

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

**DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO**



**Efectos del cambio climático en el desarrollo del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la Comarca Lagunera.**

**POR**

**SAMUEL GÓMEZ VÁZQUEZ**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**Torreón, Coahuila, México.  
DICIEMBRE 2021**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS  
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Efectos del cambio climático en el desarrollo del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la Comarca Lagunera.

POR:

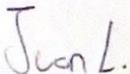
SAMUEL GÓMEZ VÁZQUEZ

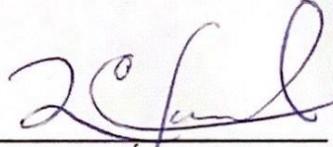
TESIS

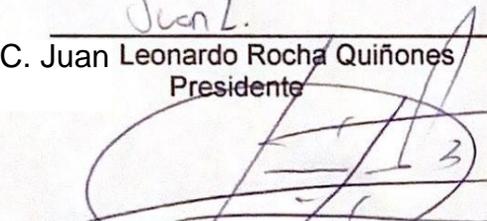
Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

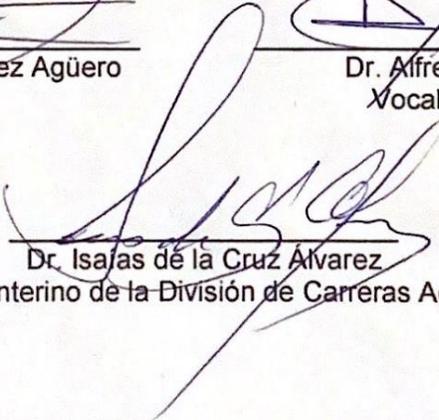
Aprobada por:

  
M.C. Juan Leonardo Rocha Quiñones  
Presidente

  
M.C. Rafael Ayila Cisneros  
Vocal

  
Dr. Héctor Javier Martínez Agüero  
Vocal

  
Dr. Alfredo Ogaz  
Vocal Suplente

  
Dr. Isajas de la Cruz Alvarez  
Coordinador Interino de la División de Carreras Agronómicas

Universidad Autónoma Agraria  
ANTONIO NARRO



COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN  
DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Torreón, Coahuila, México  
DICIEMBRE 2021

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS  
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Efectos del cambio climático en el desarrollo del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) en la Comarca Lagunera.

POR:

SAMUEL GÓMEZ VÁZQUEZ

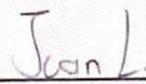
TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

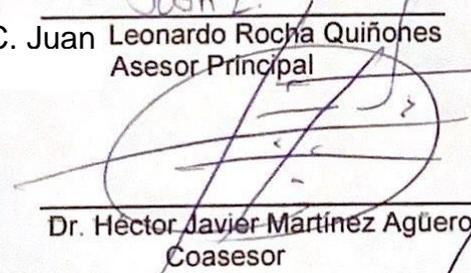
INGENIERO AGRÓNOMO

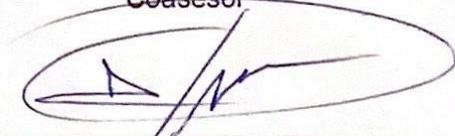
Aprobada por:

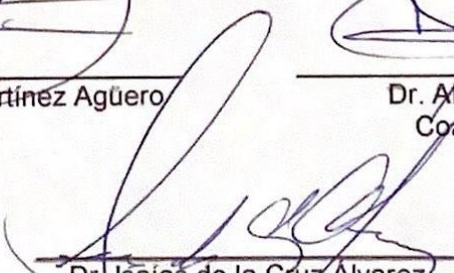
Aprobada por el Comité de Asesoría:

  
M.C. Juan Leonardo Rocha Quiñones  
Asesor Principal

  
M.C. Rafael Avila Cisneros  
Coasesor

  
Dr. Héctor Javier Martínez Agüero  
Coasesor

  
Dr. Alfredo Ogaz  
Coasesor

  
Dr. Isaías de la Cruz Alvarez  
Coordinador Interino de la División de Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México  
DICIEMBRE 2021

Universidad Autónoma Agraria  
ANTONIO NARRO



COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN  
DE CARRERAS AGRONÓMICAS

## **AGRADECIMIENTOS**

**A Dios**, por bendecirme y protegerme en todo momento, así como permitirme llegar a esta etapa de mi vida.

**A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**, por brindarme siempre su apoyo y la oportunidad de realizar y culminar mis estudios a nivel profesional.

**Al M.C. Juan Leonardo Rocha Quiñones**, por brindarme siempre su apoyo y asesoría, así como sus opiniones, consejos, revisiones y que a pesar de las circunstancias hizo siempre todo lo posible para que este trabajo de investigación se culminara de la mejor manera.

**Al M.C. Rafael Ávila Cisneros**, por su asesoría y apoyo a lo largo del proyecto y redacción del mismo, por su orientación y compromiso de siempre ayudar.

**Al Dr. Juan Leonardo Rocha Valdez**, en paz descansa. Agradezco por confiar en mí y brindarme la oportunidad de incluirme en este trabajo de investigación, por su apoyo, asesoramiento, consejos y su disposición de siempre ayudar y enseñar, que Dios lo tenga en su santa gloria.

**A mis profesores**, que a lo largo de mi carrera profesional fueron parte fundamental, por sus enseñanzas, apoyo y por cada uno de sus conocimientos impartidos.

## **DEDICATORIA**

### **A MIS PADRES:**

**Samuel Gómez Pérez y Diana Vázquez Fernández.**

Gracias por darme la vida, por siempre demostrarme su amor y apoyo incondicional, por todo su esfuerzo, trabajo y sacrificio que siempre realizaron para que lograré la culminación de mis estudios, por cada consejo que me dieron para que llegaré siempre a ser una mejor persona, por enseñarme el valor del trabajo, sin ustedes no estaría aquí, este logro también es de ustedes, jamás en la vida lograré pagarles todo lo que siempre hacen por mí, los amo mucho.

### **A MI HERMANA:**

**Diana Gómez Vázquez.**

Por todo su apoyo y cariño que siempre me has brindado, te quiero mucho.

### **A MIS ABUELOS:**

**Samuel Gómez García, Belén Pérez Guzmán, José Vázquez Pintor+ y Gloria Fernández Delgado**

Por todo su amor y cariño incondicional que siempre me demuestran, por creer y confiar en mí, por alentarme a salir adelante, por cada una de sus enseñanzas, consejos y buenos momentos que juntos hemos compartido, gracias por ser tan buenos siempre conmigo, son los mejores, los amo.

**A mi familia:**

Que siempre me ha apoyado, por todos sus consejos y cariño, por siempre alentarme a ser mejor, gracias.

**A mi novia:****Paula Angélica Campos Guerrero.**

Por siempre apoyarme durante todo este tiempo, por demostrarme siempre su amor y cariño, por ayudarme a ser mejor persona, por todos los momentos que juntos hemos compartido, te amo.

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación dio inicio en el ciclo primavera – verano del año 2020, en el campo experimental San Antonio de los Bravos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, ubicado en el municipio de Torreón, Coahuila, México, perteneciente a la región de la Comarca Lagunera, el cual presentó como objetivo establecer una fecha óptima de siembra para el cultivo de frijol en esta región, ya que por efecto del cambio climático, se tienen diversos factores que han repercutido en la producción. Por tanto para el experimento se establecieron tres fechas de siembra diferentes, fungiendo estas como los tratamientos y tres repeticiones cada una con una variedad de frijol diferente, buscando demostrar la hipótesis que indica lo siguiente: La fecha optima de siembra del cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) permite incrementar la producción, con el medio ambiente generado por el cambio climático. El procedimiento experimental se llevó a cabo con el registro de la germinación, la altura de planta y la producción, además de la utilización de la comparación de medias por Tukey, la cual permitió identificar diferencias estadísticas de altura entre las diferentes fechas de siembra establecidas para el cultivo.

**Palabras Claves.** Cambio climático, Aumento de la temperatura, Agricultura, frijol, Régimen de lluvias, Fechas de siembra, Calentamiento global, Efecto invernadero, Sequía, Desarrollo fisiológico.

## ABSTRACT

This research work began in the spring - summer cycle of 2020, in the San Antonio de los Bravos experimental field of the Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, located in the municipality of Torreón, Coahuila, Mexico, belonging to the Comarca Lagunera region, whose objective was to establish an optimal sowing date for the cultivation of beans in this region, since due to the effect of climate change, there are various factors that have had an impact on production. Therefore, for the experiment, three different sowing dates were established, using these as the treatments and three repetitions each with a different bean variety, seeking to demonstrate the hypothesis that indicates the following: The optimal sowing date of the bean crop (*Phaseolus vulgaris* L.) allow production, with the environment generated by climate change. The experimental procedure was carried out with the registration of germination, plant height and production, in addition to the use of the comparison of means by Tukey, which appears to identify statistical differences in height between the different sowing dates established for cultivation.

**Key words.** Climate change, Temperature increase, Agriculture, Beans, Rain regime, Sowing dates, Global warming, Greenhouse effect, Drought, Physiological development.

## INDICE DE CONTENIDO.

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	i
<b>DEDICATORIA</b> .....	ii
<b>RESÚMEN</b> .....	iv
<b>PALBRAS CLAVE</b> .....	iv
<b>ABSTRACT</b> .....	v
<b>KEY WORDS</b> .....	v
<b>ÍNDICE DE CONTENIDO</b> .....	vi
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	ix
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.</b> .....	xi
<b>1. INTRODUCCIÓN.</b> .....	1
<b>1.1 Objetivos</b> .....	1
<b>1.2 Hipótesis</b> .....	1
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA.</b> .....	3
<b>2.1 Antecedentes del cultivo de frijol</b> .....	3
<b>2.2 Importancia del cultivo de frijol</b> .....	4
<b>2.3 Producción mundial del cultivo de frijol</b> .....	4
<b>2.4 Producción nacional del cultivo de frijol</b> .....	9
<b>2.5 Producción regional en la Comarca Lagunera del cultivo de frijol</b> .....	15
<b>2.6 Morfología del cultivo de frijol</b> .....	16
<b>2.6.1 Raíz</b> .....	16
<b>2.6.2 Tallo</b> .....	18
<b>2.6.3 Ramas</b> .....	20
<b>2.6.4 Hojas</b> .....	21
<b>2.6.5 Inflorescencia</b> .....	22
<b>2.6.6 Flor</b> .....	22
<b>2.6.7 Fruto</b> .....	24
<b>2.6.8 Semilla</b> .....	24
<b>2.7 Fases fenológicas del cultivo de frijol</b> .....	25
<b>2.7.1 Germinación</b> .....	26

2.7.2 Emergencia .....	27
2.7.3 Aparición hojas primarias.....	27
2.7.4 Primera hoja trifoliada.....	28
2.7.5 Tercera hoja trifoliada .....	28
2.7.6 Prefloración.....	29
2.7.7 Floración .....	29
2.7.8 Formación de vainas .....	30
2.7.9 Llenado de vainas .....	30
2.7.10 Maduración .....	31
<b>2.8 Variedades de frijol utilizadas .....</b>	<b>33</b>
2.8.1 Pinto Bravo .....	33
2.8.2 Pinto Centauro.....	34
2.8.3 Pinto Saltillo.....	35
<b>2.9. Cambio climatico .....</b>	<b>37</b>
2.9.1 Antecedentes .....	38
2.9.2 ¿Qué es el cambio climatico? .....	39
2.9.3 ¿En qué consiste el cambio climatico? .....	40
2.9.4 ¿Cómo puede afectar el cambio climatico a la agricultura? .....	43
2.9.5 Afectaciones en el desarrollo y cosecha de los cultivos .....	46
2.9.6 Afectaciones a la agricultura en México.....	49
2.9.7 Adaptación de la agricultura al cambio climatico .....	59
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>61</b>
3.1. Localización geografica de la Comaraca Lagunera .....	61
3.2. Aspectos climatologicos de la Comaraca Lagunera .....	61
3.2.1 Clima.....	61
3.2.2 Temperatura.....	62
3.2.3 Precipitación .....	62
3.3. Localización del experimento .....	62
3.4. Planteamiento del problema .....	62
3.5. Objetivos de la investigación.....	63
3.6. Hipotesis.....	64
3.7. Materiales utilizados .....	64

<b>3.8. Trabajo en campo</b> .....	64
<b>3.8.1 Preparación del terreno</b> .....	64
<b>3.8.2 Distribución en campo</b> .....	65
<b>3.8.3 Fechas de siembra</b> .....	66
<b>3.8.4 Superficie de siembra</b> .....	66
<b>3.8.5 Densidad de siembra</b> .....	66
<b>3.8.6 Riegos</b> .....	67
<b>3.8.7 Cosecha</b> .....	67
<b>3.8.8 Toma de datos</b> .....	67
<b>3.9. Variables agronómicas evaluadas</b> .....	68
<b>3.10. Análisis estadístico</b> .....	68
<b>4. RESULTADOS</b> .....	69
<b>4.1. Plantas germinadas</b> .....	69
<b>4.2. Altura de plantas</b> .....	70
<b>4.3. Afectación por tizón sureño</b> .....	74
<b>4.4. Producción</b> .....	75
<b>5. DISCUSIÓN</b> .....	79
<b>6. CONCLUSIÓN</b> .....	81
<b>7. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	82

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1. Fases fenológicas del cultivo de frijol .....</b>	<b>32</b>
<b>Cuadro 2. Distribución en campo del experimento .....</b>	<b>65</b>
<b>Cuadro 3. Número promedio de plantas germinadas .....</b>	<b>69</b>
<b>Cuadro 4. Comparación de medias del número promedio de plantas germinadas por Tukey (Bloques).....</b>	<b>69</b>
<b>Cuadro 5. Comparación de medias del número promedio de plantas germinadas por Tukey (Tratamientos) .....</b>	<b>70</b>
<b>Cuadro 6. Altura promedio de plantas a los 38-45 dds .....</b>	<b>70</b>
<b>Cuadro 7. Comparación de medias de la altura de plantas a los 38-45 dds por Tukey (Bloques) .....</b>	<b>71</b>
<b>Cuadro 8. Comparación de medias de la altura de plantas a los 38-45 dds por Tukey (Tratamientos) .....</b>	<b>71</b>
<b>Cuadro 9. Altura promedio de plantas a los 53-60 dds .....</b>	<b>71</b>
<b>Cuadro 10. Comparación de medias de la altura de plantas a los 53-60 dds por Tukey (Bloques) .....</b>	<b>72</b>
<b>Cuadro 11. Comparación de medias de la altura de plantas a los 53-60 dds por Tukey (Tratamientos) .....</b>	<b>72</b>
<b>Cuadro 12. Altura de plantas promedio del ciclo de cultivo .....</b>	<b>73</b>
<b>Cuadro 13. Comparación de medias de la altura de plantas promedio del ciclo de cultivo por Tukey (Bloques) .....</b>	<b>73</b>
<b>Cuadro 14. Comparación de medias de la altura de plantas promedio del ciclo de cultivo por Tukey (Tratamientos).....</b>	<b>74</b>
<b>Cuadro 15. Porcentaje de afectación por tizón sureño .....</b>	<b>74</b>
<b>Cuadro 16. Comparación de medias del porcentaje de afectación por tizón sureño por Tukey (Bloques) .....</b>	<b>75</b>
<b>Cuadro 17. Comparación de medias del porcentaje de afectación por tizón sureño por Tukey (Tratamientos) .....</b>	<b>75</b>
<b>Cuadro 18. Cantidad de ejotes producidos .....</b>	<b>75</b>
<b>Cuadro 19. Comparación de medias de la cantidad de ejotes producidos por Tukey (Bloques) .....</b>	<b>76</b>
<b>Cuadro 20. Comparación de medias de la cantidad de ejotes producidos por Tukey (Tratamientos) .....</b>	<b>76</b>
<b>Cuadro 21. Cantidad de granos producidos .....</b>	<b>77</b>

<b>Cuadro 22. Comparación de medias de la cantidad de granos producidos por Tukey (Bloques) .....</b>	<b>77</b>
<b>Cuadro 23. Comparación de medias de la cantidad de granos producidos por Tukey (Tratamientos) .....</b>	<b>77</b>

## INDICE DE FIGURAS.

<b>Figura 1. Superficie sembrada de frijol en Maymar .....</b>	<b>6</b>
<b>Figura 2. Producción de frijol en Maymar .....</b>	<b>6</b>
<b>Figura 3. Superficie sembrada de frijol en India .....</b>	<b>6</b>
<b>Figura 4. Producción de frijol en India .....</b>	<b>6</b>
<b>Figura 5. Superficie sembrada de frijol en Brasil .....</b>	<b>7</b>
<b>Figura 6. Producción de frijol en Brasil .....</b>	<b>7</b>
<b>Figura 7. Superficie sembrada de frijol en China .....</b>	<b>8</b>
<b>Figura 8. Producción de frijol en China .....</b>	<b>8</b>
<b>Figura 9. Superficie sembrada de frijol en Estados Unidos de America .....</b>	<b>8</b>
<b>Figura 10. Producción de frijol en Estados Unidos de America .....</b>	<b>8</b>
<b>Figura 11. Superficie sembrada de frijol en México .....</b>	<b>10</b>
<b>Figura 12. Producción de frijol en México .....</b>	<b>10</b>
<b>Figura 13. Porcentaje de la superficie cosechada de frijol por ciclo agrícola en México .....</b>	<b>11</b>
<b>Figura 14. Rendimiento promedio del cultivo de frijol por ciclo agrícola en México .....</b>	<b>11</b>
<b>Figura 15. Porcentaje de producción de frijol por ciclo agrícola en México .</b>	<b>11</b>
<b>Figura 16. Porcentaje de superficie cosechada de frijol por riego/temporal en México .....</b>	<b>12</b>
<b>Figura 17. Rendimiento de frijol por riego/temporal en México .....</b>	<b>12</b>
<b>Figura 18. Porcentaje de producción de frijol por riego/temporal en México</b>	<b>12</b>
<b>Figura 19. Producción nacional de frijol por estado en México .....</b>	<b>14</b>
<b>Figura 20. Temperatura media anual promedio en México .....</b>	<b>50</b>
<b>Figura 21. Monitor de sequía en México al 15 de abril del 2021 .....</b>	<b>51</b>
<b>Figura 22. Porcentaje de área afectada por sequía en México .....</b>	<b>52</b>
<b>Figura 23. Precipitación media en México 1985-1989 .....</b>	<b>55</b>
<b>Figura 24. Precipitación media en México 1990-1999 .....</b>	<b>55</b>
<b>Figura 25. Precipitación media en México 2000-2009 .....</b>	<b>56</b>
<b>Figura 26. Precipitación media en México 2010-2020 .....</b>	<b>56</b>
<b>Figura 27. Superficie sembrada de frijol por quinquenios en México .....</b>	<b>57</b>

## 1. INTRODUCCIÓN.

El cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) destaca por su gran importancia socioeconómica y por la superficie destinada para la siembra y la producción en grano (Treviño y Rosas, 2013). Esta importancia radica tanto a nivel mundial, ya que este cultivo es sembrado en los cinco continentes del mundo, como a nivel nacional, siendo para México el frijol el segundo cultivo con mayor superficie cosechada, después del maíz (Lépiz *et al.*, 2015). A lo largo de la historia, el frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) se ha convertido para México no solamente en un alimento tradicional, sino también en un elemento de identificación cultural, representando un medio básico para explicar la dieta alimentaria de la población mexicana (Secretaría de Economía, 2012).

Más sin embargo de acuerdo con datos oficiales, la superficie y producción de frijol tanto en nuestro país como en las regiones productoras en el mundo ha tenido un declive considerable durante los últimos años, lo cual resulta un gran problema para la seguridad alimentaria de México y el mundo. Este fenómeno marcado en la disminución tanto de superficie como de producción es atribuido a efectos climáticos, llevando por nombre cambio climático, siendo este el centro del problema, ya que el mismo ha provocado aumentos considerables en las temperaturas medias, cambio en el régimen de lluvias, eventos naturales catastróficos como sequías, heladas que han repercutido de manera directa en la

superficie destinada para la siembra, en la superficie siniestrada y la producción de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) en México y el mundo.

Mediante el desarrollo de esta investigación se pretende encontrar una fecha de siembra ideal para el establecimiento del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*), ya que debido a los cambios en las temperaturas, en el régimen de lluvias y en eventos extremos presentados por efecto del cambio climático, las fechas idóneas para establecer este cultivo se han modificado.

