



**UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA**

**Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias**

**Efectos del color del acolchado  
sobre el desarrollo y producción  
en tres variedades de frijol  
(*Phaseolus vulgaris* L.)**

**Tesis**

**que para obtener el grado de**

**Maestro en Ciencias en  
Biosistemática y Manejo de Recursos  
Naturales y Agrícolas**

**Presenta**

**Jorge Suárez Medina**

**Zapopan, Jalisco**

**Marzo de 2019**



**UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA**

**Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias**

**Efectos del color del acolchado sobre el  
desarrollo y producción en tres  
variedades de frijol  
(*Phaseolus vulgaris* L.)**

**Tesis  
que para obtener el grado de**

**Maestro en Ciencias en Biosistemática y  
Manejo de Recursos Naturales y Agrícolas**

**Presenta  
Jorge Suárez Medina**

**Directora  
Dra. Patricia Zarazúa Villaseñor  
Co-Director  
Dr. Rogelio Lépiz Ildfonso**

**Zapopan, Jalisco**

**Marzo de 2019**



# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias

Efectos del color del acolchado sobre el desarrollo y  
producción en tres variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)  
Por

**JORGE SUÁREZ MEDINA**  
Maestría en Ciencias en Biosistemática y Manejo de Recursos  
Naturales y Agrícolas

Aprobado por:

Dra. Patricia Zarazúa Villaseñor  
Directora de Tesis e integrante del jurado

22/Feb/2019  
Fecha

Dr. Rogelio Lépiz Ildelfonso  
Co-Director externo de Tesis e integrante del jurado

22/febrero/2019  
Fecha

Dr. Diego Raymundo González Eguiarte  
Asesor del Comité Particular e integrante del jurado

22/febrero/2019  
Fecha

Dr. Salvador Mena Munguía  
Sinodal e integrante del jurado

22/FEBRERO/2019  
Fecha

Dr. Lino de la Cruz Larios  
Sinodal e integrante del jurado

22/Febrero/2019  
Fecha

## **Dedicatoria**

Con mucho cariño a mi madre, Ma. Guadalupe Medina Ferreira, por su incondicional apoyo, amor, paciencia y ejemplo de no rendirse, el cual me ha mostrado durante toda mi vida.

A mi hijo, Jorge Ángel Suárez Reynoso y a mi sobrino Cesar Antonio Orozco Suárez por ser la razón de mis esfuerzos, por su apoyo, por entender, que a través del proceso de la elaboración de esta tesis, fue necesario realizar sacrificios como momento a su lado y otras situaciones que demandaban tiempo, tiempo del cual los dueños eran ellos, y porque deseo que entiendan que nunca dejen de esforzarse y de estudiar para ser mejores.

A mis hermanos Carlos Enrique y Norma Rocío por su apoyo.

A todos mis compañeros de la preparatoria 19, en especial Patricia, Raúl, Alejandro, José Carlos, Salvador, José, Juan, Jonathan y a mis amigos, Norberto Alonso y Ángel que en un momento dado creyeron en mí, para lograr lo que en estos momentos estoy culminando gracias a todos ellos.

## **Agradecimientos**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por otorgarme la beca que hizo posible la realización de este trabajo.

A la Dra. Patricia Zarazúa Villaseñor y Dr. Rogelio Lépiz Ildefonso, por su apoyo e interés en mi formación dentro del área Nutrición Vegetal, que me instruyeron durante ese tiempo otorgándome los conocimientos necesarios para mi formación académica, por el tiempo dedicado en la revisión y corrección de este trabajo; así como las sugerencias otorgadas para lograr una mejor presentación del mismo. Por su amistad y confianza.

Al Dr. Diego Raymundo González Eguiarte por aceptar formar parte de este proyecto y su valioso apoyo, dedicar parte de su tiempo y sus consejos para que se llevara a cabo este trabajo.

MC. José Pablo Torres Morán, por sus aportaciones, sugerencias y por su tiempo dedicado ya que a pesar de todas sus ocupaciones me brindo un espacio para la culminación de esta investigación

Al Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara, mi Alma Terra Mater por haber cobijado, recibido y permitir que me formara y lograra concluir mi carrera profesional y ahora mi maestría, siempre estaré orgulloso de ti.

A todas las personas que hicieron posible la investigación en campo.

