayor en la fecha de 08 de Febrero y conforme se fue alejando la fecha de siembra absorción de nitrógeno no fue decreciendo, ya que para la población sembrada el 15 de Enero la absorción de nitrógeno decreció en un 12%; para la parcela sembrada en 15 y 30 de Marzo disminuyó en un 18% para ambas poblaciones. Con el híbrido DK-2038 la absorción de nitrógeno se redujo en un 26% para la parcela sembrada el 15 de Enero en comparación a la parcela sembrada el 30 de marzo; y para las poblaciones sembradas en 08 de Febrero decreció 28% y 41% en el que se sembró el 15 de marzo. En el genotipo P-3030, la absorción de nitrógeno tuvo una tendencia similar a los otros genotipos, en la parcela sembrada el 15 de enero la absorción de nitrógeno disminuyó en un 18% con respecto a la población sembrada el 30 de Marzo; y para las parcelas sembradas en 08 de Febrero y 15 de marzo decrecieron en un 32.4 y 12% respectivamente. De acuerdo a estos resultados la absorción de nitrógeno es mayor en la fecha de siembra tardía esto concuerda con Lincoln y Zeiger (2006), demostró que las plantas a temperaturas más bajas de las normales disminuyen la velocidad de absorción de agua y de soluciones nutritivas por parte del sistema radicular, disminuyendo la velocidad de tras locación interna de las soluciones absorbidas. Se reducen las sustancias nitrogenadas asimiladas y se hace especialmente lenta la síntesis de proteínas.

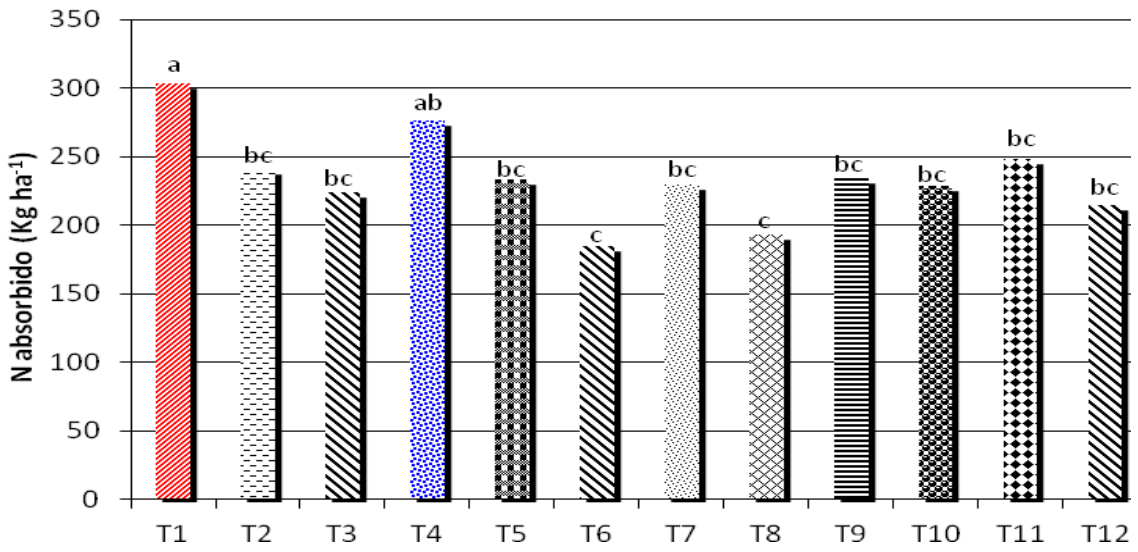

Figura 6. Nitrógeno absorbido por el cultivo de maíz por la interacción de cuatro fechas de siembra y tres híbridos.

7.10. Rendimiento de grano en maíz

Los resultados obtenidos muestran diferencia estadística (P≤0.05) en respuesta a la interacción fecha de siembra e híbrido. Con la prueba de comparación de medias que se observó que si el híbrido Garañón se siembra el 15 de Enero se obtiene un incremento de 21.2 y 39% en rendimiento de grano, comparado con los respectivos rendimientos que se obtuvieron el 08 de Febrero y el 30 de Marzo, ya que con respecto al rendimiento del mismo híbrido sembrado el 15 de Marzo, la respuesta no fue estadísticamente diferente. Con los híbridos DK-2038 y P-3030 quienes no se observaron diferencias estadísticas entre los rendimientos obtenidos en las distintas fechas de siembra, pero el rendimiento del híbrido DK-2038 disminuyó 6.7% en la parcela que fue sembrada el 15 de Marzo, y 33.3% en la correspondiente a la fecha de siembra del 30 de Marzo, en comparación con el rendimiento que se obtuvo con el mismo híbrido sembrado el 08 de Febrero. Algo similar ocurrió con el híbrido

P-3030, toda vez que las reducciones fueron de 4.8 y 33% con respecto al rendimiento que se obtuvo de la parcela sembrada el 08 de Febrero. Lo anterior índica que conforme se alejó de la fecha óptima para siembra el rendimiento de grano decreció, lo que a su vez concuerda con lo referido por Ramírez *et al*. (2010), puesto que ellos descubrieron que la temperatura máxima diurna y la fecha de siembra son los factores de mayor influencia en el rendimiento del maíz.