Por tanto se llevara a cabo este experimento en el municipio de Torreón, Coahuila, en el campo experimental San Antonio de los Bravos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, durante el ciclo primavera – verano del 2020, con el fin de determinar la fecha de siembra ideal para el establecimiento de este cultivo, adaptándose a las condiciones cambiantes del clima presentadas en la Comarca Lagunera, que comprende cinco municipios del estado de Coahuila y diez municipios del estado de Durango.

### 1.1 Objetivo.

- Establecer la fecha optima de siembra del cultivo de frijol.
- Difundir a los productores el comportamiento y producción del cultivo de frijol en un nuevo entorno climático

### 1.2 Hipótesis.

La fecha optima de siembra del cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) Permite incrementar la producción, con el medio ambiente generado por el cambio climático.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA.

### 2.1 Antecedentes del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)

Se conoce hasta ahora que entre los años 9000 y 5000 a. C. en diferentes partes del mundo se domesticaron diversas especies vegetales, cuando el hombre cambio a ser sedentario y la agricultura se tornó el centro de la alimentación humana, entre estas especies se encontraba el frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.).

Mediante conocimientos recabados hasta hoy en día, tales como restos fósiles y las características morfológicas, agronómicas y genéticas, se ha establecido que el origen del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L) se desarrolló en Mesoamérica y su domesticación se realizó en dos sitios del continente americano, un centro primario de domesticación en la región de Mesoamérica comprendida por México y Centroamérica y uno secundario en la región Andina en Sudamérica entre los años 5000 y 2000 a.C. (Hernández *et al.*, 2013).

El cultivo del frijol es considerado como una de las especies más antiguas y México se ha reconocido como el más probable centro de su origen, o al menos, como el centro primario de diversificación, particularmente en el occidente y sur de México desde el estado de Jalisco hasta el estado de Oaxaca. (Ulloa *et al.*, 2011)

Actualmente, se reportan 70 especies de las 150 existentes a nivel mundial; cinco, han sido domesticadas y es posible hallarlas en su forma silvestre y cultivada. (SNICS, 2016)

El hombre desde sus inicios sedentarios presento un gran interés sobre esta leguminosa, derivando de esto las selecciones realizadas por las culturas

americanas precolombinas dando como resultado un gran número de formas, colores y una gran variedad de nombres para cada región, destacando los de frijol, judía, poroto, alubia, nuña, habichuela, vainita, carota y feijao. (Ulloa *et al.*, 2011)

Durante su domesticación, el frijol ha sufrido una multitud de cambios tanto morfológicos como fisiológicos que lo diferencian de sus parientes silvestres, como la dormancia de la semilla, la dehiscencia del fruto, el hábito de crecimiento, la sensibilidad al fotoperiodo y color, y la forma y tamaño tanto de la planta como de las semillas y frutos. (Saburido y Herrera, 2015)

## 2.2 Importancia del cultivo del frijol (*Phaseolus Vulgaris L.*)

El frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) es una de las leguminosas de grano más importante a nivel mundial, su cultivo está extendido en los cinco continentes y aunque no está considerado dentro de los cuatro cultivos prioritarios, es uno de los alimentos básicos de los pobladores de algunas regiones de África, América Latina y el Caribe. (Jiménez y Acosta, 2013)

La importancia fundamental que presenta este grano es el de ser una excelente fuente de proteínas, aminoácidos esenciales y hierro. Se considera que contiene más del doble de proteínas y casi igual cantidad de carbohidratos que los cereales. (Mederos, 2006)

Así como a nivel mundial, en nuestro país el cultivo del frijol es de gran importancia en la dieta diaria de cada uno de los mexicanos. En México, desde tiempos ancestrales, la dieta de la población ha tenido como base el consumo de

leguminosas y cereales, principalmente frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y maíz (*Zea mays* L.). El frijol que se produce y consume en México, proviene en gran parte de genotipos nativos o criollos, y en menor nivel de variedades mejoradas, las cuales presentan ventajas agronómicas y también de calidad. (Sangerman *et al.*, 2010)

### 2.3 Producción mundial del cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)

El frijol es la legumbre de mayor producción y consumo en el mundo, abarcando una superficie de 33, 066,183 hectáreas, en las cuales se obtuvo un rendimiento bruto a nivel mundial para el año 2019 de 28, 902,672 millones de toneladas, esto por tanto da como resultante que por hectárea a nivel mundial en promedio se producen 0.874 toneladas. (FAO, 2021) El cultivo del frijol es de gran importancia en los sistemas de producción agrícola y en la dieta de una gran parte de la población en diversas regiones de mundo. (Gaucín, 2019)

En seis países se concentró el 59.45% de la producción a nivel mundial, India, Myanmar, Brasil, Estados Unidos, China y México.

El país que sustenta la mayor producción a nivel mundial es Myanmar, que para el año 2019 ocupó una superficie sembrada de 3, 201,135 hectáreas, con una producción de 5, 846,622 toneladas, para tener una media por hectárea de más del doble en comparación a la mundial con 1,826.4 kg/ha. (FAO, 2021) En los últimos cinco años la superficie sembrada en este país así como su producción han ido en

aumento y lo han permitido colocarse como el máximo productor de frijol en la actualidad a nivel mundial.

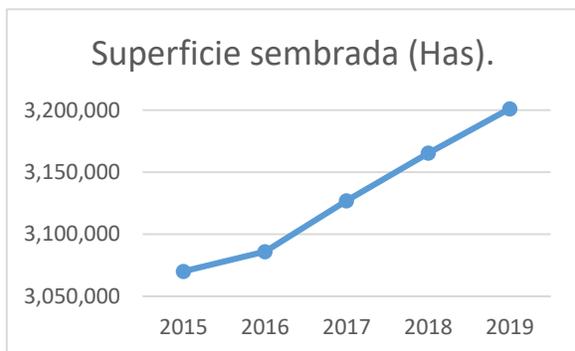


Figura 1. Superficie sembrada frijol Myanmar.

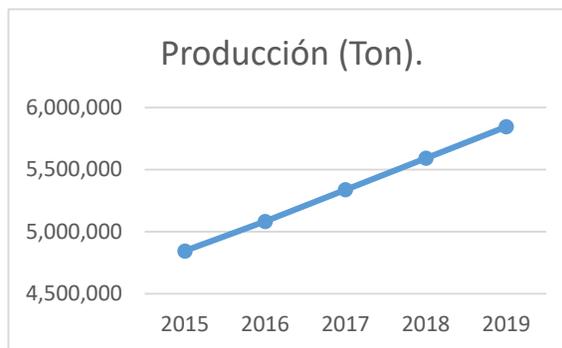


Figura 2. Producción de frijol Myanmar.

India es el segundo máximo productor a nivel mundial, en este país para el año 2019 se sembraron 12, 690,696 hectáreas, siendo el país con mayor superficie destinada para este cultivo, en este año agrícola se obtuvieron 5, 310,000 toneladas, sin embargo tiene una producción por hectárea menor al promedio mundial en más de un 50% con 418.4 kg/ha. (FAO, 2021) A lo largo de los últimos cinco años tanto la producción como la superficie sembrada presentaron un repunte en el año 2017, durante ese año la India era el país con mayor producción de frijol a nivel mundial, pero por la disminución en la superficie y su producción, en la actualidad es el segundo de mayor producción.

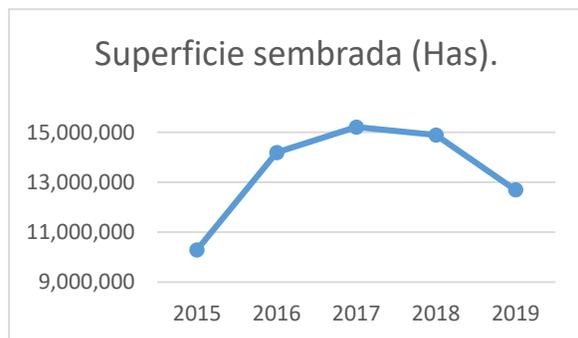


Figura 3. Superficie sembrada frijol India.

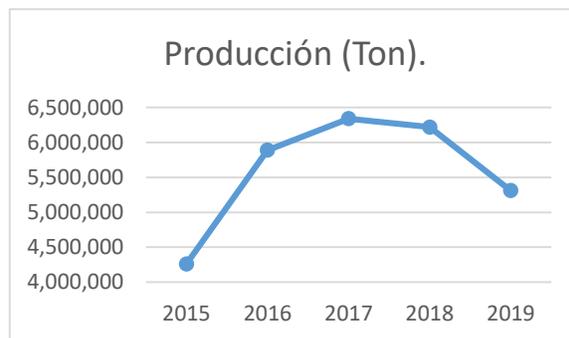


Figura 4. Producción de frijol India.

Brasil es el tercer país productor, para el año 2019, la superficie sembrada fue de 2, 610,585 has de las cuales obtuvieron 2, 916,365 toneladas, teniendo un promedio por hectárea de 1,027.7 kg, estando por arriba del promedio mundial. (FAO, 2021) Durante los últimos cinco años en el país sudamericano se han presentado altibajos tanto en la superficie sembrada como en la producción, en los años 2016 y 2019, se tuvieron disminuciones en la superficie sembrada, la producción también se vio afectada en el año 2016, más no demasiado en el 2019, debido a sus rendimientos.

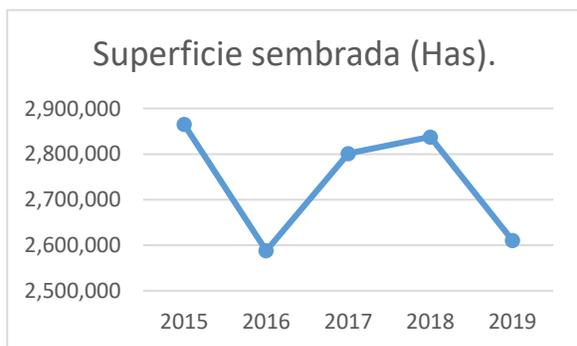


Figura 5. Superficie sembrada frijol Brasil.

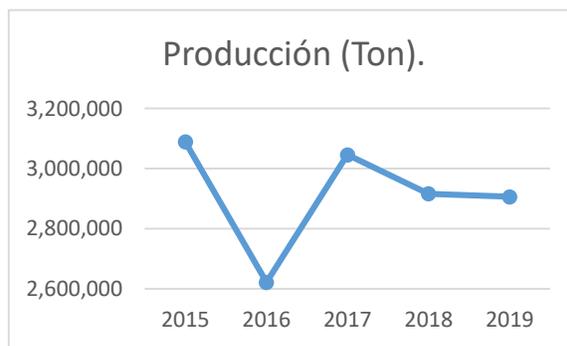


Figura 6. Producción de frijol Brasil.

El país asiático de China es cuarto mayor productor, en el año 2019, 752,301 hectáreas fueron sembradas, obteniendo de las mismas una producción de 1, 301,003 toneladas y una media de 1,741.3 kg/ha, más del doble a la media mundial. (FAO, 2021) En los últimos cinco años se ha tenido un crecimiento gradual tanto en la superficie como en la producción en este país, más sin embargo del 2017 a la fecha se ha estabilizado ese crecimiento.

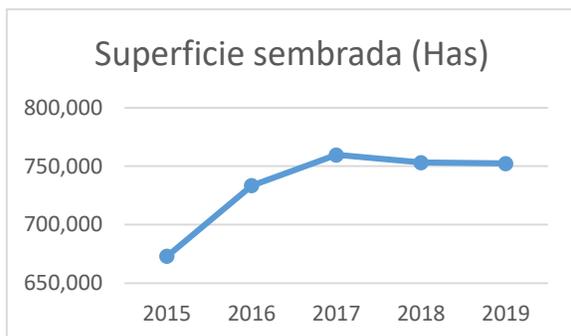


Figura 7. Superficie sembrada frijol China.

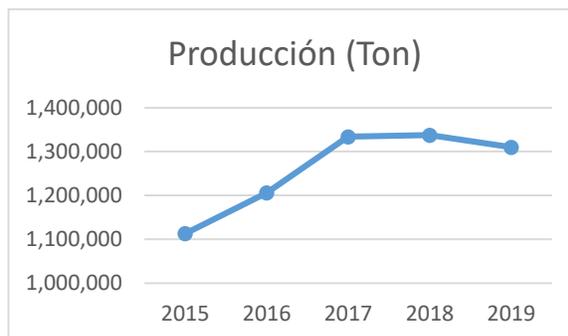


Figura 8. Producción de frijol China.

El quinto país con mayor producción es Estados Unidos, que con una superficie sembrada de 470,890 has para el 2019, alcanzó una producción de 932,220 toneladas y una producción promedio de 1,979.7 kg/ha, siendo el país con mejor producción por hectárea, siendo 2.26 veces mayor al promedio mundial. (FAO, 2021) En los últimos cinco años Estados Unidos ha venido disminuyendo la superficie sembrada para este cultivo, lo que ha repercutido en su producción, más sin embargo gracias a sus rendimientos es el quinto mayor productor a nivel mundial

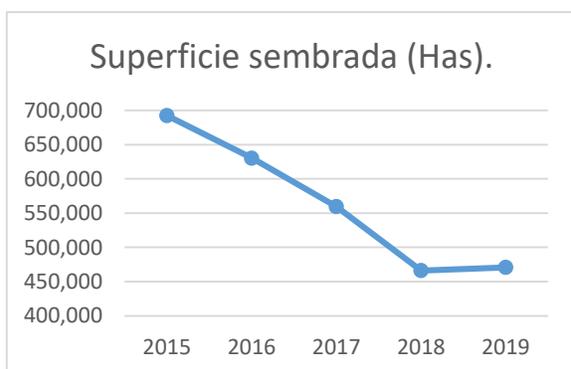


Figura 9. Superficie sembrada frijol E.U.A.

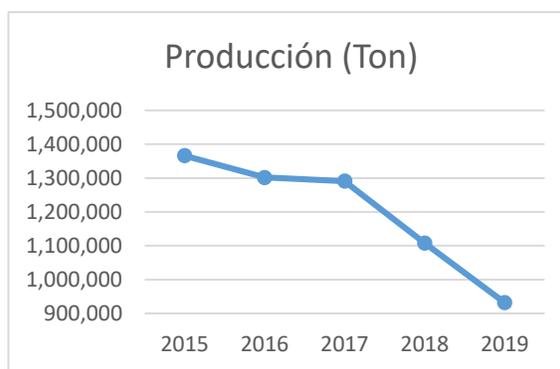


Figura 10. Producción de frijol E.U.A.

En cuanto al consumo mundial de esta legumbre, más del 50% se concentra solo en cinco países, India, Brasil, México, Estados Unidos y Uganda. Mientras que el consumo per cápita se encuentra en los 2.5 kilogramos por persona anuales a nivel mundial.

Alrededor del 18% de la producción mundial se exporta, siendo el país de Myanmar el mayor exportador con el 16.3% de las exportaciones realizadas en el mundo.

Por otra parte, los cuatro principales importadores de frijol son también importantes productores. Sin embargo, estos países realizan compras en el exterior con el fin de complementar su consumo. India, Brasil, México y Estados Unidos participan en conjunto con 40 % del volumen importado. (FIRA, 2019)

#### 2.4 Producción nacional del cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris L.*)

En nuestro país el cultivo de frijol es de gran importancia, ya que junto al maíz forman parte esencial de la dieta diaria, por tanto su importancia radica tanto en nivel socioeconómico, como en el consumo per cápita que se tiene del mismo. (SIAP, 2021)

El frijol ocupó en nuestro país la tercera posición en importancia por la superficie sembrada en México, con 7.9 por ciento del total y un décimo tercer lugar por efecto de su valor en la producción. (FIRA, 2019)

Según datos del SIAP, para el año agrícola 2019, se sembraron 1, 412,097.69 hectáreas, de las cuales se logró al final la cosecha de 1, 207,395.37

hectáreas, con una producción para este año agrícola de 879,404.13 toneladas de esta leguminosa, la producción promedio para nuestro país fue de 0.73 toneladas por hectárea colocándonos como el sexto mayor productor a nivel mundial y por encima de la media de producción. (SIAP, 2021)

En los últimos cinco años la superficie sembrada en nuestro país se había mantenido moderadamente estable, Más sin embargo en el año 2019 se tuvo un declive, 388,829 hectáreas menos se sembraron en relación al año anterior, con esto se tuvo una disminución en la producción misma que venía aumentando año con año hasta el 2018.

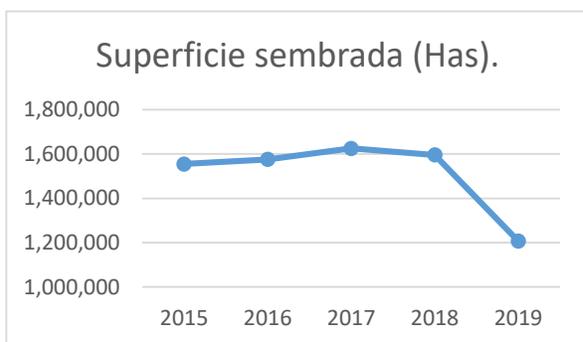


Figura 11. Superficie sembrada frijol México.

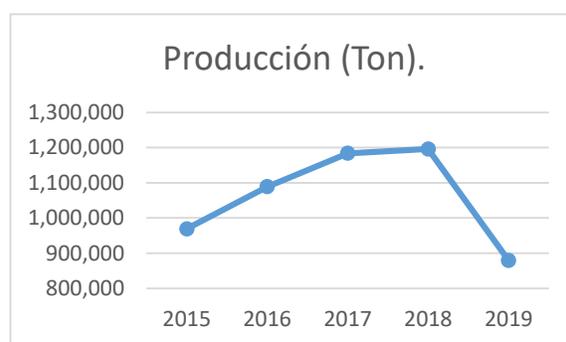


Figura 12. Producción de frijol México.

Para el año 2019 la producción de frijol presento una marcada disminución tanto en superficie como en producción, esto debido a la falta de agua por efecto de sequía y a heladas tempranas presentadas en las grandes regiones productoras del país.

La producción en nuestro país se divide en dos ciclos, la primavera verano, que para el año 2019 se establecieron 1, 181,969.17 hectáreas, de las cuales se

logró cosecha en 978,261.17 hectáreas, para una producción de 592,669.85 toneladas y una media menor a la del año agrícola con 610 kg por hectárea.

Para el ciclo otoño invierno en el año 2019, la superficie sembrada fue menor en comparación al ciclo primavera verano. Durante el OI19 se establecieron 230,128.32 hectáreas, de las cuales se cosecharon 229,134.2, logrando una producción de 286,734.28, lo que nos dio una media en la producción de 1,250 kg por hectárea, rendimiento por arriba de la media del año agrícola, además siendo más del doble el rendimiento obtenido en el ciclo otoño invierno en comparación al de primavera verano.

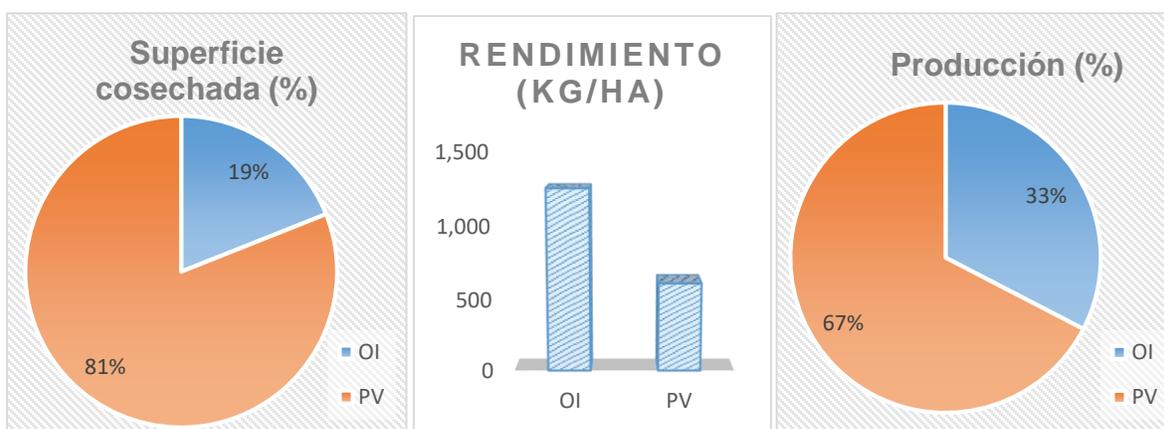


Figura 13. Porcentaje superficie cosechada de frijol por ciclo agrícola en México. (Izquierda)

Figura 14. Rendimiento en kg/ha cosechados de frijol por ciclo agrícola en México. (Centro)

Figura 15. Porcentaje de producción de frijol por ciclo agrícola en México. (Derecha)

Además la producción de frijol en nuestro país se realiza mediante dos métodos, uno es la producción bajo riego y otro de temporal.