## Índice general

<b>1. Introducción</b>	3
<b>2. Antecedentes</b>	5
2.1. El cultivo del frijol	5
2.1.1. Antecedentes históricos del frijol	5
2.1.2. Panorama económico del frijol	5
2.1.2.1. Mercado internacional	5
2.1.2.2. Producción nacional	5
2.1.3. Morfología del frijol común	6
2.1.4. Metabolismo del frijol	7
2.1.5. Crecimiento y desarrollo	8
2.1.5.1. Características generales del desarrollo de la planta de frijol	9
2.1.5.2. Factores que afectan las etapas de desarrollo	9
2.1.5.3. Etapas de la fase vegetativa	10
2.1.5.4. Etapas de la fase reproductiva	11
2.2. Acolchado plástico	12
2.2.1. Antecedentes	12
2.2.2. Efectos del acolchado en el suelo y en los cultivos	12
2.2.3. La luz, la fotosíntesis y los colores de acolchado	14
2.2.4. Acolchado plástico en el cultivo de frijol	18
<b>3. Justificación</b>	19
<b>4. Objetivos</b>	20
<b>4.1. Objetivo general</b>	20
<b>4.2. Objetivos particulares</b>	20
<b>5. Hipótesis</b>	21
<b>6. Materiales y métodos</b>	22
6.1. Ubicación del ensayo	22
6.2. Materiales	22
6.2.1. Variedades de frijol	22
6.2.2. Acolchado y características	23
6.2.3. Material de campo para el acondicionamiento del ensayo en la parcela	23
6.2.4. Insumos agroquímicos	23
6.2.5. Material para las mediciones de las variables a medir en campo	24
6.2.6. Equipo de laboratorio para las determinaciones de pesos	24
6.3. Métodos	24
6.3.1. Muestreo y análisis del suelo	24
6.3.2. Método de siembra	24
6.3.3. Diseño experimental de campo	25

6.4. Obtención de datos para las variables de plantas evaluadas	25
6.4.1. Variables ambientales	26
6.4.2. Método de registro de variables fenológicas	26
6.4.3. Variables agronómicas	27
6.5. Análisis estadísticos	28
7. Resultados y discusión	29
7.1. Variables ambientales	29
7.1.1. Reflectancia del cultivo en las etapas de desarrollo	30
7.1.2. Temperatura dentro del suelo y dosel durante el ciclo del cultivo	33
7.2. Variables fenológicas	37
7.3. Variables agronómicas	40
7.3.1. Rendimiento de grano	42
7.3.2. Materia seca	44
7.3.3. Peso de 100 granos	44
7.3.4. Numero de vainas en 10 plantas	45
7.3.5. Numero de semillas en 50 vainas	46
<b>8. Conclusiones</b>	<b>48</b>
<b>9. Literatura citada</b>	<b>49</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Acciones y efectos de luz de diferentes longitudes de onda.....	15
Cuadro 2. Variedades de frijol utilizadas y algunas de sus características básicas.....	22
Cuadro 3. Valores de P de los análisis de varianza combinados para las variables ambientales de reflectancia, temperatura del suelo y temperatura del dosel, considerando los registros promedio de cada variable durante el ciclo del cultivo.....	29
Cuadro 4. Comparación de los promedios de reflectancia entre tratamientos de acolchado.....	31
Cuadro 5. Valores de reflectancia ( $W m^2$ ) por variedad de frijol.....	33
Cuadro 6. Valores de P de los análisis de varianza combinado para la variable temperatura del suelo en seis fechas (día después de siembra dds), durante el desarrollo del cultivo.....	34
Cuadro 7. Valores de P de los análisis de varianza combinado para la variable temperatura de dosel en seis fechas (dds), durante el desarrollo del cultivo de frijol.....	35
Cuadro 8. Comparación de promedios en el ciclo del cultivo entre la temperatura ( $^{\circ}C$ ), del suelo y del dosel entre variedades.....	36
Cuadro 9. Valores significativos de Correlación de Pearson de las tres variables ambientales con los tratamientos de acolchado.....	37
Cuadro 10. Valores de P en los análisis de varianza combinados para las variables fenológicas de las etapas de desarrollo, medidas en días después de la siembra, para acolchados y variedades de frijol.....	39
Cuadro 11. Comparación de promedios de los días en que las variedades de frijol alcanzaron la madurez fisiológica entre acolchados.....	40
Cuadro 12. Comparación de promedios de los días en que las variedades de frijol alcanzaron la madurez fisiológica.....	40
Cuadro 13. Valores de P en los análisis de varianza combinados para las variables agronómicas estudiadas.....	41
Cuadro 14. Comparación de promedios para rendimiento de grano entre acolchado.....	42
Cuadro 15. Comparación de los promedios para rendimiento de grano entre variedades.....	43
Cuadro 16. Comparación de promedios para la variable producción de materia seca entre acolchados.....	44
Cuadro 17. Comparación de los promedios peso en 100 semillas entre tratamientos.....	45
Cuadro 18. Comparación de los promedios para peso de 100 granos entre variedades.....	45
Cuadro 19. Comparación de los promedios para número de vainas entre	46

tratamientos de acolchado.....	
Cuadro 20. Comparación de los promedios para número de vainas en 10 plantas entre variedades.....	46
Cuadro 21. Comparación de los promedios del Número de frijoles en 50 vainas entre tratamientos.....	47
Cuadro 22. Comparación de los promedios del número de frijoles en 50 vainas entre variedades.....	47