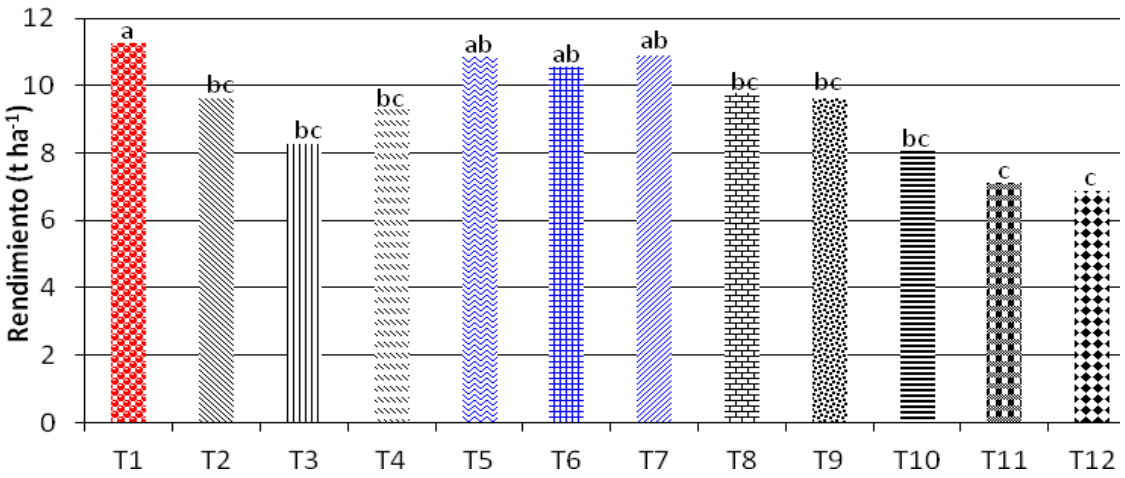

Figura 7. Rendimiento promedio de grano de maíz por la interacción de cuatro fechas de siembra y tres híbridos.

7.10. Incremento en los costos de producción

Los costos de producción se elevaron a medida que las fechas de siembra se alejaban de las fechas optimas de siembra para la región de estudio, mostrando que las fechas de enero el numero de aplicaciones de insecticidas fue menor respecto a la fechas de febrero y marzo, el aumento en los costos por este rubro fue superior en un 33.33 y 52.94% respectivamente, en comparación a la fecha de siembra de enero.

VIII. CONCLUSIONES

Las variables fenotípicas muestran un comportamiento diferencial con las cuatro fechas de siembras evaluadas, atribuible a los híbridos de maíz evaluados.

Las fechas de siembra de febrero y marzo acortan el ciclo de desarrollo biológico de la planta, provocando una reducción en la demanda hídrica de la planta de maíz, pero además se ve reducida la eficiencia en el uso del agua.

El hibrido Garañón con fecha de siembra del 15 de enero contribuyo a un mayor peso de grano y mayor rendimiento.

El aumento de los costos de producción por el uso de insecticidas fue mayor en las fechas de marzo.

IX. LITERARTURA CITADA

Aceves, N. L. A., Juárez, L. J. F. 2010. El cambio climático en la década de los Ochenta y su evaluación a través de parámetros agroclimáticos. Revista el cotidiano. (159): 69 – 77p.

Aceves, N. L. A. 1987. "Agroclimatic Procedures Related to Crop Production in the North Central Region of the USA", Tesis de doctorado, Lincoln, NE: University of Nebraska.

Aguilar, S. A., Etchevers, B. J. D., Castellanos, R. J. Z. 1987. Análisis químicos para evaluar la fertilidad del suelo. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 217 p.

Aguilera, C. M., Martínez, R. E. 1980. Relaciones agua suelo planta atmósfera. Depto. De Irrigación, Universal Autónoma de Chapingo, Chapingo, México. 321 p.

Al-Kaisi, M.M. and Yin, X. 2003. Effects of nitrogen rate, irrigation rate, and plant population on corn yield and water use effiency. Agron. J. 95:1475-1482.

Allen, R. G.; Gichuki, F. N.; Resenzweig, C. 1991. CO2-Induced climatic changes and irrigation-water requirements. J. Water Resources Planning and Manage. 117: 157-178.

Andrade, F.H.; Cirilo, A.; Uhart, S.; Otegui, M.E. 1996. Ecofisiología del cultivo de maíz. Dekalbpress, Buenos Aires, Argentina.

Andrade, F.H.; Sadras, V. O. 2000. Efectos de las sequías sobre el crecimiento y rendimiento de los cultivos. En Bases para el Mejoramiento del Maíz, el

Girasol y la Soja. Editorial Médica Panamericana, Buenos Aires. Argentina, pp. 173-206.

Avendaño, A. C. H.; Molina, G. J.; Trejo, L. C.; López, C. C.; Cadena, I. J. 2008. Respuesta a altos niveles de estrés hídrico en maíz. Revista Agronomía Mesoamericana 19(001): 27-37.

Barrios, A. A.; Turrent, F. A. ; Cortés, F. J. I.; Ortiz, S. C. A. ; Gómez, M. N. O.; Martínez, G. A. 2004. Interacción genotipo x prácticas de manejo en híbridos de maíz. Efecto sobre el diseño de recomendaciones. Rev. Fitotec. Mex. 4: 399-408p.

Bob, N. R. L. 2010. Heat Unit Concepts Related to Corn Development. Agronomy Dept. Purdue Univ. West Lafayette

Brown, D.M.; Bootsma, A. 1993. Crop heat units for corn and other warm-season crops in Ontario. Ontario Ministry of Agriculture and Food Factsheet No. 93-119, Agdex 111/31, p. 4.