La producción bajo el sistema de temporal abarca la mayor superficie de producción, en el año agrícola 2019 se establecieron 1, 241,365 hectáreas, de las cuales se cosecharon 1, 037,595.55 hectáreas, obteniendo de las mismas una producción de 580,701.34 toneladas. Bajo la limitante del recurso agua, los rendimientos en este sistema no alcanzan su potencial. 560 kg por hectárea fue el rendimiento promedio en temporal.

En la producción bajo riego se establecieron 170,732 hectáreas, logrando cosecharse 169, 800.82 hectáreas, teniendo menor número de hectáreas siniestradas en comparación al temporal. La producción bajo este sistema es bastante buena, durante este año agrícola de 2019 se obtuvieron 298,702.79 toneladas y un rendimiento bastante bueno de 1,790 kg por hectárea, siendo rendimientos tres veces mayores a los de temporal.



Figura 16. Porcentaje de superficie cosechada de frijol por sistema de producción en México. (Izquierda)

Figura 17. Rendimiento en kg/ha cosechados de frijol por sistema de producción en México. (Centro)

Figura 18. Porcentaje de producción de frijol por sistema de producción en México. (Derecha)

El estado que abarca la mayor superficie de siembra y producción en nuestro país es Zacatecas, para el año agrícola 2019, se sembraron en este estado 525,142.50 hectáreas, de las cuales se cosecharon 417,030.80 hectáreas para obtener una producción de 259,501.92 toneladas, con un rendimiento promedio de 0.62, un poco por debajo de la media nacional, más sin embargo abarca el 29.5 % de la producción total de nuestro país.

Sinaloa es el segundo estado de mayor producción, si bien en menor medida que el estado de Zacatecas, pero de igual manera abarca una amplia superficie de siembra de 68,009.28 hectáreas para el año agrícola 2019, de las cuales se lograron cosechar 67,564.16 hectáreas, logrando una producción de 130,403.94 toneladas, con una media más que sobresaliente 2.6 veces mayor a la nacional de 1.93 toneladas por hectárea.

El tercer estado con mayor producción es Nayarit, este estado para el año agrícola 2019 sembró 61,798.15 hectáreas, de las cuales se cosecharon 61,771.15 hectáreas, para una producción de 71,728.91 toneladas, la media por hectárea con la que cuenta este estado es de 1,160 kg por hectárea, 58% mayor a la media nacional, gracias a sus rendimientos promedios es el tercer estado con mayor producción en el país. (SIAP, 2021)

A continuación se muestra una tabla de la producción por estado para el cultivo de frijol en nuestro país, mismo que fue ordenado desde el estado de mayor producción que es Zacatecas, al estado de la menor producción que es Colima.

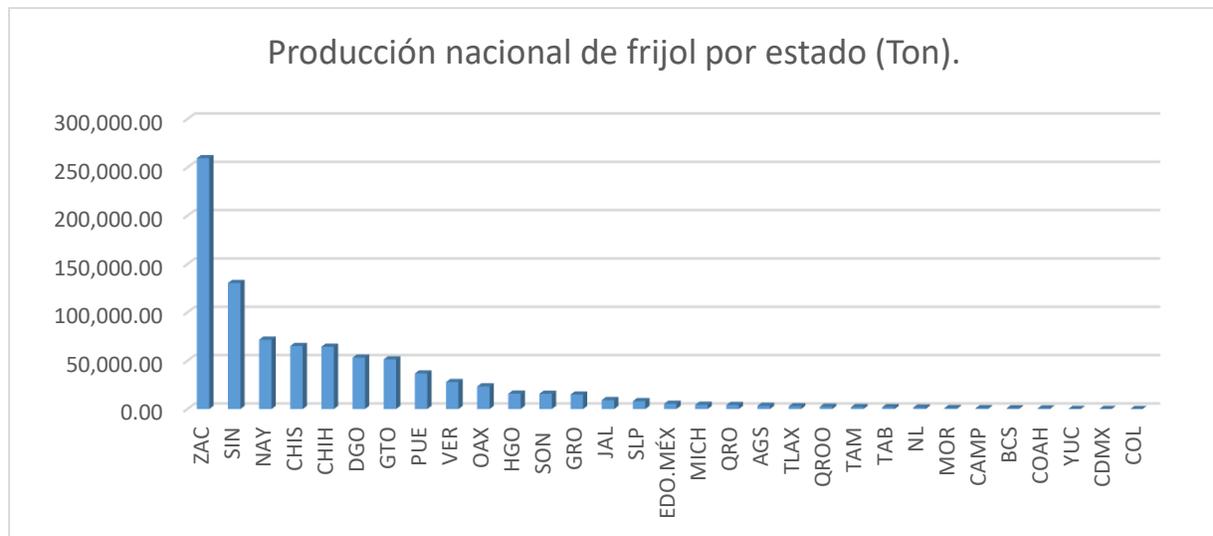


Figura 19. Producción nacional de frijol por estado en México.

## 2.5 Producción regional en la Comarca Lagunera del cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)

Como para todo el país, en esta región el consumo de frijol forma parte de la dieta de cada una de las familias, siendo de vital importancia su producción y con esto el abastecimiento de la demanda del producto para esta región.

En la Comarca Lagunera, que abarca los estados de Coahuila y Durango, con un total de 15 municipios, 5 del estado de Coahuila y 10 del estado de Durango, la producción de Frijol para el Ciclo agrícola 2018 fue de 1,040.13 toneladas, de las cuales se tiene registro de producción para 10 municipios de esta región del norte del país, con un promedio en de rendimiento de 0.229 toneladas por hectárea, para una superficie de 4,538.25 hectáreas cosechadas durante ese ciclo anual.

De los diez municipios productores de esta región, el municipio que sustenta la mayor producción y superficie es General Simón Bolívar en el estado de Durango, aquí se tuvo una producción para este mismo año agrícola de 619.20 toneladas, con esto abarcando casi el 60% de la producción de frijol para esta región, en una superficie cosechada de 3,778 hectáreas, aunque bien con un rendimiento bajo de 0.16 toneladas por hectárea.

San Juan de Guadalupe, municipio del estado de Durango es el segundo municipio en el que se produce mayor cantidad de esta legumbre, con una producción para el año agrícola 2018 de 267.05 toneladas, para una superficie cosechada de 560.25 hectáreas, teniendo un promedio de 0.48 toneladas por hectárea.

En la Laguna de Coahuila se encuentra el tercer municipio que abarca la mayor producción, para el año agrícola 2018, San Pedro, Coahuila, produjo, 74 toneladas para una superficie de 53 hectáreas, si bien no fue una gran superficie, la producción es bastante buena para la zona con un promedio de 1.4 toneladas por hectárea. (SIAP, 2021)

## 2.6 Morfología del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)

La morfología estudia los caracteres de cada órgano, visibles a escala macroscópica y microscópica. El examen de cada uno separadamente, facilita la comprensión de la planta en su totalidad. (Debouck *et al.*, 1984)

Los caracteres de la morfología de las especies se agrupan en caracteres constantes y caracteres variables. Los caracteres constantes son aquellos que identifican la especie o la variedad y generalmente son de alta heredabilidad. Los caracteres variables reciben la influencia de las condiciones ambientales, y podrán ser considerados como la resultante de la acción del medio ambiente sobre el genotipo. (Arias *et al.*, 2007)

### 2.6.1 Raíz.

En las primeras etapas de desarrollo el sistema radical está formado por la radícula del embrión, la cual se convierte posteriormente en la raíz principal o primaria es decir la primera identificable. (FAO, 2018) Pocos días después se

observan las raíces secundarias que se desarrollan en la parte superior o cuello de la raíz principal. (Alitio y Reyes, 2008) Se encuentran de 3 a 7 de estas raíces en disposición de corona y tienen un diámetro un poco menor que la raíz principal. Se denominan secundarias debido a que su desarrollo ocurre a partir de la raíz principal o primaria. Existen otras raíces secundarias que aparecen un poco más tarde y más abajo sobre la raíz principal. (Debouck *et al.*, 1984) Sobre las raíces secundarias se desarrollan las raíces terciarias y otras subdivisiones como los pelos absorbentes, los cuales, además, se encuentran en todos los puntos de crecimiento de la raíz. (Arias *et al.*, 2007)

Las raíces terciarias aparecen lateralmente sobre las raíces secundarias y las cuaternarias sobre las raíces terciarias. (Debouck *et al.*, 1984)

La raíz principal se puede distinguir entonces por su diámetro y mayor longitud. (Arias *et al.*, 2007). El sistema radicular tiende a ser fasciculado, fibroso en algunos casos, pero con una amplia variación, incluso dentro de la misma variedad. El tipo pivotante se presenta en bajo porcentaje. (Debouck *et al.*, 1984) En general este sistema radical es superficial, ya que en los primeros 20 centímetros de profundidad del suelo se encuentra la raíz. (FAO, 2018)

Como miembro de la subfamilia papilionoideae, *Phaseolus vulgaris* L. presenta nódulos distribuidos en las raíces laterales de la parte superior y media del sistema radical (Arias *et al.*, 2007). Estos nódulos tienen forma poliédrica, un diámetro aproximado de 2 a 5 milímetros y son colonizados por la bacteria del

género *Rhizobium*, las cuales fijan nitrógeno atmosférico, que contribuye a satisfacer los requerimientos de este elemento en la planta. (Alitio y Reyes, 2008)

Las características del suelo son importantes muy importantes en la conformación del sistema radical y su tamaño, características tales como la estructura, la porosidad, el grado de aireación, la capacidad de retención de humedad, la temperatura, el contenido de nutrimentos, entre otras. Es importante conocer que el sistema radical se concentra generalmente cerca de la base del tallo, casi en la superficie del suelo. En condiciones muy favorables, las raíces pueden alcanzar más de un metro de longitud. En casos de excesos de humedad, el hipocótilo puede desarrollar raíces adventicias. (Debouck *et al.*, 1984)

#### 2.6.2 Tallo.

El tallo es herbáceo y con sección cilíndrica o levemente angular, debido a pequeñas corrugaciones de la epidermis. (FAO, 2018) El tallo es identificado como el eje central de la planta, está formado por una sucesión de nudos y entrenudos, es herbáceo, con sección cilíndrica o levemente angular; puede ser erecto, semiprostrado o prostrado, según el hábito de crecimiento de la variedad. (Alitio y Reyes, 2008)

Se origina del meristemo apical del embrión de la semilla. Desde la germinación, y en las primeras etapas de desarrollo de la planta, este meristemo tiene fuerte dominancia apical y en su proceso de desarrollo genera nudos. (Arias *et al.*, 2007) Un nudo es el punto de inserción de las hojas o de los cotiledones en

el tallo. El ángulo formado entre el peciolo de las hojas y la prolongación del tallo se denomina axila; en las axilas aparece un complejo de yemas que posteriormente se desarrollan como ramas laterales y/o como inflorescencias. (Debouck *et al.*, 1984)

El tallo es el resultado de un proceso dinámico de construcción activa desde sus primeras etapas de crecimiento por parte de un grupo de células situadas en su parte final, llamada meristemo terminal. Este proceso de construcción incluye también la formación de otros órganos en los nudos y la de los entrenudos. (Arias *et al.*, 2007)

Algunas características de la planta relacionadas con el tallo son utilizadas para la identificación de variedades. Dentro de estas se pueden mencionar, el color, la pilosidad, el tamaño, el número de nudos, el carácter de la parte terminal, el diámetro, la longitud de los entrenudos, la aptitud para trepar, la filo taxia y los ángulos de inserción de diferentes órganos (FAO, 2018)

La pilosidad y el color varían según la parte del tallo, la etapa de desarrollo de la planta, la variedad de frijol y las condiciones ambientales como sequía y luz. (Debouck *et al.*, 1984) Existe una variación en lo que respecta a la pigmentación del tallo, de modo que pueden encontrarse derivaciones de tres colores fundamentales: verde, rosado y morado.

El tallo empieza en la inserción de las raíces. En orden ascendente, el primer nudo que se encuentra es el de los cotiledones, que se caracteriza por tener dos inserciones opuestas correspondientes a los cotiledones. La primera parte del tallo comprendida entre la inserción de las raíces y el primer nudo se llama hipocótilo. El

siguiente nudo es el de las hojas primarias, las cuales son opuestas. Entre el nudo de los cotiledones y el de las hojas primarias se encuentra un entrenudo real llamado epicotilo.

El tallo presenta un desarrollo característico en su parte terminal, con dos probabilidades, que depende del hábito de crecimiento de la variedad. Una es que termina en una inflorescencia que al aparecer, normalmente, el tallo cesa su crecimiento y, en este caso, la planta es de hábito de crecimiento determinado. En la otra el tallo presenta en su parte terminal un meristemo vegetativo que le permite eventualmente seguir creciendo, en este caso la planta es de hábito de crecimiento indeterminado. Cuando la planta es de hábito de crecimiento determinado el tallo posee, por lo general, un bajo número de nudos, y en las plantas de hábito de crecimiento indeterminado el número de nudos es mayor. (Arias et al., 2007)

### 2.6.3 Ramas.

Las ramas se desarrollan a partir de un complejo de yemas localizado siempre en la axila de una hoja o en la inserción de los cotiledones. Este es el denominado complejo axilar que generalmente formado por tres yemas visibles desde el inicio de su desarrollo. (Debouck *et al.*, 1984)

Las tres yemas forman un complejo axilar llamado tríada, y pueden tener un desarrollo diferente que puede ser de tres tipos:

Tipo 1: Desarrollo completamente vegetativo, si las tres yemas son vegetativas.

Tipo 2: Desarrollo floral y vegetativo, si existen yemas florales y vegetativas.

Tipo 3: Desarrollo completamente floral, si las tres yemas son yemas florales.

En los hábitos determinados se presentan los tipos 1 y 3, mientras que en los indeterminados se presentan los tipos 1 y 2. (Arias et al., 2007)

#### 2.6.4 Hojas.

El frijol presenta hojas de tipos simples y compuestas. Tienen entre 3,2 cm y 11 cm de largo, 3 cm a 8 cm de ancho, ápice agudo, y base redondeada a truncada; son membranosas y escasa a densamente pubescentes. (FIRA, 2019) Están insertadas en los nudos del tallo y las ramas.

En la planta de frijol solo hay dos hojas simples: las primarias; aparecen en el segundo nudo del tallo y se forma en la semilla durante la embriogénesis. Son opuestas, cordiformes, unifoliadas, auriculadas, simples y acuminadas. Estas caen antes de que la planta esté completamente desarrollada. (Debouck *et al.*, 1984)

Las hojas compuestas trifoliadas son las hojas típicas del fríjol, tienen tres folíolos, un pecíolo y un raquis. En la inserción de las hojas trifoliadas hay un par de estípulas de forma triangular que siempre son visibles. (Arias et al., 2007)

En condiciones normales existe una gran variación en cuanto al color y pilosidad de las hojas la cual está relacionada con la variedad, con la posición de la hoja en el tallo y la edad de la planta. Estos caracteres pueden o no tener relación con el color y la pilosidad del tallo y de las ramas. (Debouck *et al.*, 1984)

### 2.6.5 Inflorescencia.

Las inflorescencias pueden ser terminales o axilares. Desde el punto de vista botánico, se consideran como racimos de racimos, es decir, un racimo principal compuesto de racimos secundarios, los cuales se originan de un complejo de tres yemas (tríada floral) que se encuentra en las axilas formadas por las brácteas primarias y el raquis. En la inflorescencia se pueden distinguir tres componentes principales: el eje de la inflorescencia que se compone de pedúnculo y de raquis, las brácteas primarias y los botones florales. (Arias et al., 2007)

La inflorescencia tiene tres partes principales: el eje de la inflorescencia que se compone de pedúnculo y de raquis, las brácteas primarias y los botones florales. (Debouck *et al.*, 1984)

### 2.6.6 Flor.

Las flores son hermafroditas y auto fecundables. Se desarrollan en una inflorescencia de racimo, que puede ser terminal, como sucede en las variedades de hábito determinado, o lateral, como en las indeterminadas. (FIRA, 2019)

La flor del frijol es una típica flor papilionácea. En el proceso de desarrollo de dicha flor se pueden distinguir dos estados, el botón floral y la flor completamente abierta. El botón floral, bien sea que se origine en las inserciones de un racimo o en el desarrollo completamente floral de las yemas de una axila en su estado inicial, está envuelto por las bractéolas que tienen forma ovalada o redonda. En su estado

final, la corola, que aún está cerrada, sobresale, y las bractéolas cubren sólo el cáliz.

Cuando ocurre el fenómeno de antesis la flor se abre. (Arias et al., 2007)

Las características de la flor son las siguientes:

- Un pecíolo, y en su base una pequeña bráctea.
- El cáliz posee cinco dientes triangulados dispuestos en dos grupos. En la base del cáliz hay dos bractéolas ovoides que persisten hasta poco después de la floración.
- La corola es pentámera y papilionácea, con dos pétalos soldados por su base. En ella se distinguen el pétalo más sobresaliente o estandarte, que puede ser de color blanco, verde, rosado o púrpura y que, generalmente, se torna amarillo después de la fecundación, y dos alas cuyo color puede ser blanco, rosado o púrpura. En general, las alas son más oscuras que las otras partes de la corola. La otra parte es la quilla, que tiene forma de espiral muy cerrada y compuesta por dos pétalos completamente unidos.
- El androceo está formado por nueve estambres soldados en su base por un tubo, y un estambre libre llamado vexilar.
- El gineceo incluye el ovario comprimido, el estilo encorvado y el estigma interno lateral terminal. (Arias et al., 2007)

La morfología floral de *Phaseolus vulgaris* L. favorece el mecanismo de autopolinización. Las anteras están al mismo nivel que el estigma y además ambos órganos están envueltos completamente por la quilla. Cuando se produce la dehiscencia de las anteras (antesis) el polen cae directamente sobre el estigma. (Debouck et al., 1984)

### 2.6.7 Fruto.

El fruto es el ovario desarrollado en forma de vaina con dos suturas que unen las dos valvas: la sutura dorsal o placentar y la sutura ventral. (FIRA, 2019) Las cuales provienen del ovario comprimido. Puesto que el fruto es una vaina, esta especie se clasifica como leguminosa. (Debouck *et al.*, 1984) Los óvulos, que son las futuras semillas, alternan en la sutura placentar. (Arias *et al.*, 2007)

Las vainas son generalmente glabras o sub glabras con pelos muy pequeños. Pueden ser de diversos colores, uniformes o con rayas. Existen diferencias entre las vainas jóvenes o en estado inmaduro, las vainas maduras y las vainas completamente secas. (FIRA, 2019)

### 2.6.8 Semilla.

La semilla es exalbuminosa es decir que no posee albumen, por tanto todas las reservas nutritivas se concentran en los cotiledones. (Debouck *et al.*, 1984) Se origina de un óvulo campilótropo. Puede tener una amplia variación de color (blanco, rojo, crema, negro, café o combinados), de forma (cilíndrica, reniforme, esférica) y de brillo. (FIRA, 2019)

Entre las partes externas más importantes se encuentran las siguientes.

- La testa o cubierta, que corresponde a la capa secundaria del óvulo.
- El hilum, que conecta la semilla con la placenta.
- El micrópilo, que es una abertura en la cubierta cerca del hilum. A través de esta abertura se realiza la absorción del agua.

- El rafe, proveniente de la soldadura del funículo con los tegumentos externos de óvulo.

Internamente, la semilla está constituida por el embrión, el cual está formado por la plúmula, las dos hojas primarias, el hipocótilo, los dos cotiledones y la radícula. (Arias et al., 2007)

## 2.7 Fases fenológicas del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)

La escala fenológica utilizada por la mayor parte de los investigadores en frijol describen 10 etapas sucesivas, basándose en los cambios morfológicos y fisiológicos que se suceden durante el desarrollo de la planta o de un cultivo de frijol. (Lépiz et al., 2018)

El desarrollo de la planta de frijol comprende de manera general dos fases sucesivas: la vegetativa y la reproductiva, cada una con cinco etapas. (Fernández et al., 1986)

La fase vegetativa inicia cuando se brinda a la semilla las condiciones óptimas para el inicio de la germinación y termina cuando aparecen los primeros botones florales. En esta fase se desarrollan las estructuras vegetativas necesarias para la actividad reproductiva de la planta y se divide en cinco estadios conocidos también como etapas de desarrollo, entre ellas la germinación (V0), emergencia (V1), hojas primarias (V2), primera hoja trifoliolada (V3) y tercera hoja trifoliolada (V4). (Lépiz et al., 2018)

La fase reproductiva se inicia con la aparición de los primeros botones o racimos florales y termina cuando el grano alcanza el grado de madurez necesario para la cosecha, esta etapa al igual que la vegetativa se divide en cinco estadios o etapas de desarrollo, entre ellas la prefoliación (R5), floración (R6), formación de vainas (R7), llenado de granos (R8), maduración (R9).