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Espectro de absorción en las plantas y el ojo humano.....	14
Figura 2. Valores de reflectancia y de radiación solar registrados durante las fases de desarrollo de las variedades de frijol en los tipos de acolchado.....	32
Figura 3. Duración en días de las etapas de desarrollo de las tres variedades de frijol entre los tratamientos.....	38
Figura 4. Gráficas de medias para la variable rendimiento en $t\ ha^{-1}$ , por tratamiento de acolchado y variedad estudiada.....	43

## RESUMEN

El uso de acolchados de polietileno con riego por goteo es de uso común en cultivos de alta rentabilidad como hortalizas, debido a su comprobada y muy estudiada eficacia para aumentar rendimientos de producción y elevar las características de calidad comercial u organoléptica. En cambio, el uso del acolchado en cultivos extensivos de gran importancia como el frijol, se dispone de poca información que ayude a recomendar o no, el uso del acolchado en este tipo de cultivo.

Dada la importancia del frijol en México, por la superficie cosechada, por su valor económico, nutricional y social, por los bajos rendimientos obtenidos y las ventajas que ofrece el uso de acolchado plástico en otras especies cultivadas, la presente investigación evaluó los efectos de tres colores de acolchado: negro/negro, blanco/negro, plata/negro, comparado con el testigo suelo desnudo, sobre tres variedades de frijol: Azufrado Tapatío, Azufrado Bolita y Mulato. En la investigación, el objetivo de estudio fue evaluar los efectos de los colores del acolchado en tres variedades de frijol sobre las variables ambientales, fenológicas y agronómicas en el municipio de Zapopan.

Se encontraron efectos significativos para las variables ambientales reflectancia, temperatura del suelo y temperatura del dosel vegetal. Durante el desarrollo del cultivo, se registraron mayores valores de reflectancia entre acolchados, en las primeras y últimas etapas de desarrollo del cultivo. En valores promedio, la reflectancia del acolchado color blanco, fue superior al resto y el acolchado plata, superior al plástico negro y al suelo desnudo. En temperatura del suelo, se encontraron diferencias entre acolchados, sólo en las dos primeras etapas de muestreo. Para la variable temperatura del dosel, se presentaron diferencias entre acolchados y entre variedades sólo en etapas intermedias del cultivo y no para los valores promedio

Con respecto a las variables fenológicas se observaron diferencias significativas entre los tratamientos de acolchado, así como entre las variedades de frijol, mostrando que el uso del plástico acolchado prolonga por más tiempo su llegada de madurez.

En las variables agronómicas se encontraron efectos positivos con el uso del material plástico, pero no hubo diferencia entre los colores del mismo, en rendimiento de grano, en biomasa, y en peso de 100 granos. No hubo efectos positivos en número de vainas, ni en el incremento del número de frijoles en 50 vainas.

## **ABSTRACT**

The use of polyethylene mulch with drip irrigation is commonly used in highly profitable crops such as vegetables, due to its proven and highly studied efficiency to increase production yields and to increase commercial or organoleptic quality characteristics. On the other hand, the use of quilting in extensive crops of great importance, such as beans, has little information that helps to recommend or not, the use of mulch in this type of crop.

Given the importance of beans in Mexico, the harvested area, its economic, nutritional and social value, the low yields obtained and the advantages offered by the use of plastic mulch in other cultivated species, the present investigation evaluated the effects of three colors of quilting: black / black, white / black, silver / black, compared to the naked ground witness, on three varieties of beans: Azufrado Tapatío, Azufrado Bolita and Mulato. In the research, the objective of the study was to evaluate the effects of the colors of the mulch on three varieties of beans on the environmental, phenological and agronomic variables in the municipality of Zapopan.

Significant effects were found for the environmental variables reflectance, soil temperature and canopy temperature. During the development of the crop, higher reflectance values were recorded between padding, in the first and last stages of crop development. In average values, the reflectance of the white colored padding was superior to the rest and the silver padding, superior to the black plastic and the bare floor. In soil temperature, differences between padding were found, only in the first two stages of sampling. For the variable temperature of the canopy, there were differences between padding and between varieties only in intermediate stages of the crop and not for the average values

Regarding the phenological variables, significant differences were observed between the mulching treatments, as well as between the bean varieties, showing that the use of the quilted plastic prolongs its maturity arrival for a longer time.