Cantarero, M.G.; Luque, S. F. ; Rubiolo, O. J. 2000. Efecto de la época de siembra y la densidad de plantas sobre el número de granos y el rendimiento de un híbrido de maíz en la región central de Córdoba (Argentina). Revista AGRISCIENTIA. 18: 3-10.

Challinor, A. J. ; Ewert, F. ; Arnold, S.; Simelton, E.; Fraser, E. 2009. Crops and climate change: progress, trends, and challenges in simulating impacts and informing adaptation. J. Exp. Bot. 60(10): 2775-2789.

CIAS.1977. Guía para la Asistencia Técnica Agrícola. Centro de investigaciones Agrícolas de Sinaloa. Secretaría de Agricultura y Ganadería. México. 159 p.

Cirilo, G. A. 2004. Fecha de Siembra y Rendimiento en Maíz. Revista IDIA 6: 122-127.

Conde, C. 2006. Tercera Comunicación Nacional de México ante la CMNUCC. SEMARNAT. Revisado (07/Feb/2012). Disponible en: http://www2.ine.gob.mx/descargas/cclimatico/t3cn_cecilia_conde.pdf

Conde, C. ; Ferrer, R.M.; Magaña, V.; Araujo, R.; Gay, C. 2000. Regional Climate Forecast for Summer of 2000 and it's application in the Agricultural Activities of Tlaxcala, Mexico. Proceedings of the International Forum Climate Prediction, Agriculture and Development, April 26 –28, 2000. Palisades, New York.

Cross, H. Z. ; Zuber, M. S. 1972. Prediction of flowering dates in maize based on different methods of estimating thermal units. Agronomy Journal, 64:351-355.

Ebert, E.F. 2007. El valor de la información climática en los cultivos de Maíz y Soja. Analizando el impacto de escenarios de mediano y largo plazo sobre la producción y su resultado económico. Mundo Agro 2007. http://yyy.rsmas.miami.edu/groups/agriculture/pubs/meetings/presentations/Bert_MundoAgro_abstract.pdf (Fecha de Consulta Febrero de 2011).

Echeverría, J. 2006. Selección de escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero para desarrollar escenarios de cambio climático en Centroamérica, San José, Costa Rica, CRRH/UCR/CIGEFI/AIACCLA06, 2004, AIACC-LA06, Impacts and Adaptation to Climate Change and Extremes Events in Central America, SICA, CRRH, UCR y Geophysical Research Center.

Escalante, E. J. A. ; Escalante, E. L. E.; Rodríguez, G. M. T. 2001. Producción de frijol, en dos épocas de siembra: su relación con la evapotranspiración, unidades calor y radiación solar en clima cálido. Revista Terra 19: 309-315.

FAO. 1992. Cambio Climático: Agricultura mundial y medio ambiente rural. Grupo de trabajo sobre el Cambio Climático. Roma, Italia. Ipp.

FAO. 2011. El maíz blanco: Un grano de comida tradicional en los países en desarrollo. Revisado (15/Ago./2011). Disponible en: http://www.fao.org/docrep/w2698e/w2698e03.htm

FENALCE. 2010. Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas. Revisado (25-Nov-2010). Disponible en :http://www.fenalce.org/amplia_not.php?id=87c1c8d9cc76deee30960db45dd196cb&fecn=2008-03-03&can_pa=37id=7fb689da721f6b3a65b6b0e12573969b&fecn=2007-04-25&can_pa=37.

Fischer, G. ; Shah, M.; Tubiello, F. N.; Van Velhuizen, H. 2005. Socio-economic and climate change impacts on agriculture: an integrated assessment, 1990 -2080. Journal The Royal Society. 2067-2083 p.

Flores, E. M. ; Araujo, R.; Betancourt, E.; Liverman, D. 1996. Comportamiento de la superficie potencialmente apta para el cultivo del maíz de temporal ante un cambio climático. Memorias del Segundo Taller de Estudio de País: México. México Ante el Cambio Climático. Cuernavaca, Morelos. Pp.179-184.

Flores, G. H. 2010. Impacto del cambio climático en los distritos de riego de Sinaloa. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Edo. De México. 184 p.

Galindo, R.J.G. 2000.Condiciones ambientales y de contaminación en los ecosistemas costeros de Sinaloa. Universidad Autónoma de Sinaloa. Sinaloa, México. 158 p.

García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. Instituto de Geografia. UNAM, México. 217 p.

García, O., Otero, A. S., Adriana. 2007. México como el centro de origen del maíz y elementos sobre la distribución de parientes silvestres y variedades o razas de maíz en el norte de México. Revista de Geografía Agrícola. 038: 141-152.

García, S. J. A., Rebollar, R. S., Rodríguez, L. G. 2006. Competitividad, cupos de importación y comercialización de maíz de Sinaloa. Revista Ciencia Ergo Sum. 13 (001): 57-67.

Gutierrez y col., 1975: An analysis of cotton production in California: A model for Acala cotton and the effects of the foliators on its yield. Environmental Entomology, 4: 125-136.

Hattendorf, M.J.; Redelf, M.S.; Amos, B.; Stone, L.R.; Gwin, R.E. 1988. Comparative water use characteristics of six row crops. Agron. J. 80: 80-85.

Iglesias, A. 1995. Modelling the effects of climate change on crops at the regional scale: Effects on wheat and maize in Spain. In: Harrison, P.A., Butterfield, R.E. and Downing, T.E. (Eds). Climate Change and Agriculture in Europe. Assessment of Impacts and Adaptations. Research Report No 9, Environmental Change Unit, University of Oxford, Oxford, UK. pp. 310-319.