La duración de las distintas etapas está afectada por distintos factores, como lo son el hábito de crecimiento que tenga la planta, el clima en el que se incluye la temperatura, fotoperíodo, precipitación, entre otros, el suelo y el mismo genotipo. (Fernández *et al.*, 1986)

Se ha demostrado que una variedad con mayor ciclo biológico y mayor tiempo de fotosíntesis tiene una mayor producción de materia seca y, en general, un mayor rendimiento de grano. (Lépiz *et al.*, 2018)

#### 2.7.1 Germinación / Etapa V0.

Al realizar la siembra, la semilla es colocada en un ambiente favorable para el inicio de su germinación. Se debe tomar como el inicio de esta etapa al momento en que la semilla cuenta con la humedad suficiente para iniciar la germinación, es decir el día del primer riego o bien de la primera lluvia en caso de que la siembra se realice en suelo seco. (Fernández *et al.*, 1982)

Ya que la semilla dispone de condiciones para germinar, emerge de ella en primera instancia la radícula, la cual se convertirá en la raíz primaria y sobre

aparecerán luego raíces secundarias y terciarias. Posteriormente se alarga el hipocótilo y los primeros cotiledones se pueden observar en la superficie del suelo.

### 2.7.2 Emergencia / Etapa V1.

En el cultivo de frijol esta etapa da inicio cuando el 50% de las plántulas del cultivo, presentan sus cotiledones a nivel de suelo.

Después de su emergencia el hipocótilo se endereza y continúa su crecimiento, para después comenzar con el despliegue de las hojas primarias. (Fernández *et al.*, 1986)

### 2.7.3 Aparición hojas primarias / Etapa V2.

El inicio de esta etapa se da cuando el 50% de las plantas del cultivo cuentan con sus hojas primarias desplegadas, siendo estas hojas unifoliadas y opuestas.

En esta etapa comienza el desarrollo vegetativo rápido de la planta, aquí se comienza a ver la aparición de la primera hoja trifoliada y los cotiledones pierden su forma.

#### 2.7.4 Primera hoja trifoliada / Etapa V3.

Esta etapa inicia cuando se presenta la primera hoja trifoliada completamente abierta y plana, cuando en el 50% de las hojas del cultivo se presenta esto, damos por iniciada esta etapa.

Al comienzo de esta etapa, la primera hoja trifoliada se encuentra debajo de las hojas primarias, pero luego el peciolo continúa su desarrollo y se encuentra encima de ellas. También se puede observar en esta etapa la segunda hoja trifoliada de tamaño muy reducido todavía y que los cotiledones se han secado completamente, y por lo regular se han caído.

El tallo continúa su desarrollo la segunda hoja trifoliada se abre y la tercera se despliega. (Fernández *et al.*, 1982)

#### 2.7.5 Tercera hoja trifoliada / Etapa V4.

Cuando el 50% de las plantas del cultivo ha desplegado su tercera hoja trifoliada, esta etapa se considera como iniciada, en ese momento la tercera hoja trifoliada se encuentra aún por debajo de la segunda.

A partir de esta etapa se hacen claramente diferenciables algunas estructuras vegetativas como lo son el tallo, las ramas y otras hojas trifoliadas.

En la axila de cada hoja se encuentra una tríada de yemas que pueden originar estructuras vegetativas y/o reproductivas, por lo general las yemas de los nudos que están por debajo de la tercera hoja trifoliada se desarrollan como ramas.

El tipo de ramificación dependerá principalmente de factores como el genotipo y las condiciones de cultivo.

#### 2.7.6 Prefloración / Etapa R5.

Con esta etapa se da inicio a la fase reproductiva de la planta. Se da cuando aparece el primer botón floral o el primer racimo y en condiciones de cultivo se considera que ha entrado a esta etapa cuando el 50% de las plantas presentan estas características.

En las variedades de los Tipos II, III y IV, los primeros racimos florales aparecen en la axila de una de las hojas trifoliadas inferiores del tallo principal o de las ramas de la planta. En las variedades determinadas los primeros botones florales aparecen generalmente en el nudo superior del tallo principal; la aparición del primer botón floral depende de factores como el genotipo, la temperatura, el fotoperíodo, entre otros. (Fernández *et al.*, 1986)

#### 2.7.7 Floración / Etapa R6.

Esta etapa inicia cuando la flor presenta su primera flor abierta, a nivel cultivo cuando el 50% de las plantas presentan esta característica.

La primera flor abierta corresponde al primer botón formado; por lo tanto, en las variedades de tipo determinadas la floración empieza en el último nudo del tallo principal y continúa en forma descendente, mientras que en las variedades de tipo

indeterminadas empieza en la parte baja de la planta y continúa en forma ascendente, siguiendo las ramas el mismo orden de floración que el tallo principal.

#### 2.7.8 Formación de vainas / Etapa R7.

Después de la fecundación de la flor, la corola se marchita y la vaina empieza a crecer. Cuando aparece la primera vaina en el 50% de las plantas del cultivo se considera iniciada la Etapa R7, hasta que las vainas alcanzan su tamaño alrededor de 10 a 12 días y su peso final que se logra de los 15 a 20 días después a la floración. (Fernández *et al.*, 1986)

#### 2.7.9 Llenado de vainas / Etapa R8.

El inicio de esta etapa se da cuando el crecimiento de la vaina cesa y se empieza con el llenado de grano, en cultivo se toma como iniciada cuando el 50% de las plantas presentan este proceso. Comienza aquí entonces el crecimiento de las semillas y esto se puede comprobar mirando las vainas por el lado de las suturas, aquí se observan los abultamientos correspondientes a las semillas en crecimiento.

Los granos alcanzan su peso máximo de 30 a 35 días posteriores a la floración. (Fernández *et al.*, 1982)

### 2.7.10 Maduración / Etapa R9.

Esta es considerada como la última etapa del desarrollo del cultivo, ya que en esta se lleva a cabo la maduración. Se inicia cuando la primera vaina del 50% de las plantas de un cultivo cambia su color verde por amarillo o pigmentado, además las hojas, empezando por las inferiores, adquieren un color amarillo y se caen.

Todas las partes de la planta se secan y en particular las semillas, cuyo contenido de humedad baja hasta llegar a un 15%, las semillas toman entonces su color final y la planta está lista para realizar la cosecha. (Fernández *et al.*, 1986)

Cuadro 1. Fases fenológicas del cultivo de frijol.

FASE VEGETATIVA			FASE REPRODUCTIVA			
Inicia cuando la semilla dispone de las condiciones adecuadas, hasta la aparición de los primeros botones florales.			Inicia con la aparición de los primeros botones florales y termina cuando el grano tiene la madurez óptima para su cosecha.			
Germinación	Emergencia	Tercera hoja trifoliada	Floración	Formación de Vainas	Llenado de vainas	Maduración
V0	V1	V2-V4	V5-V6	V7	V8	V9
4-6 dds	6-7 dds	21-24 dds	36-39 dds	45-48 dds	50-55 dds	58-65 dds
Semilla en condiciones favorables para germinación.	Los cotiledones del 50% de las plantas aparecen al nivel del suelo.	La tercera hoja trifoliada del 50% de las plantas está desplegada totalmente.	Se ha abierto la primera flor en el 50% de las plantas.	Al marchitarse la corola, en el 50% de las plantas aparece por lo menos una vaina.	Llenado de semillas en la primera vaina en el 50% de las plantas.	Cambio de color en por lo menos una vaina en 50% de las plantas.

2.8 Variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) a utilizar en el experimento.

#### 2.8.1 Pinto Bravo.

La variedad Pinto Bravo fue generada mediante el cruzamiento entre Pinto Mestizo utilizado como progenitor femenino y Pinto Saltillo como progenitor masculino. Siendo una variedad de ciclo precoz, mostrando mayor calidad comercial, con tolerancia del oscurecimiento de la testa y un grano de mayor tamaño a Pinto Saltillo.

Las plantas de Pinto Bravo crecen en forma de enredadera indeterminada, con guías cortas no trepadoras.

La madurez fisiológica del Pinto Bravo se presenta en promedio a los 91 días, variando entre 81 y 100 días después de la siembra.

La variedad Pinto Bravo es sensible al fotoperiodo, presentándose un retraso en floración y madurez cuando se siembra en condiciones de riego cuando los días son largos y cálidos, llegándose a observar una duración del ciclo biológico entre 110 y 130 días.

Los granos de la variedad Pinto Bravo presentan un tamaño de mediano a grande, con un promedio de 35 gramos por cada 100 semillas, presentándose intervalos entre 25 y 46 gramos por cada 100 semillas. Su forma es elíptica en su corte transversal y en su vista longitudinal muestra una figura elíptica-romboide. Su color es crema con pintas café y el hilo amarillo-naranja. El color crema claro de la testa hace el grano de Pinto Bravo más atractivo al consumidor.

El Pinto Bravo puede ser cultivado y rendir entre 77 y 3,045 kg/ha en ambientes de temporal y riego del Altiplano de México. En áreas de riego y sitios con lluvias bien distribuidas, mayores a 400mm entre junio y septiembre, esta variedad puede alcanzar 3,045 kg/ha.

La siembra de la variedad Pinto Bravo en condiciones de temporal se realiza cuando inicia el periodo de lluvias, finales de junio, principios de julio. Para riego es posible sembrar durante el periodo entre el 01 de junio y 15 de julio. Las densidades recomendadas de siembra son entre 120 mil y 130 mil plantas por hectárea. (Rosales *et al.*, 2012)

#### 2.8.2 Pinto Centauro.

El tipo de crecimiento que presenta la variedad Pinto Centauro es el de una enredadera indeterminada con guías cortas no trepadoras, correspondiente a un hábito de crecimiento indeterminado postrado (Tipo III) La altura promedio del dosel de esta variedad es de 32 cm y la longitud de guía alcanza 68 cm.

La floración de Pinto Centauro se registra en un promedio de 39 días después de la siembra presentándose entre los 36 y 41 días después de la siembra.

La madurez fisiológica se presenta en promedio a los 90 días, con variaciones entre 81 y 97 días después de la siembra.

La variedad Pinto Centauro se considera sensible al fotoperiodo, incrementando la duración de sus etapas de desarrollo cuando se siembra en

condiciones de riego y se presentan los días largos y cálidos, siendo posible observar una duración del ciclo biológico entre 110 y 140 días.

Los granos que presenta la variedad Pinto Centauro son de tamaño a grande, con un promedio de 34 gramos por cada 100 semillas, teniendo intervalos entre 28 y 42 gramos por cada 100 semillas.

Los granos de esta variedad presentan una forma elíptica en su corte transversal y una forma longitudinal elíptica-reniforme. El color que presenta es un fondo crema con pintas color café e hilo amarillo-naranja. El color crema de fondo en este grano lo hace más atractivo para el consumidor.

La variedad Pinto Centauro presenta un rendimiento promedio de 1,220 kg/ha, llegando a rendir entre 169-2,935 kg/ha. En áreas de riego y sitios con lluvias bien distribuidas, mayores a 400 mm entre junio y octubre llegando a alcanzar esta variedad 2,935 kg/ha.

La variedad Pinto Centauro en temporal se siembra al comienzo del periodo de lluvias entre los meses de junio y julio. En riego es posible sembrar Pinto Centauro en el periodo comprendido entre el 01 de junio y 15 de julio. La densidad recomendada para la siembra es de 130 mil plantas por hectárea. (Rosales *et al.*, 2012)

### 2.8.3 Pinto Saltillo.

El tipo de crecimiento que presenta la variedad Pinto Saltillo es una enredadera indeterminada, con guías cortas no trepadoras, que corresponde con el

hábito de crecimiento indeterminado postrado (Tipo III). Presentando una altura del dosel entre 38 y 44 cm y una longitud de guía de 84 cm.

La floración de la variedad Pinto Saltillo se presenta entre los 38 y 60 días después de la siembra, presentando su madurez fisiológica entre los 87 y 115 días.

La variedad Pinto Saltillo es sensible al fotoperiodo, incrementando la duración de sus etapas de desarrollo cuando se siembra en condiciones de riego en días largos y cálidos, observando una duración del ciclo biológico entre 110 y 150 días.

La variedad Pinto Saltillo presenta granos de tamaño mediano con un intervalo de peso que va de 30 a 34 gramos por cada 100 semillas. Presenta una forma elíptica en su corte transversal y muestra una forma externa semi-arriñonada. Su color es crema muy claro con pintas de color café e hilio amarillo, siendo un grano atractivo al consumidor.

La siembra de la variedad Pinto Saltillo se realiza en los periodos comprendidos entre el 15 de mayo y 15 de julio en condiciones de riego. En condiciones de temporal y en regiones cálidas, se recomienda la siembra en todo el mes de junio y primera quincena de julio, con una densidad de siembra recomendada de 130 mil plantas por hectárea.

La variedad Pinto Saltillo presenta un promedio de rendimiento de 1,434 kg/ha, con fluctuaciones entre los 545 y 2,613 kg/ha. (Sánchez *et al.*, 2009)

## 2.9 Cambio Climático.

El cambio climático resulta en la actualidad un tema de gran importancia en las preocupaciones de todo ser humano responsable y en la agenda pública de cualquier gobierno a nivel mundial, más sin embargo durante mucho tiempo, los temas ambientales fueron ignorados o bien considerados como secundarios con respecto a otros problemas o prioridades de los diversos países a nivel mundial, incluyendo al nuestro, sobreponiéndose así temas como el crecimiento económico y al desarrollo social del país, todo esto en parte a que no se le daba el correcto valor a la importancia de tener un medio ambiente sano, o bien, que se llegara a creer que con la solución de los problemas sociales y económicos los ecosistemas naturales tendrían tiempo y capacidad para recuperarse, más sin embargo año con año el deterioro ambiental es más evidente y el cambio climático es un hecho.

Nuestro planeta es la base principal de la vida y los bienestar humanos, en ella sustentamos el suministro de alimentos y agua dulce además de muchos otros servicios ecosistémicos y de biodiversidad, por tanto la importancia de la preservación de cada uno de los recursos de ella. (IPCC, 2020)

Actualmente el deterioro ambiental amenaza seriamente el desarrollo y futuro de las naciones. La pérdida de ecosistemas y su biodiversidad, la degradación de los suelos, la contaminación del aire y la cada vez más acentuada disminución en la disponibilidad de agua, son sólo algunos de los problemas ambientales más conocidos que enfrentamos y que año con año se presentaran en mayor medida. Junto a estos problemas se suma el cambio climático global que, por la magnitud de su extensión y por todas las implicaciones, sociales, económicas y ambientales

que involucra, puede comprometer seriamente el futuro de casi todos los países a nivel mundial, incluido el nuestro, México.

Como para la mayoría de los problemas ambientales, la solución requiere la actuación decidida de los gobiernos, pero en el caso del cambio climático, también de una sociedad bien informada y comprometida que contribuya con su actitud y acciones a disminuir las presiones a las que está sometido el ambiente. (SEMARNAT, 2009)

#### 2.9.1 Antecedentes.

A lo largo de la historia, el clima en nuestro planeta ha estado continuamente en constante cambio, sin embargo, durante los últimos 10 mil años existió una estabilidad climática, la cual permitió el establecimiento de la civilización y el desarrollo de la humanidad. En cambio durante el último siglo el sistema climático terrestre ha experimentado cambios considerables. (Centro Mario Molina, 2020)

Para los investigadores la revolución industrial que dio inició en 1890 ha sido un parte aguas para el cambio climático, desde entonces la cantidad de dióxido de carbono en el planeta ha aumentado en un 30% y con ello la temperatura de la superficie terrestre y marina, aumentando con ello el nivel del mar, existiendo así cambios en los patrones de lluvia, y eventualmente llegando a aumentar las ondas de calor y otros eventos climáticos como catástrofes naturales que afectan a la sociedad y a las diversas especies animales y vegetales. (Conde, 2006).

A principios de la década de 1970 el fenómeno del cambio climático comenzó a cobrar notoriedad, esto llevo a retomar la discusión en torno a la política y la educación ambiental para la sustentabilidad, lo que propició un incremento en las investigaciones acerca del tema desde diversas aproximaciones teóricas y metodológicas, que a lo largo del tiempo han hecho evidentes que el cambio en el clima nos afecta a nivel mundial y que es un tema de suma importancia para la subsistencia de los seres vivos y del planeta mismo. (Barrera *et al.*, 2020)

Durante el año 2020 a causa de la pandemia COVID-19, la emisión de gases de efecto invernadero, así como los contaminantes atmosféricos emitidos han tenido una reducción repentina, lo que ha contribuido a una tendencia de enfriamiento a inicios de ese mismo año. Más sin embargo estudios realizados han estimado que el efecto directo de la respuesta impulsada por la pandemia será insignificante, con un enfriamiento de alrededor de  $0.01 \pm 0.005^{\circ}\text{C}$  para 2030, en cambio con un escenario de referencia que sigue las políticas ambientales actuales. En contraste, con una recuperación económica inclinada hacia el estímulo verde y reducciones en las inversiones en combustibles fósiles, es posible evitar un calentamiento futuro de  $0.3^{\circ}\text{C}$  para 2050. (Gutiérrez *et al.*, 2020)

### 2.9.2 ¿Qué es el cambio climático?

El cambio climático es considerado uno de los problemas ambientales más importantes de nuestro tiempo, y puede definirse como todo cambio significativo en

el sistema climático del planeta, que permanece por décadas o más tiempo. (Díaz, 2012)

En 1992 la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático reconocía de forma oficial la inquietud de la comunidad internacional por los efectos adversos de los cambios del clima, estableciendo una definición común de cambio climático, definiéndola de esta manera como un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables. (Miranzo y Del Rio, 2015)

Para el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), el término como tal denota un cambio en el estado del clima identificable con el uso de análisis estadísticos, a raíz de un cambio en el valor medio y en la variabilidad de sus propiedades, y que persiste durante un período prolongado, generalmente cifrado en decenios o en períodos más largos. (Díaz, 2012)

El calentamiento global, por su parte, es la manifestación más evidente del cambio climático y se refiere al incremento promedio de las temperaturas terrestres y marinas globales.

### 2.9.3 ¿En qué consiste el cambio climático?

Como lo hemos venido abordando durante el texto, el calentamiento global es la manifestación más evidente del cambio climático, y se refiere al incremento promedio de las temperaturas terrestres y marinas a nivel global. (INECC, 2018)

Entre los factores que afectan los cambios de temperatura media de la tierra y el cambio climático son los cambios en el desnivel del mar, los efectos de las nubes, la emisión de aerosoles a la atmósfera, aumento en las emisiones de dióxido de carbono, gas metano, hidratos de metano. (Díaz, 2012)

Este cambio climático, este aumento de temperatura en la atmosfera denominado calentamiento global, es ocasionado por un efecto invernadero, el cual se refiere a un mecanismo por medio del cual la atmósfera de la Tierra se calienta.