In the agronomic variables positive effects were found with the use of plastic material, but there was no difference between the colors of the same, in grain yield, in biomass, and in weight of 100 grains. There were no positive effects on the number of pods, nor on the increase in the number of beans in 50 pods.

## 1. INTRODUCCIÓN

El frijol común *Phaseolus vulgaris* L. es nativo del Continente Americano, con dos centros primarios de diversidad genética: Mesoamérica y Zona Andina (Gepts y Debouck, 1991; Singh *et al.*, 1991). Por su gran variabilidad y los resultados de estudios morfológicos y moleculares, se señala a México como centro de origen (Bitocchi *et al.*, 2012); en nuestro país, el frijol común fue domesticado en la región occidente de México (Hernández-López, *et al.*, 2013).

El frijol representa un componente importante en el consumo y en la derrama económica de muchos países (Secretaría de Economía, 2012). La producción mundial de frijol creció a una tasa promedio anual de 1.6% entre 2003 y 2014, para ubicarse en 25.1 millones de toneladas. En siete países se concentró el 63.0 % de la producción mundial de frijol en 2014: India como mayor productor y México en quinto lugar (SIAP, 2016).

En cuanto al sector agrícola de México, el cultivo del frijol es de relevancia por la superficie que ocupa. La producción nacional reporta variaciones muy importantes a través de los años, que se relacionan con el efecto de las condiciones climáticas adversas que afectan al cultivo, principalmente la sequía, debido a que se cultiva principalmente en el régimen de temporal (Gaucín y Torres, 2012).

En nuestro país en siete entidades productoras de frijol, se concentró la cosecha nacional en 2015: en Zacatecas (29.9 %), Durango (11.5 %), Sinaloa (8.7%), Chihuahua (9.9 %), Chiapas (6.2 %), San Luis Potosí (4.6%) y Guanajuato (5.7%) (SIAP, 2016).

El Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), reportó en el 2016, que el frijol es el tercer cultivo en importancia por la superficie sembrada en México, después del maíz grano, y el sorgo; por el valor de la producción primaria que genera, ocupa la undécima posición, considerando cultivos cíclicos y perennes. Por su amplia adaptación y por el número de variedades mejoradas disponibles, el cultivo de esta leguminosa se realiza prácticamente en todas las regiones, condiciones climáticas y tipos de suelos en el país. El clima y la disponibilidad de agua son los factores más importantes que determinan la productividad del cultivo, ya que las principales regiones productoras registran bajos niveles de precipitación pluvial y además una distribución errática.

En México durante el año agrícola 2015 se sembraron 1.68 millones de hectáreas y se cosecharon 1.56 millones de toneladas. El 90.1% de la superficie cosechada fue de temporal. La producción de frijol en México creció a una tasa promedio anual de 1.6% entre 2005 y 2015. Así, la producción nacional de frijol en el año agrícola 2015 se ubicó en 969.1 miles de toneladas (SIAP 2016).

Los rendimientos promedio por hectárea en riego fueron de 1.52 toneladas, mientras que en temporal fueron de 0.58 toneladas. Las siembras bajo condiciones de riego equivalentes al 9,9 % de la superficie cosechada, produjeron el 24.1 % del total nacional (SIAP, 2016). Esta información muestra el potencial de rendimiento del frijol cultivado con riego, sistema

de producción que se puede mejorar con manejo un manejo eficiente del agua de riego y utilizando técnicas alternativas como el acolchado plástico utilizado ampliamente en cultivos hortícolas de mayor valor económico.

En términos nutricionales, el frijol *Phaseolus Vulgaris* L., complementa a los cereales como fuente de proteínas y minerales. El aporte nutricional en la dieta nacional mexicana es muy significativo; la dupla maíz/frijol que aporta la mayor cantidad de carbohidratos y proteínas, se complementa con especies nativas como amaranto, aguacate, raíces y hojas verdes, con algunos cárnicos y productos lácteos. El frijol contiene entre 14 y 33 g de proteínas por cada 100 g, es de bajo contenido en grasa (1.5% a 6.2%), más de la mitad de su peso es almidón (52 a 76 g por 100 g) (Gálvez, A. y Salinas, G. 2015). Además, tiene raíces milenarias, debido a que no sólo es un alimento tradicional, sino también es un elemento de identificación cultural, comparable con otros cultivos alimenticios como son el chile y el maíz (SE, 2012).

Por otro lado, las leguminosas como el frijol, juegan un papel fundamental en la rotación de los cultivos por su aportación de N en forma de amonio al suelo, gracias al proceso de fijación biológica de nitrógeno atmosférico que se lleva a cabo a través de la interacción simbiótica planta-microorganismo (Ángeles y Cruz-Acosta, 2015).