Iglesias, A. ; Quiroga, G. S. 2002. Influencia del clima sobre la productividad agrícola en España. Pp.1-19.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 1992. Scientific assessment of climate change. WMO-UNEP. Geneva, Switzerland. 24 p.

IPCC, 2007b, (Panel Intergubernamental de Cambio climático), Change, 2007: Adaptation and Vulnerability, contribución del Grupo de trabajo I al cuarto reporte de evaluación del IPCC, 2007.

IQCOM Inteligencia Comercial. Anuncian gobierno federal y sectores productivos acuerdo para estabilizar el precio de la tortilla. Enero18, 2007. Producción de Etanol en Estados Unidos. Revisado (25/Oct/2011). Disponible en: http://www.semillasdevida.org.mx/maiz.htm

Jones, C. A. ; Kiriny, R. 1986. CERES-Maize: A Simulation Model of Maize Growth and Development. Texas: A & M University Press. College Station.

Jorqueta, F. E., Orrego, V. R. 2010. Impacto del calentamiento global en la fenología de una variedad de vid cultivada en el Sur de Chile. Revista Agrociencia. 44(004): pp. 427-435. ISSN 1405-3195.

Karam, Q.C. y Beraud, L.J.L. 2003. Sinaloa y su ambiente: Visiones del presente y perspectivas. Universidad Autónoma de Sinaloa. Sinaloa, México 362 p,

Kucharik, C. J. ; Serbin, P. S. 2008. Impacts of recent climate change on Wisconsin corn and soybean yield trends. Journal environmental research letters. 3 (003):

Li, Q. Q., Chen, Y. H., Liu, M. Y., Zhou, X. B., Dong, B. D., Yu, S. L. 2007. Effect of irrigation to winter wheat on the soil moisture, evapotranspiration, and water use efficiency of summer maize in north china. Revista Transactions of the ASAE. 50: 2073-2079.

Lincoln, T.; Zeiger, E. 2006. Fisiología vegetal. Editorial Universidad Jaume. 3ra. Edición. Pág. 80.

López, S.T.; González, R.F.; Dueñas, G.; Cid, L.G. ; Sierra, J.; Ozier, L.H. 2006. Modelación del manejo óptimo del agua en suelos Ferralíticos del sur de La Habana. Rev. C. Técn. Agrop., 15: 37-41.

Lozanoff, J. 2008. El impacto del cambio climático sobre la agricultura argentina: un estudio económico. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Disponible en: www.inta.gov.ar/ies/docs/otrosdoc/Impacto_cambio_climático.pdf

Luchsinger, L. A.; Camilo, F. F. 2008. Cultivares de maíz dulce y su comportamiento frente a distintas fechas de siembra en la VI Región. Revista IDESIA (Chile). 268 (002): 45-52.

Makadho, J. M. 1996. Potential effects of climate change on corn production in Zimbabwe. Revista climate Research. 6: 147-151.

Metzler, M. J., Valentinuz, O., Uhart, S. 2007. Híbridos de maíz con germoplasma de origen tropical: ¿una opción para fechas tardías?. Grupo Eco fisiología Vegetal y Manejo de Cultivos. INTA EEA Paraná. Disponible en: http://www.inta.gov.ar/parana/info/biblioteca/publicaciones/Serie_Ext_44_05.PDF

Mínguez M.I. e Iglesias, A. 1996. Perspectives of future crop water requirements in Spain: the

Mínguez, M.I., Guereña, A., Díaz, A. C.G., Ruiz, R. M. 1998. Aplicación de los modelos regionales de clima a la predicción de los posibles efectos del cambio climatic en las dotaciones de riego. CEDEX: P97-0260-329B.

Montemayor, T. J. A., Gómez, M. O., Olague, R. J., Zermeño, G. A., Ruiz, C. E., Fortis, H. M., Salazar, S. E. y Aldaco, N. R. 2006. Efecto de tres profundidades de cinta de riego por goteo en la eficiencia de uso de agua y en el rendimiento de maíz forrajero. Técnica Pecuaria México 44:359-364.

Montoya, G. L., Armenta, B. A. D. 2010. Reflexiones sobre el impacto socioeconómico del cultivo de maíz en Sinaloa. Revista Ra Ximhai. 6(001): pp. 69-72

Morales, Z. F. 2007. El impacto de la biotecnología en la formación de redes institucionales en el sector hortofrutícola de Sinaloa, México. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona Departamento de geografía física y análisis geográfico regional. p. 238.

Neild, R. E., Richman, H. N., Seeley, M. W. 1979. Impacts of Different Types of Temperature Change on the Growing Season for Maize. Agric. Meteorol. 20: 367-374.

Nelson, D. W. and Sommers, L. E. 1973. Determination of total nitrogen in plant material. Agron. Journal. 65: 109-112.

Nyong, A. 2008. “Climate Change Impacts in the Developing World: Implications for Sustainable Development”. Brookings Institution Press, Wáshington, D.C. International Journal of Sustainable Development & World Ecology. 16: 451-461.

Ojeda, B. W., Sifuentes, I. E., Iñiguez, C. M., Montero, M. M. 2011. Impacto del cambio climático en el desarrollo y requerimientos hídricos de los cultivos. Revista Agrociencia. 45: 1-11.

Ojeda, B. W., Sifuentes, I. E., Unland, W. H. 2006.Programación integral del riego en maíz en el norte de Sinaloa, México. Revista Agrociencia. 40 (001): 13-25.