Para comprender de mejor manera el efecto invernadero debemos de conocer la composición química de la atmósfera. Esta incluye mayoritariamente a solo dos gases, Nitrógeno (N), en un 79% y Oxígeno (O<sub>2</sub>) en un 20%. El 1% restante está formado por diversos gases entre los que los más abundantes son el Argón (Ar) en un 0.9% y el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en aproximadamente un 0.03%. Este último gas, presente en proporciones tan bajas, es de crucial importancia en el proceso de calentamiento de la atmósfera. (Caballero *et al.*, 2007)

Este efecto invernadero es un fenómeno por el cual determinados gases, que son componentes de una atmósfera planetaria, retienen parte de la energía que el suelo emite por haber sido calentado por la radiación solar. Afecta a todos los cuerpos planetarios dotados de atmósfera. De acuerdo con el actual consenso científico, el efecto invernadero se está viendo acentuado en la Tierra por la emisión de ciertos gases, como el dióxido de carbono y el metano, debida a la actividad económica humana. (Federación de enseñanza CC.OO de Andalucía, 2010)

Estos gases de efecto invernadero (GEI) se han venido generado desde hace miles de millones de años de fuentes naturales como el vulcanismo, la vegetación y los océanos. Sin embargo, los humanos también hemos contribuido a su generación. Mediante la industria y el uso de los combustibles fósiles, como el petróleo, gas natural o carbón, hemos arrojado a la atmósfera grandes cantidades de GEI y, con ello, contribuido a incrementar la concentración de estos gases en la atmósfera. Por tanto hemos alterado el flujo natural de gases de efecto invernadero que existe entre las fuentes naturales y la atmósfera. Precisamente a estos GEI que hemos generado los humanos es a los que se les atribuye el reciente calentamiento del planeta. (SEMARNAT, 2009)

El cambio climático ha venido acompañado de diversas manifestaciones perjudiciales para nuestro planeta y quienes habitamos en él. El aumento de temperatura es uno de ellos, para el año 2019 con respecto al año 1900, la temperatura media anual ha aumentado ya en 1.1 grados centígrados, siendo las temperaturas de este último quinquenio como de la década las más altas desde inicios del siglo XX que se toma como referencia. (Noticias ONU, 2020) Otra manifestación de gran relevancia es La disminución de la extensión de nieves y hielos: Los datos satelitales obtenidos desde 1978 indican que, en promedio anual, la extensión de los hielos marinos árticos ha disminuido en 2.7% por década, y en mayor medida en los veranos, en que ascendió a 7.4% por década desde 1900. Otra manifestación es el aumento de la actividad ciclónica tropical intensa en el Atlántico Norte desde aproximadamente 1970. También una mayor incidencia de valores extremos de aumento de nivel del mar. Episodios de precipitación intensa.

También hay períodos cálidos u olas de calor. Aumento de la frecuencia en la mayoría de las extensiones terrestres y aumentos del nivel del mar. (Díaz, 2012)

#### 2.9.4 ¿Cómo puede afectar a la agricultura?

El clima es uno de los principales determinantes de la productividad agrícola; debido al incremento en la concentración de gases de efecto invernadero es prácticamente inevitable que se presenten cambios en el clima a los cuales la agricultura tendrá que adaptarse. Esto requerirá no sólo de cambios en el tipo y combinación o mezcla de cultivos que se producen, sino también un aumento en la inversión. Más allá de las posibilidades de adaptación, se espera que la agricultura sea el sector que sufra los mayores efectos económicos ante el cambio climático. (López y Hernández, 2016)

La agricultura es uno de los sectores más vulnerables al cambio climático a nivel mundial, ya que es altamente sensible a los cambios de temperatura y a los regímenes de precipitación. Los modelos climáticos prevén cambios drásticos en las condiciones climáticas en muchas regiones de mundo, incluyendo cambios en temperatura, precipitación e incremento en la frecuencia y severidad de eventos extremos como sequías y huracanes. Estos cambios tendrán efectos en el rendimiento y distribución de los cultivos, en la variación de los precios, la producción y el consumo, además de afectar el bienestar de las familias productoras. (Viguera *et al.*, 2017)

El aumento de las temperaturas termina por reducir la producción de los cultivos deseados, a la vez que provoca la proliferación de plagas, malezas y enfermedades. Los cambios en los regímenes de lluvias aumentan las probabilidades de fracaso de las cosechas a corto plazo y de reducción de la producción a largo plazo. Aunque algunos cultivos en ciertas regiones del mundo puedan beneficiarse, en general se espera que los impactos del cambio climático sean negativos para la agricultura, amenazando la seguridad alimentaria mundial. (Nelson *et al.*, 2009)

Los países en desarrollo son más vulnerables a los efectos del cambio climático que los países desarrollados. Esto se debe, entre otras cosas, a que estos países dependen más de la agricultura, poseen menos capital para tomar medidas de adaptación, y en muchos casos están más expuestos a la ocurrencia de eventos climáticos extremos y a niveles de calor que actualmente son demasiado elevados. Al interior de los países en desarrollo, los pequeños agricultores serán los más afectados dado su bajo acceso a tecnologías, insumos, información y recursos monetarios para tomar medidas de adaptación frente a estas problemáticas ambientales.

Investigaciones realizadas dicen que es posible que en un inicio el calentamiento global moderado del planeta llegue a beneficiar en la producción de cultivos agrícolas en las regiones templadas a nivel mundial y perjudique a las regiones semiáridas y tropicales. Más sin embargo si el calentamiento global continúa más allá de la mitad del siglo, cada región del planeta sufrirá afectaciones por este fenómeno. (López y Hernández, 2016)

A nivel nacional, en las investigaciones realizadas para medir las posibles consecuencias del cambio climático en México es posible encontrar una variedad de estudios que abordan el problema desde distintas perspectivas y sobre diversos sectores prioritarios para el país. De acuerdo a investigaciones más de la mitad del territorio del país entre el 50% y el 57% cambiará sus condiciones de temperatura y precipitación, de manera que el clima actual podría ser clasificado en otro subtipo y los habitantes de los ecosistemas, incluida la población humana, deberán cambiar para adaptarse a las nuevas condiciones. (SAGARPA y FAO, 2012)

Es de gran importancia considerar los precios futuros de los productos agrícolas, este aumentara durante las siguientes décadas, todo esto a consecuencia de la disminución en la producción mundial de los alimentos, así como también el aumento de la población, habrá mayor demanda y una menor cantidad de alimentos. Este problema en el aumento de los productos afectara directamente al sector pecuario que depende de igual manera del sector agricola para abastecer de alimento al ganado, esto llevara de igual manera a un aumento en los productos cárnicos y como consecuencia un menor consumo de los mismos a nivel mundial. (Nelson *et al.*, 2009)

Por tanto el cambio climático supone un reto para la seguridad alimentaria de nuestro país esto debido al riesgo presente de la disminución en la producción agricola y el aumento del precio en estos productos por efecto de la oferta demanda, afectara no solamente a nuestro país sino al mundo entero en general, principalmente en las regiones más vulnerables. (Ortiz y Ortega, 2018)

### 2.9.5 Afectaciones en el desarrollo del cultivo y cosecha.

Los efectos e impactos sobre los sistemas agrícolas de cada país variarán según la interacción entre el clima, la topografía, los tipos de suelo, los tipos de cultivo, la disponibilidad de agua y las clases de cultivos y árboles utilizados por los productores en sus plantaciones. Además, las condiciones sociales y políticas que afecten las decisiones de los productores y las acciones que lleven a cabo los productores y las comunidades serán las que determinen finalmente la gravedad de los impactos sufridos. (Viguera *et al.*, 2017)

México resulta ser especialmente vulnerable a los efectos del cambio climático al situarse en zonas que serán impactadas por sequías (Noroeste) e inundaciones (Sureste); por fenómenos meteorológicos extremos y por su débil estructura social y económica. Se estima que entre 2020 y 2050 los estados que pueden resentir mayores incrementos en sus temperaturas medias son Guanajuato, Estado de México, San Luis Potosí, Tlaxcala y Veracruz, lo que afectará las actividades humanas, incluidas las agrícolas.

El primer punto a analizar serán los efectos biológicos del cambio climático que inciden sobre el rendimiento de los cultivos.

En los cultivos en secano se verá mermado el rendimiento por efecto del aumento de temperatura, así como el cambio en los regímenes de lluvia que afectara debido a que el cambio climático propiciara a que sean más probables las sequias, así como el exceso de lluvias, estresando al cultivo y afectando directamente al rendimiento. En los cultivos bajo riego el aumento de temperatura

será un problema inevitable, este aumento provocara que la planta necesite una mayor cantidad de agua por superficie y los regímenes de lluvia evitaran que se tenga demasiada disponibilidad de la misma que traerá consigo una menor disponibilidad de esta agua de riego, que si no se tiene la adecuada y la suficiente será un gran problema, el stress hídrico que tenga la planta repercutirá en el rendimiento. (Nelson *et al.*, 2009) De igual manera, el impacto sobre las variaciones en la disponibilidad de agua durante el crecimiento de los cultivos alterará los rendimientos debido a que el inicio de la floración se modificará.

En nuestro país el sector agropecuario ocupa el 80% de las aguas superficiales y el 70% de las aguas subterráneas representando el 77% del volumen total concesionado. Si bien el país en su conjunto experimenta un bajo grado de presión sobre el recurso, existen ocho regiones hidrológicas, de las 13 existentes, con un nivel de presión fuerte o muy fuerte por el recurso, las cuales están localizadas principalmente en la zona norte, noroeste y centro del país. Los escenarios de cambio climático señalan una disminución en la precipitación del 10% y 20% y aumentos en la temperatura de 1°C y 4°C para 2020 y 2050, respectivamente. Estos cambios tienen una repercusión directa en la agricultura de nuestro país, ya que con este aumento de temperatura y la reducción en las precipitaciones se tendrá una menor disponibilidad de agua y con ello menores rendimientos. (SAGARPA y FAO, 2012)

A lo largo del desarrollo del cultivo se verá afectado por efecto del cambio climático en diferentes aspectos. Claramente existirá una reducción de productividad y rendimiento asociados a menor disponibilidad de agua en los

acuíferos, incremento de la concentración de contaminantes, pérdida de humedad del suelo, además que se verán impactos directos sobre las plantas y cosechas por efecto de los fenómenos extremos como sequías, huracanes, exceso de lluvias, vientos fuertes.

El cambio en las temperaturas se verá manifestado sobre la fenología de la planta, manifestándose a través de floraciones erráticas, o cosechas continuas. (Viguera *et al.*, 2019) El principal factor climático que afecta la fenología de las plantas es la temperatura y se sabe que incrementos en la temperatura del aire pueden ser detectados fácilmente en los datos fenológicos. Los eventos fenológicos de primavera de un gran número de especies se han adelantado en promedio 6.3 días, mientras que los de otoño se han retrasado 4.5 días en promedio. De esta manera, tenemos que la estación de crecimiento se ha alargado 10.8 días en promedio. (Alvarado *et al.*, 2002)

Cabe destacar que el aumento de temperatura a nivel mundial se verá manifestado también en un incremento de la incidencia de plagas y enfermedades de los cultivos, ya que las altas temperaturas y el debilitamiento o desaparición de sus enemigos naturales favorecen su proliferación, incluyendo también las que afectan durante la post-cosecha y almacenamiento. (Maglianesi, 2016) El cambio climático puede afectar el tamaño de la población, la tasa de supervivencia y la distribución geográfica de las plagas; y la intensidad, desarrollo y distribución geográfica de las enfermedades. Investigaciones muestran que desde 1960, las plagas y enfermedades de los cultivos se han movido un promedio de 3 km al año en dirección a los polos norte y sur de la tierra a medida que aumentan las

temperaturas. (Alison, 2020) Según los científicos, el aumento de las plagas tendrá consecuencias en los cultivos de todo el mundo, afectando seriamente a la seguridad alimentaria. (National Geographic, 2018)

Otro gran problema que traerá consigo el cambio climático será una disminución en la abundancia de polinizadores, estos desempeñan un papel decisivo en la producción agrícola, especialmente en la producción hortícola y forrajera, así como en la producción de semillas destinadas al cultivo de fibras y raíces, podrán verse afectados por las nuevas condiciones climáticas, especialmente las abejas por condiciones de sequía y los cambios en la época de floración, sincronizada con las lluvias. Se han encontrado evidencias de que ciertas especies de polinizadores se están desplazando a mayores altitudes. En este caso, ocurre un desacople espacial debido a que plantas y polinizadores ya no co-ocurren en las mismas áreas. Como resultado de este problema, los organismos podrían verse afectados en su supervivencia, su reproducción o en ambos aspectos de su ciclo de vida. Así por ejemplo, la reproducción de las plantas podría reducirse por falta de polinizadores, mientras que los polinizadores podrían enfrentarse a una escasez de recursos alimenticios si las plantas que utilizan regularmente no se encuentran en floración. (Maglianesi, 2016)

#### 2.9.6 Afectaciones a la agricultura en México.

En nuestro país las afectaciones por efecto de la temperatura son más que notables, datos recabados de los resúmenes mensuales de temperaturas y lluvias

ofrecidos por parte de la Comisión Nacional del Agua nos indican que desde el año 1985 al año 2017 que ha sido el año que ha presentado las temperaturas medias promedio en nuestro país más altas, se tiene un aumento de 2.2 grados centígrados, y en relación al último año registrado completo, el 2020, un aumento de 2 grados centígrados. (CONAGUA, 2021)

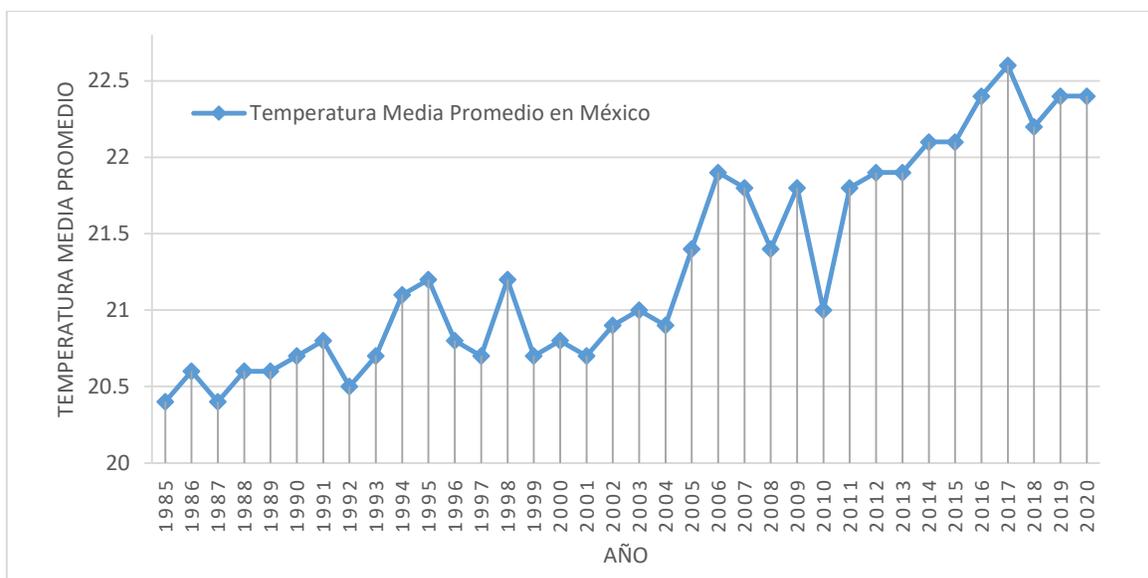


Figura 20. Temperatura media promedio anual en México (1985-2020)

Las sequías de igual manera en nuestro país son cada vez más prolongadas y se presentan en una mayor área del territorio nacional, datos obtenidos del monitor de sequía en México de la Comisión Nacional del Agua nos arrojan en este año 2021 durante el reporte del 15 de abril, existen afectaciones por sequía en 1,319 municipios y además 469 municipios de encuentran anormalmente secos, sufriendo afectaciones 31 de los 32 estados del país, siendo 17 de estos estados, afectados en la totalidad de su territorio. Siendo el estado de Campeche el único estado del

país que no sufre de esta afectación, climática. Para este reporte extendido el 15 de abril del 2021, el 84.96% del territorio nacional se encuentra en afectación por sequías. (CONAGUA, 2021)

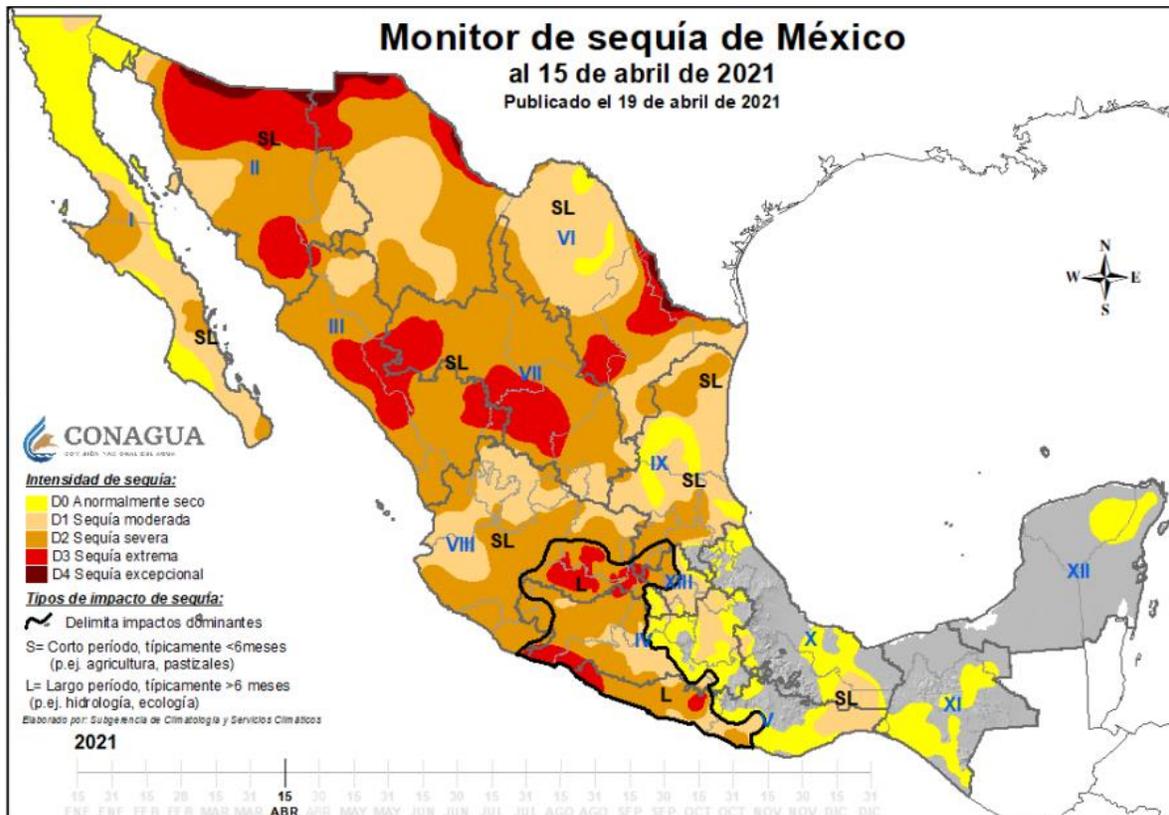


Figura 21. Monitor de sequía en México al 15 de abril del 2021.

Este problema no ha sido solo para este 2021, sino que también durante los últimos años, desde datos recabados del año del 2004 a la actualidad por parte de la Comisión Nacional del Agua, se tiene que cada año por lo menos el país durante

algún reporte quincenal emitido, ha presentado afectaciones por sequía en más del 50% de su territorio nacional. (CONAGUA, 2021)

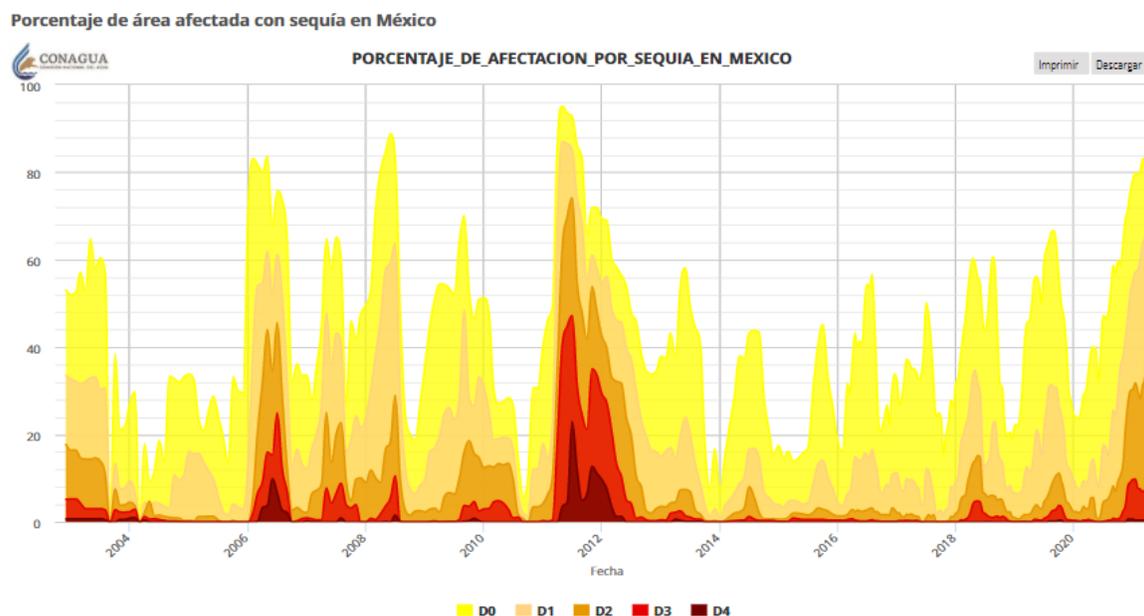


Figura 22. Porcentaje de área afectada por sequía en México.