Por otro lado, los numerosos estudios realizados sobre ferti-irrigación y sistemas de acolchado en producciones vegetales experimentales y comerciales, han mostrado muchas ventajas para los usuarios, tales como ahorro de agua, incremento en la producción, cosecha adelantada, además de un cierto control de plagas, enfermedades y malezas. El efecto benéfico del uso del acolchado en el suelo o el acolchado en cultivos hortícolas está bien documentado y ha sido en principio atribuido al incremento de la temperatura del suelo y la conservación de humedad. El acolchado plástico negro se ha utilizado con mayor frecuencia, influye en el microclima del sistema, reduciendo la pérdida de nutrientes del suelo y la humedad. Se sabe que la luz que reflejan las cubiertas de distinto color también puede alterar el crecimiento de las plantas, al mismo tiempo que el acolchado plástico ha sido exitosamente empleado para incrementar la precocidad de pimiento y tomate, El acolchado plástico como material reflejante, permite tener mayor disposición de radiación activa para la fotosíntesis (Quero *et al.*, 1993) influyendo sobre las respuestas morfogénicas de la planta; se menciona que el acolchado refleja radiación solar hacia el follaje del cultivo, de este modo incrementa el total de radiación total recibida por la planta (Kasperbauer, 1992).

## ANTECEDENTES

### 2.1. El cultivo del frijol

#### 2.1.1. Antecedentes históricos

El género *Phaseolus* es de origen americano. Los estudios arqueológicos en Perú, Argentina y México con antigüedad entre los 6000 a 9600 años, los datos botánicos sobre las características morfológicas, la distribución geográfica de los centros primarios de diversidad, las relaciones genéticas entre las formas cultivadas y silvestres y la información histórica sobre su cultivo, confirman lo anterior (Lépiz y Ramírez 2010).

Por su parte, el frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) tiene su centro de origen en la región de Mesoamérica, particularmente en el occidente y sur de México, desde Jalisco hasta Oaxaca (Hernández-López *et al*, 2013), con dos centros de domesticación: uno primario (Mesoamérica) y otro secundario (Sur Andino). En alguno de sus viajes Cristóbal Colón, se llevó este alimento de México a Europa (Gálvez y Salinas, 2015). El frijol recibe también otros nombres como: poroto, alubia, caraota y judía. En náhuatl es *etl* o *etle*. En México existen 70 especies de *Phaseolus* de las cuales cinco han sido domesticadas (Freitag y Debouck, 2002).

#### 2.1.2. Panorama económico del frijol

La literatura señala que los cultivos que más se producen en el mundo son los cereales y dentro de las leguminas, el frijol es de las especies importantes después de la soya.

- Maíz 1,009 millones de t en 2014/15 (USDA, 2015)
- Arroz 750 millones de t en 2014 (FAO, 2014)
- Trigo 715 millones de t en 2013/14 (USDA, 2015)
- Soya 348 millones de t en 2016/17 (USDA, 2018)
- Frijol 25.1 millones de t en 2014 (FAO, 2014)

##### 2.1.2.1. Producción internacional

La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) a través de los Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA, 2016), reporta que la producción mundial de frijol registra tendencia al alza durante la década reciente, impulsada por aumentos en la superficie cultivada y en los rendimientos promedio por unidad de superficie. La producción mundial de frijol creció a una tasa promedio anual de 1.6 % entre 2003 y 2014, para ubicarse en 25.1 millones de toneladas. En siete países se concentró el 63.0% de la producción mundial de frijol en 2014: India (16.4 %), Myanmar (14.9 %), Brasil (13.1 %), Estados Unidos (5.3 %), México (5.1 %), China (4.1 %) y Tanzania (4.1 %). R. Lépiz afirma que, en India y Myanmar, países con las mayores producciones mundiales de frijol, incluyen a otras leguminosas que no son frijoles (*Phaseolus*), como frijol mungo (*Vigna radiata*) o frijol cowpea (*Vigna unguiculata*). (Comunicación personal, 3 de agosto de 2016).

##### 2.1.2.2. Producción nacional

La producción nacional de frijol en el año agrícola 2015 se ubicó en 969.1 miles de toneladas. Los rendimientos promedio por hectárea en riego fueron de 1.52 toneladas,

mientras que en temporal fueron de 0.58 toneladas. En 2015 la producción disminuyó 23.9% con respecto al año previo debido a la errática distribución de las lluvias en las más importantes regiones productoras (SIAP, 2016). En 2015 las siete principales entidades productoras de frijol en el país, concentraron el 76.6 % de la cosecha nacional: Zacatecas (29.9 %), Durango (11.5 %), Sinaloa (8.7 %), Chihuahua (9.9 %), Chiapas (6.2 %), San Luis Potosí (4.6 %) y Guanajuato (5.7 %) (SIAP, 2016).