Olalde, G. V.M., Escalante, E. J.A., Sánchez, G. P., Tijerina, C. E.M., Engleman, C., Mastache, L. A. A. 2000. Eficiencia en el uso del agua y del nitrógeno y rendimiento del girasol, en función del nitrógeno y densidad de población en clima cálido. Terra 18: 51-59.

Orestes, N., Shrade, F. K., Beliz, K. 1994. Verification, validation and confirmation on numerical models in the earth sciences. Revista Science 263: 641-646.

Ortiz, P., Terrón, I. R. E., Daniel, A., Gómez, M., Orlando, N., Robledo, G., Iván, E. 2005. Componentes genéticos en poblaciones heteróticamente contrastantes de maíz de origen tropical y subtropical. Revista Agronomía Mesoamericana. 16 (002): 145-151.

Otegui, M.E., Melón, S. 1997. Kernel set and flower synchrony within the ear of maize: I. Sowing date effects. Journal Crop Science. 37:441-447

Paliwal, R. L. 1999. Introducción al maíz y su importancia. Revisado (10/Dic/2010). Disponible en: http://www.fao.org/docrep/003/x7650s/x7650s02.htm#TopOfPage

Ramírez, D. J. L., Wong, P. J. J., Ruiz, C. J. A., Chuela, B. M. 2010. Cambio de fecha de siembra del maíz en Culiacán, Sinaloa, México Rev. Fitotec. Mex. 33 (1): 61–68.

Rincón, T. J. A., Castro, N. S., López, S. J. A., Huerta, A. J., Trejo, L. J., Briones E. F. 2006. Temperatura alta y estrés hídrico durante la floración en poblaciones de maíz tropical. Revista internacional de botánica experimental. 75: 31-40.

Ripusudan, L. P. 2001. El Maíz en los Trópicos Mejoramiento y producción. Organización de las Naciones Unidas. Dirección de Producción y Protección Vegetal de la FAO. Roma. 1014-3041.

Ritchie, S. W., Hanway, J. J. 1982. How a corn plant develops. Iowa state Univ. Coop. Ext. Serv. Espc. Rep. 48.

Rivero, V. R., Rivero, J. Z., Limia de la R. J. 2005. Fechas de siembra óptima para el arroz de secano. Memorias del III Encuentro Internacional de Arroz, La Habana. ISBN 959-7164-91-4. Centro Meteorológico de Camagüey y Estación Experimental de Arroz de Vertientes.

Rodríguez, V. A. 2007. Cambio climático agua y agricultura. Informe primera Edición. Revisado (12/Ene/2011) Disponible en: http://webiica.iica.ac.cr/bibliotecas/repiica/B0482e/B0482e.pdf

Rosenzweig, C. 1989. “Climate Change and CO2 Effects on Wheat and Corn in the Great Plains” en 19th Conference on Agricultural and Forestry Meteorology. Charleston, South Carolina: American Meteorological Society. 26-29.

Ruíz, C. J., Flores, L. H., Ramírez, D. J., Gonzales, E. D. 2002. Temperaturas cardinales y duración del ciclo de madurez del híbrido de maíz H-311 en condiciones de temporal. Revista Agrociencia. 36(005): 569-577.

SAGAR. 1996. Anuario estadístico. México.

SAGARPA. 2009. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Estado de Sinaloa ciclo otoño-invierno 2009, modalidad riego. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Disponible en: http:// http://www.maiz.gob.mx/index.php?portal=maiz (Fecha de Consulta Febrero de 2011).

SAGARPA. 2006b. Memoria del proyecto conservación del cultivo de maíz blanco a la inducción a maíz amarillo en el estado de Sinaloa, ciclo otoño invernadero 2005/2006. Sinaloa, México. p. 7.

Sainz, R. H. R., Echeverria, H. E. 1998. Relación entre las lecturas del medidor de clorofila (minolta spad 502) en distintos estadios del ciclo del cultivo de maíz y el rendimiento en grano. Revista de la Facultad de Agronomía de la Plata. 103: 37-44.

Salathe, E. 2005, Downscaling simulations of future global climate with application to hydrologic modelling. Int. J.Climatol. 25: 419-436.

Salinger, M., Desjardins, R., Jones, B., Sivakumar, M., Strommen, N., Veerasamy, S., Lianhai, W. 1997. Climate variability, agriculture and forestry: an update. World Meteorological Organization. WMO-841. Geneva-Switzerland. P.51.

Sangoi, L. 1993. Aptidão dos campos de Lages (SC) para produçãode milho em diferentes épocas de semeadura. Pesquisa Agropecuaria Brasileira. 28(001): 51-63.

SIAP. 2006. Situación actual y perspectivas del maíz en México 1996-2012.Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Revisado (10/sep/2010). Disponible en: http://www.ensode.net/pdf-crack.jsf

SIAP. 2007. Monitoreo Agroeconómico del estado de Sinaloa. Revisado (02/Dic/2009). Disponible en: http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=350

SIAP. 2010. Monitoreo Agroeconómico del estado de Sinaloa. Revisado (02/Dic/2011). Disponible en: http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=350

Singh, A. 2008. Economic feasibility of growing capsicum crop under drip irrigation in West Bengal, India. Revista Springer Science. 20: 179 -188.

Steinbach, H. S., Alvarez, R., Roveri, A., Salas, J., Montané, O., Grigera, S. 1999. Ajuste en la Estimación de los Requerimientos de Nitrógeno del Cultivo de Maíz en la Pampa Ondulada. VI Congreso Nacional de Maíz. Buenos Aires, Argentina.