En estudios realizados se ha podido relacionar la incidencia de sequía, con la disminución del rendimiento del frijol en el ciclo primavera-verano. Además de la precipitación, existen otros factores climáticos que afectan la producción de frijol de temporal en México. (Prieto *et al.*, 2019)

Durante el año 2019 la sequía afectó en gran medida a la producción de las grandes zonas productoras del país, lo cual llevó al aumento en el precio de frijol y la afectación económica de cientos de productores en el país, lo cual incluyó a la importación para el abastecimiento de la demanda para el consumo del frijol en México, señalando los productores que el problema de la sequía se ha presentado

ya durante los últimos años, sufriendo grandes afectaciones a causa de la misma. (GCMA, 2021)

De acuerdo al reporte emitido por el Grupo Consultor de Mercados Agrícolas el 05 de mayo del 2021, la producción agrícola en 450 municipios de 19 estados de la república mexicana se encuentran en riesgo causa de fenómenos climáticos, como vientos inusuales que provocan erosión eólica y la ausencia recurrente de lluvias, siendo los estados más afectados son Oaxaca, Sonora, Chihuahua y Zacatecas. Es de destacar que en el estado de Zacatecas, se informó que más de 450 mil hectáreas en el noroeste del estado donde se produce el 34% del frijol que se consume en el país sufren un grave proceso de sequía y para el campo duranguense, hasta 250 mil hectáreas de frijol se verían siniestradas, en caso de cumplirse el desfavorable pronóstico de escasas lluvias o sequía.

La actual sequía mantiene preocupados a los productores de frijol de temporal, ante el riesgo que asumirán en el ciclo Primavera-Verano 2021 que está por iniciar, ya que además de los posibles efectos de la falta de agua en el potencial de rendimientos del cultivo, los precios de los insumos se han disparado. (GCMA, 2021)

Estas afectaciones por la falta de lluvias en gran parte del país han repercutido en el porcentaje de almacenamiento de presas de uso agrícola, en el boletín informativo por parte del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera emitido el 30 de Marzo del 2021, reporta que la disponibilidad de agua en presas de almacenamiento para riego es de 37,525.5 hm<sup>3</sup>; es decir, 1,868.5 hm<sup>3</sup> menos

respecto a la decena anterior y 20,375.3 hm<sup>3</sup> menos en comparación con la misma decena de 2020.

El registro de almacenamiento en las presas indica que 64 se encuentran a 50%, 44 entre 20 y menos de 50% y 30 presas con niveles por debajo de 20% de su capacidad.

El dato interesante es que de las 138 presas de uso agrícola con las que cuenta nuestro país 119 de ellas se encuentran en un porcentaje menor de su capacidad en comparación al porcentaje promedio de los últimos cinco años respecto a la misma decena. (SIAP, 2021)

El régimen de lluvias de nuestro país de igual manera ha presentado cambios, siendo este un efecto más del cambio climático. Datos recabados por la Comisión Nacional del Agua desde el año 1985 sobre la cantidad media de milímetros por mes registrados, nos han permitido observar este cambio. (CONAGUA, 2021) Para su análisis se dividieron estos 35 años en décadas, la primera del 1986-1989, la segunda de 1990 a 1999, la tercera del 2000 al 2009 y la última del 2010 al último año completo registrado, el 2020 y se hizo una media de los milímetros registrados en este periodo por mes, de esta manera se logró observar que en la primera década de 1985 a 1989 la mayor cantidad de agua precipitada ocurrió durante el mes de julio, mientras que en las décadas posteriores las mayores precipitaciones se han recorrido hasta dos meses después, llevándose a cabo en el mes de septiembre, observándose en cada década desde 1990 un pico

cada vez más marcado durante este mes, por tanto podemos decir que el régimen de lluvias en nuestro país se ha recorrido, teniendo lluvias más tardías en el año.

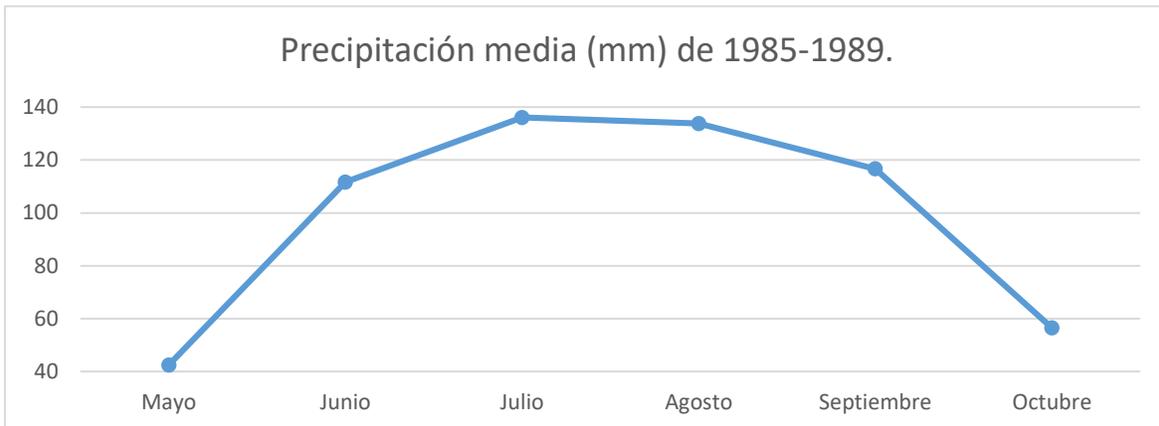


Figura 23. Precipitación media (mm) en México. (1985-1989)

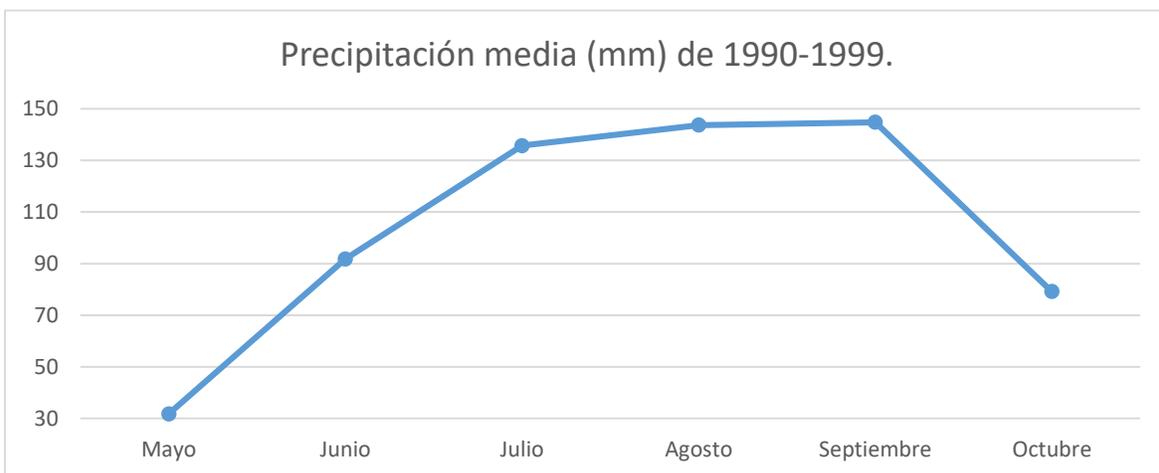


Figura 24. Precipitación media (mm) en México. (1990-1999)

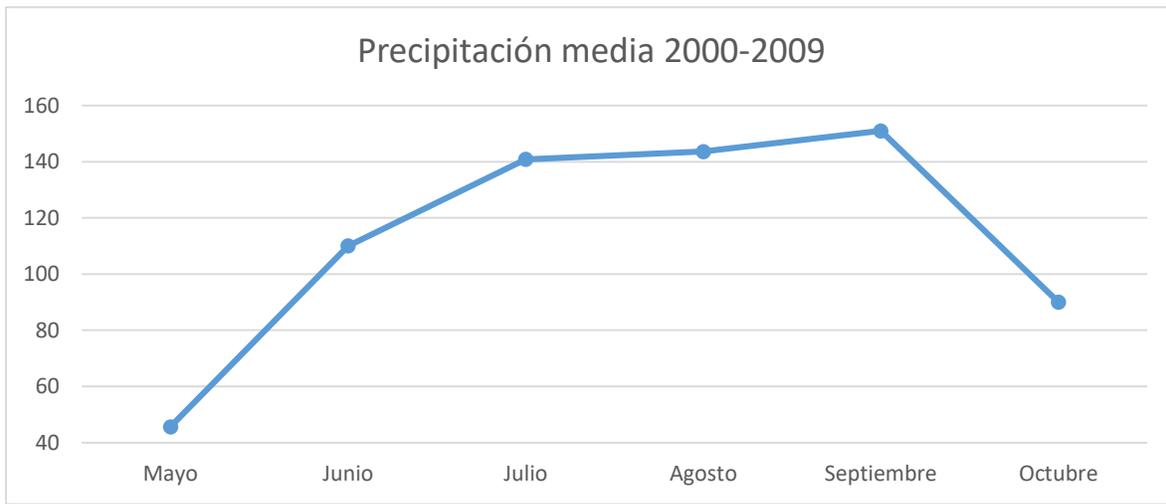


Figura 25. Precipitación media (mm) en México. (2000-2009)

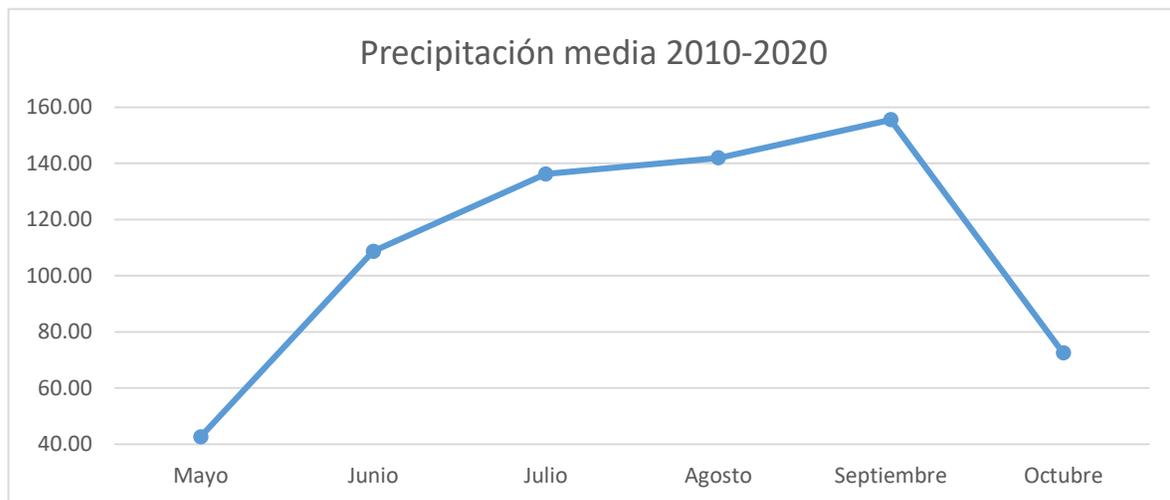


Figura 26. Precipitación media (mm) en México. (2010-2020)

Debido a todas estas problemáticas que ha desencadenado el cambio climático, entre ellas las ya mencionadas, el aumento considerable de la temperatura, el cambio en el régimen de lluvias, las sequias, disponibilidad de agua de riego, heladas, eventos extremos, ha venido a afectar directamente a la

superficie sembrada en el cultivo de frijol a lo largo de los años, mediante datos obtenidos del SIAP desde 1980 a la última información presentada con datos del 2019, se desarrolló una separación en quinquenios obteniendo la superficie sembrada en promedio durante cada quinquenio, dando como resultados una disminución más que notable en la superficie en promedio sembrada durante cada quinquenio. (SIAP, 2021)

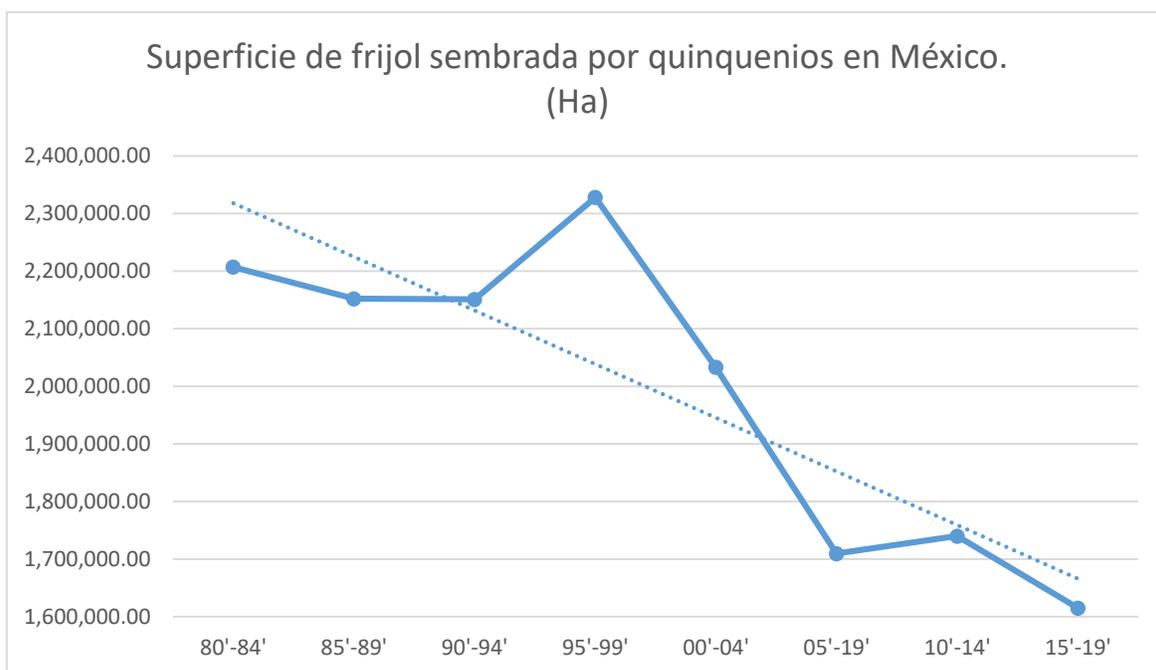


Figura 27. Superficie sembrada (ha) de frijol por quinquenios en México.

Mediante investigaciones se ha podido conocer que la superficie de alto potencial de frijol de temporal en México continuara con una disminución conforme se avanza en los escenarios climáticos hacia el futuro, llegando a tener un estimado de 1 millón 121 mil hectáreas en el año 2070 del RCP 4.5; la superficie con potencial medio aumentará en la climatología para el año 2030 y luego disminuirá en los años siguientes. (Medina *et al.*, 2016)

En el atlas climático presentado por la Universidad Nacional Autónoma de México, nos presenta la vulnerabilidad que tiene cada municipio de nuestro país al cambio climático, como resultado de esto se tiene que de los 2,455 municipios con los que cuenta nuestro país, 116 tienen una vulnerabilidad muy baja, 1,005 una vulnerabilidad baja, 922 una media, 373, una alta vulnerabilidad y 39 una muy alta vulnerabilidad al cambio climático. Considerándose para la evaluación el sector hídrico, la biodiversidad, la agricultura, la ganadería y los bosques.

En cuanto a la disposición hídrica por efecto del cambio climático, 280 municipios del país tendrán una alta vulnerabilidad, 2,148 una vulnerabilidad media y 27 una vulnerabilidad baja. Con este problema de la disposición hídrica en un gran número de municipios, llevara a afectar a la agricultura, no se contara con la suficiente agua para abastecer las hectáreas de riego actuales en nuestro país y por tanto se disminuirá tanto las superficies sembradas como los rendimientos agrícolas.

Para medir la vulnerabilidad del sector agrícola frente al cambio climático, se evaluó la aptitud para el cultivar de maíz bajo condiciones de temporal en un escenario actual y bajo condiciones de cambio climático, considerándose aquellas zonas con disminución de aptitud vulnerables. Como resultado se tiene que en 149 municipios de nuestro país se tiene una alta vulnerabilidad en el sector agrícola por efecto del cambio climático, en 1,992 una media y en 314 se tiene una baja vulnerabilidad. (Monterroso *et al.*, 2014)

### 2.9.7 Adaptación de la agricultura al cambio climático.

En los próximos años el principal reto de los sistemas agroalimentarios del mundo, especialmente para los países en desarrollo, será asegurar el suministro de alimentos frente a una demanda que se intensificará debido al crecimiento de la población, mayor esperanza de vida y cambios en los patrones de consumo. En contraste, se espera una mayor rigidez de la oferta a causa del agotamiento de la expansión de la tierra cultivable y una mayor volatilidad en los precios de los alimentos.

Con toda esta problemática en varias partes del mundo los agricultores han comenzado a implementar algunas medidas de adaptación de bajo costo, como lo es modificar las fechas de inicio de siembra, realizar el cambio a variedades menos susceptibles a los cambios del clima o bien optar por otro tipo de cultivo. Sin embargo, es muy probable que esas medidas sean efectivas únicamente ante aumentos bajos de temperatura. Las medidas que pueden tener los mayores efectos como la expansión de la irrigación o el desarrollo de nuevas variedades de cultivos implican, por lo general, costos elevados por tanto, las medidas de adaptación más efectivas requerirán de un esfuerzo interdisciplinario en el que participen, entre otros, agrónomos, economistas, ingenieros, geógrafos, ecólogos, especialistas en desarrollo y climatólogos

Durante los últimos años han sido sugeridas una gran cantidad de medidas de adaptación para el sector agrícola, las cuales van desde modificar los periodos de siembra y cosecha, hasta la construcción de grandes obras de infraestructura,

pasando por la migración y la implementación de nuevas prácticas de producción. A pesar de que hasta el momento se tiene poca evidencia empírica respecto al éxito y efectividad de las distintas medidas de adaptación planeada, existen varias estrategias que se consideran recomendables. Entre ellas se encuentran las siguientes: aumentar el nivel de conocimiento que los agricultores tienen sobre el cambio climático; mejorar los niveles de educación y las habilidades de las poblaciones rurales; crear e introducir variedades resistentes a la temperatura; promover la irrigación; generar sistemas de alerta temprana sobre la temporalidad y severidad de las lluvias; fortalecer los sistemas formales e informales de intercambio de semillas; mejorar la infraestructura física; resolver los problemas de falta de acceso al crédito y de falta de seguros agrícolas. (López y Hernández, 2016)

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS.**

#### 3.1 Localización geográfica de la Comarca Lagunera.

La Comarca Lagunera se encuentra conformada por las porciones sureste del estado de Coahuila y noroeste del estado de Durango, al norte y centro de México, localizándose a 24° 22' de latitud norte y 102° 22' de longitud oeste. (SEMARNAT, 2010) presenta una altura media sobre el nivel del mar es de 1,139 metros y su topografía es en términos generales plana y de pendientes suaves, que varían de 0.2 a 1 metro/kilómetro, generalmente hacia norte y noreste. (Miranda, 2008)

Comprende quince municipios, de los cuales diez corresponden a Durango (General Simón Bolívar, Gómez Palacio, Lerdo, Mapimí, Nazas, Rodeo, San Juan de Guadalupe, San Luis del Cordero, San Pedro del Gallo, Tlahualilo) y cinco a Coahuila (Francisco I. Madero, Matamoros, San Pedro, Torreón y Viesca) con un total de 48,887.50 kilómetros cuadrados. (Corona, 2005)

#### 3.2 Aspectos climatológicos.

##### 3.2.1 Clima.

Su clima es considerado de tipo árido caliente y desértico, de acuerdo a la clasificación del climatólogo francés E. de Marttone. (Miranda, 2008)

### 3.2.2 Temperatura.

La temperatura promedio fluctúa entre los 28 y 40 grados centígrados, con una temperatura media anual de 21.11 grados centígrados, pero las temperaturas pueden alcanzar hasta 48°C en verano y -8°C en invierno. (SEMARNAT, 2010)

### 3.2.3 Precipitación.

Su precipitación media anual es de alrededor de 220 milímetros, presentándose el período principal de lluvias durante el verano y el otoño, (Miranda, 2008) pero presentando precipitaciones deficientes durante todas las estaciones del año. (SEMARNAT, 2010)

### 3.3 Localización del experimento.

El presente estudio fue realizado en el campo experimental San Antonio de los Bravos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, ubicado en el municipio de Torreón, Coahuila, México, perteneciente a la región de la Comarca Lagunera, encontrándose la parcela experimental en las coordenadas 25° 55' latitud norte y -103° 37' longitud oeste.