El estado de Jalisco destacó en México como productor de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la segunda mitad del siglo pasado, pero en los años de 2000 a 2014 registró una producción significativamente menor, periodo en el que se cosechó un promedio anual de 19,347 ha con una producción de 17,855 t de grano y se importaron alrededor de 60,000 t por año para cubrir la demanda estatal de frijol (Lépiz-Ildefonso *et al.*, 2016).

De los datos de SAGARPA en el 2016, se concluye que el cultivo de frijol en México, se ubica en la tercera posición en importancia por la superficie que ocupa, después del maíz, y sorgo. Durante el año agrícola 2015 se cosecharon 1.56 millones de hectáreas, de las cuales el 90.0% se cultivaron en condiciones de temporal; el 24.1% de la producción nacional de frijol en 2015 se obtuvo en condiciones de riego, con el 9.9% de la superficie cosechada.

El consumo de frijol en México, en los últimos tres años, se ubicó en un promedio de 1.1 millones de toneladas. México registra una balanza comercial de frijol deficitaria. Las importaciones del grano, que alcanzaron su nivel máximo en 2012, se redujeron significativamente durante los dos años siguientes, para ubicarse en 88,543 toneladas anuales. Por su parte, las exportaciones se redujeron a una tasa del 43.9 % anual. Durante 2015, las importaciones netas de frijol representaron el 5.0 % de consumo aparente de frijol en el país (FIRA, 2015).

### **2.1.3 Morfología del frijol común**

El frijol común pertenece a la familia Fabácea, género *Phaseolus* y especie *Phaseolus vulgaris* L. (Lara, 2015); es una especie autógama y diploide de ciclo anual; durante el desarrollo de la planta se presentan cambios morfológicos y fisiológicos que sirven de base para identificar las etapas de desarrollo del cultivo. Los caracteres morfológicos de la especie se agrupan en caracteres constantes y variables; los constantes son aquellos que identifican al taxón, es decir, la especie. Los caracteres variables reciben la influencia de las condiciones ambientales. El frijol común es una planta de raíz fibrosa con tallos herbáceos; el crecimiento puede ser determinado o indeterminado, si es determinado termina con una inflorescencia y si es indeterminado posee al final una yema vegetativa que tiene la posibilidad de crecer. Los dos primeros pares de hojas son simples y opuestas y a partir del tercer nudo, son alternas, compuestas por tres folíolos (trifoliadas). Las axilas están formadas por el tallo y las hojas, donde se encuentra la triada que es un conjunto de tres yemas y tienen la posibilidad de ser vegetativas, reproductivas o la combinación de ambas. Con respecto a la inflorescencia se muestra como un racimo con flores pediculadas; la flor consta de cinco sépalos, cinco pétalos, 10 estambres y un pistilo. El cáliz es gamosépalo y los pétalos difieren morfológicamente. La semilla consta de testa y embrión, careciendo de endospermo. El embrión proviene del cigoto y consta del eje primario y divergencias laterales; el eje primario se compone de un tallo joven, el hipocótilo y la radícula. Las

divergencias laterales más notables son los cotiledones donde se almacenan las proteínas y los carbohidratos, que forman la parte voluminosa de la semilla (Lépiz y Ramírez, 2010).

#### **2.1.4. Metabolismo del frijol**

Sánchez-Espino *et al.*, (2000) mencionan que el frijol es una planta clase C3 debido al proceso para fijar CO<sub>2</sub> durante la fotosíntesis. La radiación solar es la principal fuente de energía para los procesos fisiológicos que se llevan a cabo en las plantas. La fracción de radiación solar absorbida en el rango espectral comprendido entre 400-700 nm corresponde a la radiación utilizada en la fotosíntesis, por lo que se denomina radiación fotosintéticamente activa (PAR) y es aproximadamente el 45 % de la radiación solar global. La radiación PAR es el factor medioambiental que determina principalmente el crecimiento de las plantas (Mariscal *et al.*, 2000). La radiación solar produce dos tipos de procesos principales: los procesos energéticos (fotosíntesis) y los procesos morfogénicos. La fotosíntesis es transformación de energía radiante en energía química mediante la asimilación del carbono del CO<sub>2</sub> del aire y su fijación en compuestos orgánicos carbonados. Según la forma de fijación del dióxido de carbono las plantas se pueden agrupar en tres tipos: C3, C4, y CAM. Si el primer compuesto estable en el que aparece fijado el carbono es de 3 átomos de carbono, la planta se dice que es C3; si el compuesto estable es de 4 átomos de carbono se denomina C4; por otro lado, las plantas CAM presentan una ruta metabólica similar a las C4, pero muestran un desfase temporal entre la captación del dióxido de carbono y su fijación. Dentro de las plantas C3 se encuentran la mayor parte de los vegetales superiores incluyendo cultivos de climas templados (trigo, cebada o girasol, entre otros). La fotorrespiración se traduce en un consumo de oxígeno cuando están iluminadas y es muy importante en la agricultura de la zona templada; en un día caluroso y sin viento la concentración del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) sobre la planta decrece considerablemente debido a su consumo para la fotosíntesis, disminuye la relación dióxido carbono/oxígeno: disminuyendo la fijación del dióxido de carbono y aumentando la fotorrespiración (Murchie *et al.*, 2008).