Stern, N. 2006. Stern Review: The Economics of Climate Change. Part II. The Impacts of Climate Change on Growth and Development. p. 96.

Thompson, L. M. 1988. “Weather Variability, Climatic Change, and Grain Production” Science Journal. (4188): 535-541p.

Tognetti, J., Salerno, G. 1990. Las plantas y el frio. Revista de divulgación científica CIENCIAHOY. 5(028): p. 2.

Vallone, P.; Gudelj, V.;Galarza, C.; Masiero, B. 2007. Ensayo comparativo de rendimiento de maíz ensiembra de segunda. Campaña 2006/2007. Informe de Actualización Técnica Nº 5. EEA INTA. Marcos Juárez, Córdoba, Argentina.

Vega, C.R., O.R. Valentinuz, S.A. Uhart y F.H. Andrade, 1997. Rendimiento en grano por planta y estabilidad del índice de cosecha en función del tamaño de planta en soja, girasol y maíz. Maíz VI Congreso Nacional. AIANBA, Pergamino, Argentina. Tomo II. 20-24.

WANG, J. Y., 1960: A critique of the heat unit approach to plant response studies. Ecology Journal. 41: 785-790.

Webb L. B., Whetton, P. H., Barlow, E. W. R. 2007. Modelled impact of future climate change on the phenology of winegrapes in Australia. Austr. J. Grape Wine Res. 13:165-175.

Wellhausen, E.J. 1960. El mejoramiento del maíz en México: Avances actuales y proyección hacia el futuro. Revista de la Sociedad de Historia Natural. Tomo XXI. 2: 435-462.

Wiatrak, P. J., Wright, D. L., Morois, J. J., Wilson, D. 2005. Influence of planting date on aflotoxin accumulation in Bt, non-Bt, and tropical non-Bt hybrids. Agron. J. 97:440-445.

Wiatrak, P. J., Wright, D. L., Morois, J. J., Sprenkel, R. 2004. Cornhybrids for late planting in the Southeast. Agron. J. 96:1118-1124.

Wollenweber, B.; Porter, J. R.; Schellberg, J. 2003. Lack of Interaction between Extreme

High-Temperature Events at Vegetative and Reproductive Growth Stages in Wheat. Journal of Agronomy and Crop Science 189: 142-150.

Yamamura, K., Yokozawa, M., Nishimori, M., Ueda, Y., Yokosuka, T. 2006. How to analyze long-term insect population dynamics under climate change: 50-year data of three insect pests in paddy fields. Population Ecol. 48: 31-48.

Zamora, S. E., Ruiz, E. G. H., Beltran, M. A. F., Fenech, L. L., Murillo, A. B., Loya, R. J. G., Troyo, D. E. 2011. Régimen hídrico del maíz en una zona árida, determinado en porcentajes de evaporación. Revista Tropical and Subtropical Agroecosystems.13 (001): 181- 186.

APÉNDICE

Variables climáticas en el ciclo del cultivo del maíz

FECHA	HUMEDAD RELATIVA (%)	TEMPERATURA MAXIMA(ºC)	TEMPERATURA MINIMA (ºC)	Velocidad del viento (km h^{-1})
01/01/2011	72.2	24.9	10	6.8
02/01/2011	71.7	28.2	6.6	5.9
03/01/2011	63.2	28.4	8.3	4.9
04/01/2011	60.9	30.3	7.6	4.7
05/01/2011	59.2	30.4	11.5	6
06/01/2011	65.1	24.8	11.2	3.9
07/01/2011	63.5	29.5	10.9	4.7
08/01/2011	62.6	26.4	7.9	5.8
09/01/2011	61.4	27.3	5.2	4.3
10/01/2011	54.2	28.7	5.6	4.3
11/01/2011	60.8	29.1	7.9	4.3
12/01/2011	72.7	28.6	6.3	4.4
13/01/2011	73.7	30.2	6.1	4.7
14/01/2011	74.1	29	5.8	4
15/01/2011	83.6	25.6	8.3	34.1
16/01/2011	73.5	26.8	6.4	40
17/01/2011	77	27	6.6	18.9
18/01/2011	79.3	26.7	7.2	12.5
19/01/2011	82.6	25.9	8.4	9.5
20/01/2011	74.1	26.8	6.1	8.5
21/01/2011	76.8	27.8	6.3	8
22/01/2011	80.1	27.8	7.1	7.5
23/01/2011	76	25.5	7.6	6.9
24/01/2011	69.6	26.2	4.6	6.8
25/01/2011	65.6	27.8	5.5	6.7
26/01/2011	68.8	25.6	6.1	5.7
27/01/2011	76.5	23.2	8.3	4.8
28/01/2011	69.4	22.6	15.2	5.4
29/01/2011	74.4	28.1	12.1	5.3
30/01/2011	72.2	28.7	8.4	6.5
31/01/2011	70.9	26.7	7.3	5.9