### 3.4 Planteamiento del problema.

El cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) representa para nuestro país un cultivo indispensable tanto en el ámbito socioeconómico como de seguridad

alimentaria, además de ser considerado como un elemento cultural, más sin embargo acuerdo a datos oficiales, la superficie y producción de frijol tanto en nuestro país como en las regiones productoras en el mundo ha tenido un declive importante durante los últimos años, representando un gran problema a la seguridad alimentaria de México y el mundo. Este fenómeno marcado en la disminución tanto de superficie como de producción es atribuido a efectos climáticos, llevando por nombre cambio climático, siendo este el centro del problema, ya que el mismo ha provocado aumentos considerables en las temperaturas medias, cambio en el régimen de lluvias, eventos naturales catastróficos como sequías, heladas que han repercutido de manera directa en la superficie destinada para la siembra, en la superficie siniestrada y la producción de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) en México y el mundo.

Mediante el desarrollo de esta investigación se pretende encontrar una fecha de siembra ideal para el establecimiento del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*), ya que debido a los cambios en las temperaturas, en el régimen de lluvias y en eventos extremos presentados por efecto del cambio climático, las fechas idóneas para establecer este cultivo se han modificado.

### 3.5 Objetivos de la investigación.

El objetivo de este trabajo de investigación es establecer una fecha óptima de siembra para el cultivo de frijol en la Comarca Lagunera, ya que por efecto del cambio climático, el régimen de lluvias ha cambiado, se tienen aumentos marcados

en la temperatura, sequias más prolongadas y heladas más tardías. Además se busca difundir a los productores el comportamiento y producción del cultivo de frijol en un nuevo entorno climático.

### 3.6 Hipótesis.

La fecha optima de siembra del cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Permite incrementar la producción, con el medio ambiente generado por el cambio climático.

### 3.7 Materiales utilizados.

- Variedad de frijol Pinto Bravo.
- Variedad de frijol Pinto Centauro.
- Variedad de frijol Pinto Saltillo.

### 3.8 Trabajo en campo.

#### 3.8.1 Preparación del terreno.

Para la preparación del terreno, se realizó como primera labor un barbecho para la eliminación de posturas de huevos de plagas de manera natural, además de la incorporación al suelo de residuos de cultivo del ciclo anterior. Posteriormente fue

realizado un paso de rastra para realizar el cálculo de curvas de nivel y por último se realizó el trazo del riego y las camas de siembra.

### 3.8.2 Distribución.

El proyecto de investigación es de nueva creación y la implementación se realizó en campo experimental San Antonio de los Bravos de la UAAAN; se utilizaron las variedades de frijol Pinto Bravo (A), Pinto Centauro (B) y Pinto Saltillo (C), mediante el diseño bloques al azar con tres repeticiones cada uno, con la siguiente distribución.

Cuadro 2. Distribución en campo del experimento.

Cuadro. Distribución en campo.		
A1	B1	C1
C2	A2	B2
B3	C3	A3

A. Pinto Bravo.

B. Pinto Saltillo.

C. Pinto Centauro.

Se considera necesaria la distribución al azar de las variedades con la finalidad de que las condiciones edafológicas no sean consideradas factor determinante en la investigación.

### 3.8.3 Fechas de siembra.

La fecha de siembra se inició el 22 de mayo de 2020 y se realizaron 2 siembras más una para el 26 de mayo y 29 de mayo utilizando un diseño de bloques al azar.

1. 22 de mayo.
2. 26 de mayo.
3. 29 de mayo.

### 3.8.4 Superficie de siembra.

El bloque establecido para los tres tratamientos y sus tres repeticiones fue de un metro lineal por un metro lineal, siendo un total de 9 bloques.

### 3.8.5 Densidad de siembra.

Se sembró a una distancia de 10 cm entre semillas, es decir se utilizaran 10 semillas por metro lineal y una distancia entre surcos de 40 centímetros, lo que genera una proyección aproximada de 170,000 plantas por hectárea.

### 3.8.6 Riegos.

Se aplicó un primer riego, el cual fue de presembrado, para que existiera la humedad necesaria para que el frijol llegase a germinar y posteriormente se aplicaron tres riegos de auxilio, el primero trece días después de la siembra, el segundo 23 días después del riego anterior y el tercero veinticuatro días después del riego anterior.

### 3.8.7 Cosecha.

La cosecha se realizó al final del ciclo, cuando se llegó a la madurez fisiológica del grano.

### 3.8.8 Toma de datos.

La toma de los datos morfológicos se comenzó a tomar a los 15 días después de la primera siembra, tomándose un total de 10 datos en las siguientes fechas.

- 5 de junio del 2020.
- 12 de junio del 2020.
- 16 de junio del 2020.
- 23 de junio del 2020.
- 29 de junio del 2020.
- 06 de julio del 2020.
- 21 de julio del 2020.

- 31 de julio del 2020.
- 11 de agosto del 2020.
- 22 de agosto del 2020.

Los datos tomados fueron el número de plantas germinadas, la altura de plantas, el número de plantas al final del ciclo, el número de plantas muertas, la cantidad de ejotes y la cantidad de frijol.

### 3.9 Variables agronómicas evaluadas.

Las variables agronómicas evaluadas fueron el número de plantas germinadas, la altura de plantas, número de plantas sobrevivientes al final del ciclo, número de plantas afectadas por el tizón sureño, rendimiento en ejotes y rendimiento en grano de frijol.

### 3.10 Análisis estadístico.

El proceso de captura y registro de datos será mediante el uso de Excel Microsoft y el procesamiento del análisis de varianza por medio del software de Olivares FAUANL v. 2012. Para una significancia del 5%.

## 4. RESULTADOS.

### 4.1 Plantas germinadas.

Cuadro 3. Número promedio de plantas germinadas.

	<b>P. BRAVO</b>	<b>P. SALTILLO</b>	<b>P. CENTAURO</b>
<b>22 DE MAYO</b>	15.666	15.333	15
<b>26 DE MAYO</b>	11.666	14.333	17
<b>29 DE MAYO</b>	20.666	18	17

En el cuadro 3 se puede observar el promedio de plantas germinadas. Para la fecha de siembra del 22 de mayo se tuvo un promedio de 15.333 plantas germinadas, la fecha del 26 de mayo presento como promedio 14.333 plantas germinadas y la fecha del 29 de mayo 18.555 plantas germinadas como promedio.

En cuanto a las variedades, la Pinto Bravo presento en promedio 15.999 plantas germinadas, para la variedad Pinto Saltillo el promedio fue de 15.888 plantas germinadas y para la Pinto Centauro se presentó el promedio de 16.333 plantas germinadas.

Cuadro 4. Comparaciones por parejas de Tukey: BLOQUES

<b>BLOQUES</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
III	3	16.3333	A
I	3	15.9993	A
II	3	15.8887	A

En los bloques (Variedades), no se presentaron diferencias significativas en la germinación.

Cuadro 5. Comparaciones por parejas de Tukey: TRATAMIENTOS

<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
3	3	18.5553	A
1	3	15.3330	A
2	3	14.3330	A

En los tratamientos (Fechas de siembra), no se presentaron diferencias significativas en la germinación.

#### 4.2 Altura de Plantas.

Cuadro 6. Altura de plantas a los 38-45 días después de la siembra (06 Julio).

	<b>P. BRAVO</b>	<b>P. SALTILLO</b>	<b>P. CENTAURO</b>
<b>22 DE MAYO</b>	33.217	33.012	24.755
<b>26 DE MAYO</b>	33.169	34.428	30.333
<b>29 DE MAYO</b>	22.833	20.383	18.382

En el cuadro 6 se puede observar la altura de plantas presentadas en la fecha del 06 de julio. Para la fecha de siembra del 22 de mayo se tuvo un promedio en la altura de 30.328 cm, la fecha del 26 de mayo presento como promedio 32.643 cm de altura y la fecha del 29 de mayo 20.532 cm de altura como promedio.

En cuanto a las variedades, la Pinto Bravo presento en promedio 29.739 cm de altura, para la variedad Pinto Saltillo el promedio fue de 29.274 cm de altura y para la Pinto Centauro se presentó el promedio de 24.49 cm de altura.

Cuadro 7. Comparaciones por parejas de Tukey: BLOQUES

<b>BLOQUES</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
I	3	29.7397	A
II	3	29.2743	A
III	3	24.4900	A

En los bloques (Variedades), no se presentaron diferencias significativas en la altura de planta a los 38-45 días después de la siembra (06 Julio).

Cuadro 8. Comparaciones por parejas de Tukey: TRATAMIENTOS

<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
2	3	32.6433	A
1	3	30.3280	A
3	3	20.5327	B

En los tratamientos (Fechas de siembra), existieron diferencias significativas estadísticamente en la altura de planta a los 38-45 días después de la siembra (06 Julio). Las fechas del 22 de mayo y 26 de mayo fueron superiores a la fecha del 29 de mayo, siendo la siembra del 26 de mayo la que presentó la mayor media en altura a esta fecha.

Cuadro 9. Altura de plantas a los 53-60 días después de la siembra (21 Julio).

	<b>P. BRAVO</b>	<b>P. SALTILLO</b>	<b>P. CENTAURO</b>
<b>22 DE MAYO</b>	46.694	50.428	42.933
<b>26 DE MAYO</b>	56.344	55.158	52.467
<b>29 DE MAYO</b>	28.655	29.349	28.219

En el cuadro 9 se puede observar la altura de plantas presentadas en la fecha del 21 de julio. Para la fecha de siembra del 22 de mayo se tuvo un promedio en la

altura de 46.685 cm, la fecha del 26 de mayo presento como promedio 54.656 cm de altura y la fecha del 29 de mayo 28.741 cm de altura como promedio.

En cuanto a las variedades, la Pinto Bravo presento en promedio 43.897 cm de altura, para la variedad Pinto Saltillo el promedio fue de 44.978 cm de altura y para la Pinto Centauro se presentó el promedio de 41.206 cm de altura.

Cuadro 10. Comparaciones por parejas de Tukey: BLOQUES

<b>BLOQUES</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
II	3	44.9783	A
I	3	43.8977	A
III	3	41.2063	A

En los bloques (Variedades), no se presentaron diferencias significativas en la altura de planta a los 53-60 días después de la siembra (21 Julio).

Cuadro 11. Comparaciones por parejas de Tukey: TRATAMIENTOS

<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
2	3	54.6563	A
1	3	46.6850	B
3	3	28.7410	C

En los tratamientos (Fechas de siembra), existieron diferencias significativas estadísticamente en la altura de planta a los 53-60 días después de la siembra (21 Julio). La fecha del 26 de mayo fue superior estadísticamente a la fecha del 22 de mayo y esta a su vez a la fecha del 29 de mayo.

Cuadro 12. Altura de plantas promedio del ciclo de cultivo.

	<b>P. BRAVO</b>	<b>P. SALTILLO</b>	<b>P. CENTAURO</b>
<b>22 DE MAYO</b>	23.927	24.722	21.648
<b>26 DE MAYO</b>	24.463	25.730	24.540
<b>29 DE MAYO</b>	21.724	21.010	19.818

En el cuadro 12 se puede observar la altura de plantas promedio durante todas las mediciones del ciclo del cultivo. Para la fecha de siembra del 22 de mayo se tuvo un promedio en la altura de 23.432 cm, la fecha del 26 de mayo presento como promedio 24.911 cm de altura y la fecha del 29 de mayo 20.850 cm de altura como promedio.

En cuanto a las variedades, la Pinto Bravo presento en promedio 23.371 cm de altura, para la variedad Pinto Saltillo el promedio fue de 23.820 cm de altura y para la Pinto Centauro se presentó el promedio de 22.002 cm de altura.

Cuadro 13. Comparaciones por parejas de Tukey: BLOQUES

<b>BLOQUES</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
II	3	23.8207	A
I	3	23.3713	A
III	3	22.0020	A

En los bloques (Variedades), no se presentaron diferencias significativas en la altura de planta promedio del ciclo de cultivo.

Cuadro 14. Comparaciones por parejas de Tukey: TRATAMIENTOS

<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
2	3	24.9110	A
1	3	23.4323	A
3	3	20.8507	B

En los tratamientos (Fechas de siembra), existieron diferencias significativas estadísticamente en la altura de planta promedio del ciclo de cultivo. Las fechas del 22 de mayo y 26 de mayo fueron superiores a la fecha del 29 de mayo, siendo la siembra del 26 de mayo la que presentó la mayor media en altura promedio durante el ciclo.

#### 4.3 Afectación por Tizón sureño (*Sclerotium rolfsii*).

Cuadro 15. Porcentaje de afectación por Tizón Sureño (*Sclerotium rolfsii*).

	<b>P. BRAVO</b>	<b>P. SALTILLO</b>	<b>P. CENTAURO</b>
<b>22 DE MAYO</b>	70.13	47.85	72.22
<b>26 DE MAYO</b>	41.09	37.25	74.03
<b>29 DE MAYO</b>	61.36	19.04	68.38

En el cuadro 15 se puede observar el porcentaje de afectación por el tizón sureño (*Sclerotium rolfsii*) respecto al número de plantas germinadas y el número de plantas al final del ciclo. Para la fecha de siembra del 22 de mayo se tuvo un porcentaje promedio de afectación del 63.4 %, la fecha del 26 de mayo presento como promedio un 50.79% de afectación y la fecha del 29 de mayo 49.59% respectivamente.

En cuanto a las variedades, la Pinto Bravo presento un porcentaje promedio de afectación del 57.52%, para la variedad Pinto Saltillo el promedio fue del 34.71% y para la Pinto Centauro se presentó el promedio de afectación de 68.87%.

Cuadro 16. Comparaciones por parejas de Tukey: Bloques

<b>BLOQUES</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
III	3	71.5433	A
I	3	57.5267	A B
II	3	34.7133	B

En los bloques (Variedades), se presentaron diferencias significativas en el porcentaje de afectación por tizón sureño.

Cuadro 17. Comparaciones por parejas de Tukey: Tratamientos

<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
1	3	63.4000	A
2	3	50.7900	A
3	3	49.5933	A

En los tratamientos (Fechas de siembra), no se presentaron diferencias significativas en el porcentaje de afectación por tizón sureño.

#### 4.4 Producción.

Cuadro 18. Cantidad de ejotes producidos.

	<b>P. BRAVO</b>	<b>P. SALTILLO</b>	<b>P. CENTAURO</b>
<b>22 DE MAYO</b>	0	0	0
<b>26 DE MAYO</b>	31	70	12
<b>29 DE MAYO</b>	99	112	14

En el cuadro 18 se puede observar la cantidad de ejotes producidos. Para la fecha del 22 de mayo se tuvo un promedio de 0 ejotes producidos, la fecha del 26 de mayo presento como promedio 37.66 ejotes producidos y para la fecha del 29 de mayo se obtuvo el promedio de 75 ejotes producidos.

En cuanto a las variedades, la Pinto Bravo presento en promedio 43.33 ejotes producidos, para la variedad Pinto Saltillo se presentó el promedio de 60.66 ejotes producidos y para la Pinto Saltillo un promedio de 5 ejotes producidos.

Cuadro 19. Comparaciones por parejas de Tukey: Bloques

<b>Bloques</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
II	3	60.6667	A
I	3	43.3333	A
III	3	8.6667	A

En los bloques (Variedades), no se presentaron diferencias significativas en la cantidad de ejotes producidos.

Cuadro 20. Comparaciones por parejas de Tukey: Tratamientos

<b>Tratamientos</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
3	3	75.0000	A
2	3	37.6667	A
1	3	0.0000	A

En los tratamientos (Fechas de siembra), no se presentaron diferencias significativas en la cantidad de ejotes producidos.

Cuadro 21. Cantidad de granos producidos.

	<b>P. BRAVO</b>	<b>P. SALTILLO</b>	<b>P. CENTAURO</b>
<b>22 DE MAYO</b>	0	0	0
<b>26 DE MAYO</b>	102	16	12
<b>29 DE MAYO</b>	170	54	14

En el cuadro 21 se puede observar la cantidad de granos producidos. Para la fecha de siembra del 22 de mayo se tuvo un promedio de 0 granos producidos, la fecha del 26 de mayo presento un promedio de 43.33 granos y para la fecha del 29 de mayo se obtuvo el promedio de 79.33 granos producidos.

En cuanto a las variedades, la Pinto Bravo presento un promedio de 90.66 granos producidos, la Pinto Saltillo presento el promedio de 23.33 granos producidos y para la Pinto Centauro el promedio fue de 8.66 granos producidos.

Cuadro 22. Comparaciones por parejas de Tukey: Bloques

<b>Bloques</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
I	3	90.6667	A
II	3	23.3333	A
III	3	8.6667	A

En los bloques (Variedades), no se presentaron diferencias significativas en la cantidad de granos producidos.

Cuadro 23. Comparaciones por parejas de Tukey: Tratamientos

<b>Tratamientos</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
3	3	79.3333	A
2	3	43.3333	A
1	3	0.0000	A

En los tratamientos (Fechas de siembra), no se presentaron diferencias significativas en la cantidad de granos producidos.

## 5. DISCUSIÓN.

A pesar de que en la germinación no se presentaran diferencias estadísticas en los tratamientos o en los bloques, la medición de alturas durante el ciclo del cultivo nos permitió encontrar estas diferencias estadísticas.

El tratamiento 1, con fecha de siembra del 22 de mayo, en las mediciones efectuadas el 6 de julio y en el promedio de altura de ciclo se comportó estadísticamente superior al tratamiento 3 e estadísticamente igual al tratamiento 2, pero en las medidas del 21 de julio, el tratamiento 1 fue estadísticamente inferior al tratamiento 2, pero superior al tratamiento 3.

El tratamiento 2, con fecha de siembra del 26 de mayo, en las mediciones efectuadas el 6 de julio y en el promedio de altura de ciclo se comportó estadísticamente superior al tratamiento 3 e estadísticamente igual al tratamiento 1, pero en las medidas del 21 de julio, el tratamiento 2 fue estadísticamente superior a los otros dos tratamientos.

El tratamiento 3, con fecha de siembra del 29 de mayo, en las mediciones efectuadas el 6 y 21 de julio, así como el promedio de alturas durante todo el ciclo, muestra diferencia estadísticamente menor en su tamaño en comparación con los otros dos tratamientos.

En cuanto a la producción, el análisis de esta variable se vio afectada por la fuerte afectación de tizón sureño en cada uno de los bloques y tratamientos del experimento, lo cual no permitió la obtención de datos precisos, de esta manera no se presentaron diferencias estadísticas entre las fechas de siembra, aunque por lo

observado en la medición de alturas, existía una gran probabilidad que estas diferencias prevalecieran en la producción.

Más sin embargo se logró encontrar que en los bloques, que representan las variedades, si prevaleció una diferencia estadística en cuanto a la afectación del tizón sureño, siendo el bloque II, Variedad Pinto Saltillo la que presento una menor afectación por esta enfermedad.

## **6. CONCLUSIÓN.**

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo se puede determinar que para la germinación no existen diferencias estadísticas entre las tres fechas de siembra, en este caso tratamientos analizados en el experimento.

En cambio durante las diferentes etapas de cultivo la variable altura permitió identificar diferencias estadísticas para las fechas de siembra, existiendo así diferencias en tamaño considerables al optar por una fecha de siembra diferente.

En este caso podemos determinar que el tratamiento 2 con fecha de siembra el 26 de mayo, fue el que presento diferencias estadísticas con respecto a los otros dos tratamientos, aunque bien en algunas fechas no existieron diferencias estadísticas del tratamiento 2 con respecto al tratamiento 1, pero siempre estos dos fueron superiores al tratamiento 3.

Además es de recalcar que la fuerte afectación a causa de la enfermedad denominada tizón sureño en cada uno de los bloques y tratamientos del experimento, no permitió la obtención de datos precisos, de esta manera no se presentaron diferencias estadísticas entre las fechas de siembra, para la producción de granos y vainas, aunque por lo observado en la medición de alturas, existía una gran probabilidad que estas diferencias prevalecieran en la producción.

Y como último remarcar a la variedad Pinto Saltillo como la que presento una mayor resistencia ante la enfermedad del tizón sureño que afecto fuertemente al cultivo.