La respuesta de las plantas es diferente en función de las diferentes longitudes de onda. La clorofila es el principal pigmento que absorbe la luz, otros pigmentos accesorios son el b-caroteno, compuesto isoprenoide rojo que es el precursor de la vitamina A en los animales y la xantofila, carotenoide amarillo (Murchie *et al.*, 2008).

Pereira *et al.*, (2011), asientan que esencialmente toda la luz visible es capaz de promover la fotosíntesis, pero las regiones de 400 a 500 y de 600 a 700 nm son las más eficaces. La clorofila pura, tiene una absorción muy débil entre 500 y 600 nm; los pigmentos accesorios complementan la absorción de la luz en esta región, suplementando a las clorofilas:

- 620-700 nm (rojo): una de las bandas de mayor absorción de la clorofila.
- 510-620 nm (naranja, amarillo –verde-): de débil actividad fotosintética
- 380-510 nm (violeta, azul y verde): es la zona más energética, de intensos efectos formativos.
- < 380 nm (ultravioleta): efectos germicidas e incluso letales a < 260 nm.

La producción potencial final de un cultivo, expresada como materia seca total y considerando que no hay ningún otro factor limitante, estará en función de la cantidad de radiación fotosintéticamente activa interceptada. Se han establecido relaciones lineales entre la productividad potencial, expresada como materia seca aérea, y la cantidad de radiación interceptada (PARint). Comparando los datos de producción potencial con la real, es posible conocer a qué nivel de optimización se está. Inclusive, rechazar la siembra de un cultivo en una zona, atendiendo a los valores de radiación al esperarse producción no rentable.

Pereira *et al.*, 2011, describen que en cuanto a los procesos morfogénéticos, la fotomorfogénesis hace referencia a la influencia de la luz sobre el desarrollo de la estructura de las plantas. Según la adaptación a las condiciones de iluminación, las plantas se clasifican en:

- a) heliófilas: caracterizadas por hojas pequeñas estrechas y rizadas;
- b) umbrófilas: caracterizadas por poseer hojas amplias anchas y poco espesas;
- c) indiferentes: se adaptan tanto a zonas de sombra como a la luz.

La luz también es responsable de muchos movimientos o tropismos. Como regla general el tallo se dirige hacia la fuente de luz, la raíz lo hace alejándose de la fuente de luz, y la hoja adopta una posición en la que su parte ancha queda perpendicular a los rayos solares. Cualquier movimiento como respuesta a un estímulo luminoso se conoce como fototropismo.

Otro concepto importante es el de fotoperiodismo (conjunto de fenómenos determinados por la duración del período de luz) (Rey de las Moras, 2008). Desde hace tiempo se conoce que la iniciación de la floración en muchas plantas depende de la longitud del día. Las plantas que requieren un período de luz largo para iniciar la floración superior a 14 horas se denominan de día largo (trigo, avena, etc.), y las que precisan de 8 a 10 horas para florecer se llaman de día corto (maíz, sorgo, etc.). Hay plantas que difieren en su respuesta a la longitud del día después de iniciada la floración, así la fresa es de día corto para la iniciación de la floración, pero de día largo para la formación de los frutos (existen grandes diferencias inter-varietales dentro de una especie).

Las plantas tienen necesidades de iluminación según su naturaleza y estado de desarrollo. Cuando la luz no es suficiente para un desarrollo normal, las plantas tienden al ahilamiento (los tallos se hacen altos y delgados) y presentan clorosis y malformación de hojas. En el caso de cultivos de raíces y tubérculos, tiende a producir una disminución del rendimiento y de la calidad. Por otro lado, una iluminación excesiva favorece el desarrollo de ramas. En cuanto a la germinación, es más rápida en la oscuridad que a la luz, excepto en algunas semillas de pequeño tamaño como las gramíneas para forraje (Pereira *et al.*, 2011)

### **2.1.5. Crecimiento y desarrollo**

Se entiende por crecimiento al cambio en volumen o peso. Es un fenómeno cuantitativo que puede ser medido con base en algunos parámetros tales como anchura, longitud, acumulación de materia seca, número de nudos, índice de área foliar, etc. (Fernández *et al.*, 1985). El desarrollo por otro lado es cualitativo y se refiere a procesos de diferenciación o

cambios estructurales y fisiológicos conformados por una serie de fenómenos o eventos sucesivos. Por ejemplo, el evento de la aparición de botones florales o racimos, marca el cambio de la fase vegetativa a la fase reproductiva de la planta (Fernández *et al.*, 1985).