FECHA	HUMEDAD RELATIVA (%)	TEMPERATURA MAXIMA(ºC)	TEMPERATURA MINIMA (ºC)	Velocidad del viento (Km h^{-1})
01/02/2011	69.28	26.2	4.8	6.50
02/02/2011	64.08	26.3	4.3	7.43
03/02/2011	40.52	16.6	0.5	9.87
04/02/2011	55.86	19.2	-2.8	4.45
05/02/2011	57.64	25.2	-0.7	4.83
06/02/2011	59.61	28.6	2.5	4.81
07/02/2011	55.70	30.2	4.2	5.00
08/02/2011	58.46	28.4	4.4	4.40
09/02/2011	51.81	28.3	5.6	3.59
10/02/2011	58.52	30.50	5.20	4.64
11/02/2011	66.32	29.70	4.80	4.54
12/02/2011	65.04	31.30	6.90	5.38
13/02/2011	66.74	30.10	7.20	3.72
14/02/2011	60.84	32.40	8.40	4.53
15/02/2011	65.51	29.90	8.50	3.81
16/02/2011	80.05	29.00	10.80	4.01
17/02/2011	74.90	27.90	11.50	3.78
18/02/2011	64.68	30.40	8.60	4.09
19/02/2011	60.00	31.80	9.50	4.75
20/02/2011	55.58	32.80	8.50	5.62
21/02/2011	60.93	29.40	7.20	5.12
22/02/2011	64.20	28.60	7.20	4.49
23/02/2011	67.00	28.70	8.40	5.66
24/02/2011	62.48	28.80	8.90	5.97
25/02/2011	59.81	29.40	6.80	4.28
26/02/2011	68.41	29.20	7.30	3.87
27/02/2011	71.06	24.40	9.80	4.13
28/02/2011	69.23	30.00	10.40	5.13

FECHA	HUMEDAD RELATIVA (%)	TEMPERATURA MAXIMA(ºC)	TEMPERATURA MINIMA (ºC)	Velocidad del viento (km h^{-1})
01/03/2011	62.80	32.00	8.90	4.88
02/03/2011	66.80	33.10	9.30	4.76
03/03/2011	72.20	27.90	10.20	4.08
04/03/2011	67.71	30.50	10.10	4.20
05/03/2011	68.86	30.60	10.50	4.05
06/03/2011	79.36	28.80	11.80	4.67
07/03/2011	77.18	28.60	12.90	4.85
08/03/2011	70.89	30.70	11.80	5.03
09/03/2011	64.08	31.90	9.10	5.23
10/03/2011	55.41	32.80	10.20	5.63
11/03/2011	66.63	31.50	12.40	4.37
12/03/2011	59.20	32.60	9.90	4.82
13/03/2011	46.36	34.40	10.30	5.16
14/03/2011	55.60	33.90	7.80	5.02
15/03/2011	74.45	28.70	11.90	4.10
16/03/2011	69.57	31.20	12.10	3.99
17/03/2011	59.40	31.60	11.80	4.39
18/03/2011	48.16	37.00	11.20	6.13
19/03/2011	44.17	37.00	12.60	5.44
20/03/2011	56.71	31.30	13.40	3.71
21/03/2011	46.61	36.00	12.60	5.29
22/03/2011	43.94	36.40	14.60	8.21
23/03/2011	57.03	32.20	11.10	5.38
24/03/2011	55.32	32.00	9.40	4.98
25/03/2011	59.70	32.00	9.30	4.21
26/03/2011	62.74	28.40	10.90	3.15
27/03/2011	55.82	33.60	9.70	4.76
28/03/2011	57.76	31.00	8.60	4.17
29/03/2011	54.41	32.80	8.30	4.11
30/03/2011	54.02	33.80	8.70	4.58
31/03/2011	55.63	33.90	9.40	4.47

FECHA	HUMEDAD RELATIVA (%)	TEMPERATURA MAXIMA(ºC)	TEMPERATURA MINIMA (ºC)	Velocidad del viento (km h^{-1})
01/04/2011	67.8541	30.8	12.7	3.6906
02/04/2011	66.302	31.3	13.4	3.3947
03/04/2011	66.4239	31.3	0	3.613
04/04/2011	66.9687	31.9	14.9	4.35
05/04/2011	70.125	32.6	14.2	3.2635
06/04/2011	72.0416	31.9	15.4	3.3718
07/04/2011	59.0208	34.2	10.2	3.5697
08/04/2011	65.4479	32.5	11.4	3.751
09/04/2011	66.1145	32.7	16.2	5.2385
10/04/2011	58.375	31.4	13.4	7.6052
11/04/2011	55.59	31.7	11.5	4.84
12/04/2011	58.86	32.2	10.2	3.37
13/04/2011	51.48	33.7	9.1	3.99
14/04/2011	50.08	35.9	14.2	5.82
15/04/2011	58.67	29.5	11.7	2.91
16/04/2011	74.29	30.2	13.3	3.73
17/04/2011	73.61	30.5	14.5	3.37
18/04/2011	65.36	30.5	11.7	3.32
19/04/2011	60.70	31.4	10.5	3.25
20/04/2011	65.78	33.8	10.9	3.51
21/04/2011	72.96	31.2	14.9	3.73
22/04/2011	76.65	30.2	15	3.41
23/04/2011	77.51	30.5	14.7	3.36
24/04/2011	79.36	30.3	14.1	4.08
25/04/2011	71.46	32.4	13.5	4.31
26/04/2011	74.43	32.5	0	3.80
27/04/2011	77.09	32.5	16.9	4.12
28/04/2011	70.76	33.8	16.7	4.40
29/04/2011	69.99	33.6	16.8	3.74
30/04/2011	65.60	34.2	17.3	4.1