## 7. BIBLIOGRAFÍA.

- Alison Doody. (2020). Plagas, enfermedades y cambio climático: ¿están vinculados? 2020, de CIMMYT Sitio web: <https://www.cimmyt.org/es/noticias/plagas-enfermedades-y-cambio-climatico-estan-vinculados/>
- Alitio Cabrera C., Reyes Castillo C.H. (2008). Guía Técnica Para El Manejo De Variedades De Frijol. de CENTA Sitio web: <http://www.centa.gob.sv/docs/guias/granos%20basicos/Guia%20Tecnica%20Frijol.pdf>
- Alvarado M.A., R. Foroughbakhch, E. Jurado y A. Rocha. (Octubre-Diciembre 2002). El cambio climático y la fenología de las plantas. Revista Ciencia UANL de la Universidad Autónoma de Nuevo León. 5(004): 493-500. ISSN: 1405-9177 Sitio web: <https://www.redalyc.org/pdf/402/40250410.pdf>
- Arias Restrepo J.H, Rengifo Martínez T, Jaramillo Carmona M. (2007). Buenas Prácticas Agrícolas En La Producción de Frijol Voluble. FAO, Bogotá, Colombia. \_\_\_\_\_ ISBN 978-92-5-305827-3. Sitio Web: <http://www.fao.org/3/a1359s/a1359s00.pdf>
- Barrera Hernández. L.F., L. D. Murillo Parra., J. Ocaña Zúñiga., M. Cabrera Méndez., S. B Echeverría Castro. Y M. A. Sotelo Castillo. (Octubre 2020). Causas, consecuencias y qué hacer frente al cambio climático. Análisis de grupos focales con estudiantes y profesores universitarios. Revista Mexicana de Investigación Educativa, 25 (87): 1103 - 1122. ISSN: 14056666. Sitio web: <http://eds.a.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=072dc695-2917-4616-9c33-064f6505cfe7%40sdc-v-sessmgr03>
- Caballero M., S. Lozano, B. Ortega. (Octubre 2007). Efecto invernadero, calentamiento global y cambio climático: una perspectiva desde las ciencias de la tierra. Revista Digital Universitaria de Universidad Nacional Autónoma de México. 8(10): 1-12. ISSN: 1067-6079 Sitio web: [https://www.revista.unam.mx/vol.8/num10/art78/oct\\_art78.pdf](https://www.revista.unam.mx/vol.8/num10/art78/oct_art78.pdf)
- Centro Mario Molina. (2020) ¿QUÉ ES EL CAMBIO CLIMÁTICO? 2020, de Centro Mario Molina. Sitio web: <https://centromariomolina.org/wp-content/uploads/2012/05/Qu%C3%A9-es-el-cambio-clim%C3%A1tico.pdf>

Comisión Nacional del Agua (2021) Monitor de sequía de México al 15 de abril del 2021. Sitio web: <https://smn.conagua.gob.mx/tools/DATA/Climatolog%C3%ADa/Sequ%C3%ADa/Monitor%20de%20sequ%C3%ADa%20en%20M%C3%A9xico/Seguimiento%20de%20Sequ%C3%ADa/MSM20210415.pdf>

Comisión Nacional Del Agua (2021) Resúmenes mensuales de temperaturas y lluvia. Sitio web: <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/temperaturas-y-lluvias/resumenes-mensuales-de-temperaturas-y-lluvias>

Conde C. (2006). México y el cambio climático global. 2020, de la UNAM. Coyoacán, México, D.F. ISBN 970-32-2078-9. Sitio web: <https://www.atmosfera.unam.mx/wp-content/uploads/2017/12/mexico-y-el-cambio-climatico-global.pdf>

Corona Páez S.A. (2005) La Comarca Lagunera, constructo cultural. Economía y fe en la configuración de una mentalidad multicientenaria. Universidad Iberoamericana Torreón. Torreón, Coahuila, México. ISBN: 968-5162-30-1. p.17-18. Sitio web: <http://sitio.lag.uia.mx/publico/seccionesuia/laguna/vidauniversitaria/investigacioneshistoricas/ArcHistorico/loborampante/Constructo.pdf>

Debouck, D., Hidalgo. R., Ospina, H., y Flor, C. (1984). Morfología de la Planta de frijol Común, CIAT, Cali, Colombia.

Díaz Cordero G. (Abril-Junio, 2012). EL CAMBIO CLIMÁTICO. Ciencia y Sociedad del Instituto Tecnológico de Santo Domingo. 37(2): 227 - 240. ISSN: 0378-7680 Sitio web: <https://www.redalyc.org/pdf/870/87024179004.pdf>

FAO (2021) FAOSTAT. Sitio web: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>

FAO. (2018). Legumbres, Pequeñas Semillas, Grandes Soluciones. De FAO, ISBN 978-92-5-131129-5, Sitio web: <http://www.fao.org/3/ca2597es/CA2597ES.pdf>

Federación de enseñanza de CC.OO de Andalucía. (Marzo 2010). El Efecto Invernadero. Revista digital para profesionales de la enseñanza, 7(11): 1-11. ISSN: 1989-4023 Sitio web: <https://www.feandalucia.ccoo.es/docu/p5sd6985.pdf>

- Fernández de C. Fernando, et al. (Junio, 1986). Etapas de desarrollo de la planta de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Cali, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT. ISBN 84-89206-54-6. Sitio web: [http://ciat-library.ciat.cgiar.org/ciat\\_digital/ciat/28093.pdf](http://ciat-library.ciat.cgiar.org/ciat_digital/ciat/28093.pdf)
- Fernández F., P. Gepts, M. López G. (Noviembre, 1982). Guía de estudio. Etapas de desarrollo de la planta de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Cali, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT. Sitio web: [https://books.google.com.mx/books?id=A2SJrDr0kqIC&printsec=frontcover&dq=etapas+fenol%C3%B3gicas+del+frijol&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjEsMPI5e\\_uAhVBKKwKHeBHCfEQ6AEwAHoECAQQAg#v=onepage&q=etapas%20fenol%C3%B3gicas%20del%20frijol&f=false](https://books.google.com.mx/books?id=A2SJrDr0kqIC&printsec=frontcover&dq=etapas+fenol%C3%B3gicas+del+frijol&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjEsMPI5e_uAhVBKKwKHeBHCfEQ6AEwAHoECAQQAg#v=onepage&q=etapas%20fenol%C3%B3gicas%20del%20frijol&f=false)
- FIRA. (2019). Panorama Agroalimentario Frijol 2019. de FIRA Sitio web: <https://www.inforural.com.mx/wp-content/uploads/2020/01/Panorama-Agroalimentario-Frijol-2019.pdf>
- Gaucín D. (2019). El Mercado Mundial y Nacional Del Frijol. 2020, de El Economista Sitio web: <https://www.eleconomista.com.mx/opinion/El-mercado-mundial-y-nacional-del-frijol-20190328-0088.html>
- Grupo Consultor de Mercados Agrícolas (2021) Abren fronteras por crisis de frijol. Sitio web: <https://gcma.com.mx/abren-fronteras-por-crisis-de-frijol/>
- Grupo Consultor de Mercados Agrícolas (2021) Sequía retrasa el inicio de siembras de frijol de temporal del ciclo Primavera-Verano 2021 Sitio web: [Sequía retrasa el inicio de siembras de frijol de temporal del ciclo Primavera-Verano 2021 | GCMA](https://www.gcma.com.mx/sequia-retrasa-el-inicio-de-siembras-de-frijol-de-temporal-del-ciclo-primavera-verano-2021)
- Gutiérrez Pérez. J., P.Á. Meira Cartea, E.J González Guadiano. (Octubre 2020). Educación y comunicación para el cambio climático. Revista mexicana de Investigación Educativa., 25 (87): 819 - 842. ISSN: 14056666. Sitio Web: <http://eds.a.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=1&sid=e9a06580-1d32-47e1-a5d1-29f51a1b07c0%40sessionmgr4006>
- Hernández López V.M., M.L.F. Vargas Vázquez, J.S. Muruaga Martínez, S. Hernández Delgado y N. Mayek Pérez. (Abril - Junio 2013). Origen, domesticación y diversificación del frijol común. Avances y perspectivas. Revista Fitotecnia Mexicana, 36(2): 95 - 104. ISSN 0187-7380. Sitio web: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v36n2/v36n2a2.pdf>

- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (2018) ¿Qué es el cambio climático? 2020, de Gobierno de México Sitio web: <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/que-es-el-cambio-climatico>
- IPCC (2020) El cambio climático y la tierra. 2020, de Grupo Intergubernamental de Expertos Sobre el Cambio Climático, ISBN 978-92-9169-354-2, Sitio web: [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2020/06/SRCCL\\_SPM\\_es.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2020/06/SRCCL_SPM_es.pdf)
- Jiménez Galindo J.C. y J.A. Acosta Gallegos. (Mayo - Junio 2013). Rendimiento de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) y Tépari (*Phaseolus acutifolius* A. Gray) bajo el método riego-sequía en Chihuahua. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 4(4): 557-567. Sitio web: [Dialnet-RendimientoDeFrijolComunPhaseolusVulgarisLYTepariP-4805482.pdf](https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5482242)
- Lara Flores M. (2015). El Cultivo De Frijol En México. Revista Digital Universitaria, de Universidad Nacional Autónoma de México, Volumen 16, ISSN 1607-6079. Sitio Web: <http://www.revista.unam.mx/vol.16/num2/art09/art09.pdf>
- Lépiz Ildelfonso R., I.E. Chavarín Espinoza, J.J López Alcocer y E. Rodríguez Guzmán. (Julio - Septiembre 2018). ACUMULACIÓN DE MATERIA SECA DURANTE LAS ETAPAS DE DESARROLLO DE VARIEDADES DE FRIJOL. Revista Fitotecnia Mexicana, 41(3): 275 - 283. ISSN: 0187-7380. Sitio web: [https://www.redalyc.org/pdf/610/Resumenes/Resumen\\_61059021008\\_1.pdf](https://www.redalyc.org/pdf/610/Resumenes/Resumen_61059021008_1.pdf)
- Lépiz Idelfonso R., S. Sánchez Preciado, E. López Alcocer, J.J. López Alcocer, I.E. Chavarín Espinoza, K.E. Meza Vázquez. (2015) El cultivo de frijol en Jalisco. Tecnología para altos rendimientos. 2 ed. Benemérita Universidad de Guadalajara. Las Agujas, Municipio de Zapopan, Jalisco, México. ISBN: 978-607-8336-60-9. p. 57 Sitio web: [http://www.cucba.udg.mx/sites/default/files/adjuntos/el cultivo de frijol en jalisco.pdf](http://www.cucba.udg.mx/sites/default/files/adjuntos/el_cultivo_de_frijol_en_jalisco.pdf)
- López Feldman A.J. y D. Hernández Cortés. (Octubre 2016). Cambio Climático y agricultura: una revisión de la literatura con énfasis en América Latina. Trimestre Económico, 83(332): 459 - 496. DOI: <https://doi.org/10.20430/ete.v83i332.231> Sitio web: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2448-718X2016000400459](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-718X2016000400459)

- Maglianesi Sandoz M.A. (2016). Efectos del cambio climático sobre la polinización y la producción agrícola en América tropical. 2020, de Escuela de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional Estatal a Distancia, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica. ISSN: 2215-2652 Sitio web: [file:///25272Texto%20del%20art%C3%ADculo-64707-2-10-20170817%20\(1\).pdf](file:///25272Texto%20del%20art%C3%ADculo-64707-2-10-20170817%20(1).pdf)
- Mederos Y. (2006). INDICADORES DE LA CALIDAD EN EL GRANO DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.). Revista Cultivos Tropicales, 27(3): 55-62. ISSN: 0258-5936 Sitio web: <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193215825009.pdf>
- Medina García G., J.A. Ruiz Corral, V.M. Rodríguez Moreno, J. Soria Ruiz, G. Díaz Padilla y P. Zarazúa Villaseñor. (Enero-Febrero 2016) Efecto del cambio climático en el potencial productivo del frijol en México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Pub.Esp. (13): 2465-2474. Sitio web: <https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/editorial/index.php/agricolas/article/view/461/367>
- Miranda Wong. R. (2008) Caracterización de la producción del cultivo de algodónero (*Gossypium hirsutum* L.) EN LA Comarca Lagunera. Revista Mexicana de Agronegocios. 27: 696-705. ISSN: 1405-9282. Sitio web: <https://www.redalyc.org/pdf/141/14102313.pdf>
- Miranzo M. y C. Del Rio. (Octubre 2015). Las Consecuencias del Cambio Climático en el MAGREB. UNISCI Discussion Papers, 39: 127 - 150. ISSN: 1696-2206. Sitio web: <https://www.redalyc.org/pdf/767/76742310005.pdf>
- Monterroso Rivas A., A. Fernández Eguiarte, R.I. Trejo Vázquez, A.C. Conde Álvarez, J. Escandón Calderón, L. Villers Ruiz, C. Gay García. (2014) Vulnerabilidad y adaptación a los efectos del cambio climático en México. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad Universitaria, Distrito Federal, México. P.32-39. Sitio web: <http://atlasclimatico.unam.mx/VyA/#40/z>
- National Geographic. (2018) ¿Cómo el cambio climático multiplicará las plagas de insectos? 2020, de National Geographic Sitio web: [https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/actualidad/como-cambio-climatico-multiplicara-plagas-insectos\\_13127](https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/actualidad/como-cambio-climatico-multiplicara-plagas-insectos_13127)

- Nelson G.C., M.W. Rosegrant, J. Koo, R. Robertson, T. Sulser, T. Zhu, C. Ringler, S. Msangi, A. Palazoo, M. Batka, M. Magalhaes, R. Valmonte Santos, M. Ewing y D. Lee. (2009). Cambio Climático El impacto en la agricultura y los costos de adaptación. 2020, de Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias IFPRI/ FAO, Washington D.C, E.U.A. ISBN: 0-89629-537-0. Sitio web: [http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/AGRO\\_Noticias/docs/costo%20adaptacion.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/AGRO_Noticias/docs/costo%20adaptacion.pdf)
- Noticias ONU. (2020). Cambio climático: el año 2019, el segundo más cálido registrado tras 2016. 2020, de Organización de las Naciones Unidas. Sitio web: <https://news.un.org/es/story/2020/01/1468012>
- Ortiz Paniagua C.F. y A.M. Ortega Gómez. (Julio 2018). Riesgo económico-agrícola municipal frente al escenario A2 de cambio climático en la región aguacatera de Michoacán. Revista Mexicana de Estudios Sobre la Cuenca del Pacifico, 12 (24): 117 - 143. ISSN 1870-6800. Sitio web: <http://eds.a.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=1&sid=6d33fb08-c383-4ea2-acda-1e04579cb88d%40sdc-v-sessmgr03>
- Prieto Cornejo M.R., J.A. Matus Gardea, F. Gavi Reyes, J.M. Omaña Silvestre, J.J. Brambillia Paz, J. Sanchez Escudero y M.A. Martínez Damián. (Abril-Junio 2019) Evolución de la superficie cultivada de frijol e impacto económico de la sequía sobre rendimiento bajo condiciones de temporal en México. Revista Fitotecnia Mexicana. 42(22): 173 – 182. ISSN: 0187-7380. Sitio web: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v42n2/0187-7380-rfm-42-02-173.pdf>
- Rosales Serna R., E. I. Cuellar Robles, C.A. Nava Berumen, H. González Ramírez, F.J. Ibarra Pérez, J.A. Acosta Gallegos. (2012) Pinto Centauro: variedad mejorada de frijol para el estado de Durango. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Folleto técnico Núm. 62 – ISBN: 978-607-425-927-8. México, D.F. p. 6, 7, 8, 10.
- Rosales Serna R., E. I. Cuellar Robles, C.A. Nava Berumen, H. González Ramírez, F.J. Ibarra Pérez, J.A. Acosta Gallegos. (2012) Pinto Bravo: variedad mejorada de frijol para el estado de Durango. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Folleto técnico Núm. 60 – ISBN: 978-607-425-928-5. México, D.F. p. 3, 8, 10, 13, 14.
- Saburido Álvarez M.S. y A. Herrera Estrella. (Febrero 2015). El frijol en la era genómica. Revista Digital Universitaria, de Universidad Nacional Autónoma de México. 16(2): 1- 16. ISSN 1607-6079. Sitio web: <http://www.revista.unam.mx/vol.16/num2/art11/art11.pdf>

Sánchez Valdés I., J.A. Acosta Gallegos, F.J. Ibarra Pérez, R. Rosales Serna, E. I. Cuellar Robles. (2009) Pinto Saltillo: variedad mejorada de frijol para el estado de Durango. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Folleto técnico Núm. 36 – ISBN: 978-607-425-134-0. México, D.F. p. 11, 12, 13, 16.

Sangerman Jarquín D.M., J.A. Acosta Gallegos, R. Shwenstesius de Rinderman, M.A. Damián Huato, B.S. Larqué Saavedra. (Julio - Septiembre 2010). CONSIDERACIONES E IMPORTANCIA SOCIAL EN TORNO AL CULTIVO DEL FRIJOL EN EL CENTRO DE MÉXICO. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 1(3): 363 - 380. Sitio web: <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v1n3/v1n3a7.pdf>

SAGARPA / FAO. (2012). MÉXICO: EL SECTOR AGROPECUARIO ANTE EL DESAFÍO DEL CAMBIO CLIMÁTICO. 2020, de SAGARPA Sitio web: <https://www.cmdrs.gob.mx/sites/default/files/sagarpa/document/2019/01/28/1608/01022019-cambio-climatico.pdf>

Secretaría de Economía. (2012) Análisis de la cadena de valor del frijol. Dirección general de industrias básicas. P.39. Sitio web: [https://www.economia.gob.mx/files/comunidad\\_negocios/industria\\_comercio/analisis\\_cadena\\_valor\\_frijol.pdf](https://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/analisis_cadena_valor_frijol.pdf)

SEMARNAT. (2009). Cambio climático. Ciencia, evidencia y acciones. 2020, de SEMARNAT, ISBN 978-968-817-925-3, Tlalpan, México D. F. Sitio web: [https://www.conafor.gob.mx/biblioteca/cambio\\_climatico\\_09-web.pdf](https://www.conafor.gob.mx/biblioteca/cambio_climatico_09-web.pdf)

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2010) Programa para mejorar el aire en la región de la Comarca Lagunera 2010-2015. p.12, 13, 14. Sitio web: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/69302/1\\_ProAire\\_Comarca\\_Lagunera\\_2010-2015.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/69302/1_ProAire_Comarca_Lagunera_2010-2015.pdf)

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2021) Boletín informativo de almacenamiento en presas de uso agrícola. Sitio web: <https://www.gob.mx/siap/prensa/reporte-decenal-sobre-almacenamiento-en-presas-de-uso-agricola?idiom=es>

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2021) Cierre Agrícola. Sitio Web: <http://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>

Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. (2016). Diversidad de frijol en México. Febrero 2021, de Gobierno de México. Sitio web: <https://www.gob.mx/snics/articulos/diversidad-de-frijol-en-mexico>

- Treviño Quintero C., R. Rosas Quijano (Enero-Abril 2013) El frijol común: Factores que merman su producción. Revista de divulgación científica y tecnológica de la universidad veracruzana. 26(1). Sitio web: <https://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol26num1/articulos/el-frijol.html>
- Ulloa J.A., P. Rosas Ulloa, J.C. Ramírez Ramírez, B.E. Ulloa Rangel. (Julio - Septiembre 2011). El frijol (*Phaseolus vulgaris*): su importancia nutricional y como fuente de fitoquímicos. Revista Fuente, de la Universidad Autónoma de Nayarit. 2(8): 5-9. ISSN 2007 – 0713. Sitio web: <http://fuente.uan.edu.mx/publicaciones/03-08/1.pdf>
- Viguera B., M.R. Martínez Rodríguez, C.I. Donatti, C.A. Harvey, F. Alpízar. (2017). Impactos del cambio climático en la agricultura de Centroamérica, estrategias de mitigación y adaptación. Conservación Internacional (CI) / Centro Agronómico Tropical de Investigación y enseñanza (CATIE) Sitio web: [https://www.conservation.org/docs/default-source/publication-pdfs/cascade\\_modulo-2-impactos-del-cambio-climatico-en-la-agricultura-de-centroamerica.pdf](https://www.conservation.org/docs/default-source/publication-pdfs/cascade_modulo-2-impactos-del-cambio-climatico-en-la-agricultura-de-centroamerica.pdf)