FECHA	HUMEDAD RELATIVA (%)	TEMPERATURA MAXIMA(ºC)	TEMPERATURA MINIMA (ºC)	Velocidad del viento (km h^{-1})
01/05/2011	68.98	35.80	17.60	6.45
02/05/2011	58.69	34.90	13.00	5.61
03/05/2011	67.89	33.70	15.40	3.55
04/05/2011	60.20	36.50	16.90	3.53
05/05/2011	59.19	37.60	16.50	4.80
06/05/2011	54.68	37.80	14.80	5.16
07/05/2011	63.29	34.10	13.90	3.69
08/05/2011	60.32	34.80	15.50	3.82
09/05/2011	69.58	35.10	17.10	3.70
10/05/2011	68.64	34.10	18.60	4.48
11/05/2011	60.72	35.60	14.40	5.88
12/05/2011	56.19	34.20	13.70	5.00
13/05/2011	61.86	35.00	13.80	4.25
14/05/2011	59.51	34.80	13.10	4.09
15/05/2011	65.23	34.90	15.40	4.70
16/05/2011	58.25	36.60	14.60	5.13
17/05/2011	58.54	35.70	14.20	5.08
18/05/2011	63.19	33.00	11.80	3.82
19/05/2011	64.45	33.60	14.30	3.51
20/05/2011	62.59	33.20	15.30	3.37
21/05/2011	59.15	33.40	14.80	3.50
22/05/2011	62.33	33.10	14.40	3.47
23/05/2011	69.60	33.70	16.00	3.41
24/05/2011	68.48	34.10	17.40	4.68
25/05/2011	66.70	33.40	17.90	3.78
26/05/2011	61.90	34.10	17.50	3.54
27/05/2011	65.24	35.00	18.00	3.70
28/05/2011	69.91	34.70	21.00	3.60
29/05/2011	72.97	33.60	19.50	4.43
30/05/2011	71.51	33.10	19.30	4.17

FECHA	HUMEDAD RELATIVA (%)	TEMPERATURA MAXIMA(ºC)	TEMPERATURA MINIMA (ºC)	Velocidad del viento (km h^{-1})
01/06/2011	63.47	34.50	19.80	4.10
02/06/2011	61.91	34.90	21.50	3.79
03/06/2011	69.19	34.10	20.90	4.30
04/06/2011	65.35	34.80	21.30	4.22
05/06/2011	66.81	33.70	22.40	4.62
06/06/2011	68.78	33.40	23.40	4.90
07/06/2011	68.49	34.00	23.10	4.52
08/06/2011	64.86	34.20	23.00	4.78
09/06/2011	62.22	35.00	23.00	4.45
10/06/2011	63.56	34.70	23.00	4.70
11/06/2011	65.81	34.80	21.00	4.77
12/06/2011	66.98	34.90	23.70	4.41
13/06/2011	64.65	35.90	23.10	4.64
14/06/2011	67.70	34.80	23.70	4.61
15/06/2011	66.66	35.10	24.20	4.91
16/06/2011	67.60	34.20	23.60	4.61
17/06/2011	69.14	32.40	22.30	4.88
18/06/2011	71.53	33.50	23.00	4.63
19/06/2011	72.39	34.00	23.50	4.90
20/06/2011	74.33	33.40	22.70	4.61
21/06/2011	71.15	34.60	24.00	5.32
22/06/2011	70.28	33.30	23.90	4.65
23/06/2011	71.53	33.20	24.50	5.00
24/06/2011	65.32	34.60	25.20	5.08
25/06/2011	65.95	34.50	23.50	4.95
26/06/2011	67.41	34.70	25.00	5.09
27/06/2011	69.61	35.30	25.50	5.49
28/06/2011	69.11	34.40	24.40	4.81
29/06/2011	68.10	34.80	24.10	5.74
30/06/2011	67.80	35.20	23.5	5.50

FECHA	HUMEDAD RELATIVA (%)	TEMPERATURA MAXIMA(ºC)	TEMPERATURA MINIMA (ºC)	Velocidad del viento (km h^{-1})
01/07/2011	65.40	35.80	24.50	5.14
02/07/2011	76.00	35.20	24.30	4.36
03/07/2011	79.75	33.30	22.70	7.67
04/07/2011	83.84	32.30	22.00	9.63
05/07/2011	78.76	35.40	20.80	9.14
06/07/2011	77.06	35.00	21.20	5.67
07/07/2011	69.44	37.50	24.50	6.09
08/07/2011	71.93	35.40	24.10	5.26
09/07/2011	72.74	35.20	24.20	4.76
10/07/2011	73.81	34.50	23.20	4.66
11/07/2011	86.24	33.50	23.70	3.37
12/07/2011	78.33	35.60	23.10	5.09
13/07/2011	75.41	35.20	24.80	5.36
14/07/2011	75.59	34.30	24.00	5.78
15/07/2011	73.47	36.30	23.40	5.56
16/07/2011	75.92	36.80	23.50	9.11
17/07/2011	68.33	36.20	24.50	9.88
18/07/2011	74.36	35.70	24.20	8.10
19/07/2011	75.94	35.30	23.60	7.33
20/07/2011	74.61	36.30	23.60	7.92
21/07/2011	75.61	35.80	23.40	6.68
22/07/2011	73.17	35.60	24.40	5.28
23/07/2011	69.03	36.60	23.40	5.09
24/07/2011	65.55	39.00	24.90	5.19
25/07/2011	64.69	37.90	25.90	4.66
26/07/2011	72.90	36.10	22.00	59.33
27/07/2011	78.83	34.80	21.70	68.27
28/07/2011	74.80	36.00	21.60	64.36
29/07/2011	82.82	36.00	24.80	46.06
30/07/2011	84.46	35.60	24.50	31.22