#### **2.1.5.1 Características generales del desarrollo de la planta de frijol**

El ciclo biológico de la planta de frijol se divide en dos fases sucesivas que son la fase vegetativa y la fase reproductiva, y que de acuerdo con Fernández *et al.* (1985) se describen como:

- Fase vegetativa: Se inicia cuando se le brinda a la semilla las condiciones necesarias para iniciar la germinación y termina cuando aparecen los primeros botones florales en las variedades de hábito de crecimiento indeterminado. En esta fase se desarrolla la estructura vegetativa necesaria para iniciar la actividad reproductiva de la planta. En la fase vegetativa el desarrollo de los meristemos terminales del tallo y de las ramas producen nudos en los cuales se forman complejos axilares susceptibles de un desarrollo posterior.
- Fase reproductiva: Se encuentra entre el momento de la aparición de los botones florales (los racimos) y la madurez de cosecha. En las plantas de hábito de crecimiento indeterminado, continua la fase vegetativa, lo cual hace posible que una planta esté produciendo simultáneamente hojas, ramas, tallo, flores y vainas.

#### **2.1.5.2 Factores que afectan las etapas de desarrollo**

Los factores más importantes que afectan la duración de las etapas de desarrollo del frijol incluyen el genotipo (cuyas características, hábito de crecimiento y precocidad pueden variar), y el clima. Existen factores tales como las condiciones de fertilidad, las características físicas de suelo, la sequía, y la luminosidad, entre otros, que causan variación en la duración de las etapas (cita).

Hábito de crecimiento: las plantas de frijol pueden ser de hábito de crecimiento determinado o indeterminado, lo cual está definido fundamentalmente por las características de la parte terminal del tallo y de las ramas. La planta es de hábito determinado si al empezar la fase reproductiva el tallo y las ramas terminan en un racimo, y la planta es indeterminado si termina en un meristemo vegetativo.

En el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), se han determinado 4 tipos de hábito de crecimiento con base en las características de la parte terminal del tallo, el número de nudos, la longitud de los entrenudos y la aptitud para trepar:

- Tipo I determinado arbustivo
- Tipo II indeterminado arbustivo
- Tipo III indeterminado postrado
- Tipo IV indeterminado trepador

Precocidad: la precocidad es otro factor que influye en la duración de las etapas de desarrollo, ya que es causa de diferencias importantes en el desarrollo de las plantas, aun en las pertenecientes a un mismo tipo de hábito de crecimiento.

Clima: los factores climáticos que más inciden en la duración de las etapas de desarrollo son la luz y la temperatura; tanto los promedios de estos factores como las variaciones diarias y estacionales de la temperatura desempeñan una función importante en la duración de las etapas del desarrollo.

Debido a la duración tan variable de las etapas de desarrollo de la planta, como consecuencia de las variaciones de los factores mencionados, se han definido y delimitado las etapas de desarrollo de la planta con base en sus características morfológicas. Varios autores han publicado escalas de los estados de desarrollo de cultivos en los últimos setenta años, cubriendo diferentes especies de plantas. Fernández *et al.*, (1985), describieron que las etapas del desarrollo en el cultivo del frijol, que pueden ser utilizadas en todos los tipos de hábito de crecimiento y con todos los genotipos encontrados dentro de estos tipos; se dividen en dos fases: la fase vegetativa y la fase reproductiva.

La identificación de cada etapa se hace con base en un código que consta de una letra y un número. La letra corresponde a la inicial de la fase a la cual pertenece la etapa. A continuación, se describe cada una de las etapas de la escala. Además, la escala puede ser usada para medir el desarrollo tanto de una planta individual como de un cultivo (Fernández *et al.*, 1985).

### **2.1.5.3. Etapas de la fase vegetativa**

De acuerdo con Fernández *et al.*, (1985) la fase vegetativa incluye cinco etapas de desarrollo: germinación, emergencia, hojas primarias, primera hoja trifoliada y tercera hoja trifoliada.

**Germinación (V0).** La etapa V0 se registra cuando la semilla se colocarse en suelo húmedo y a temperaturas superiores a los 10°C. Es decir, el día del primer riego o de la primera lluvia si se ha sembrado en suelo seco. Los procesos fisiológicos se reactivan para el desarrollo del embrión en la semilla. Emerge la raíz primaria, raíces secundarias y crece el hipocótilo hasta llevar a los cotiledones a nivel del suelo.

**Emergencia (V1).** Se registra cuando el 50% de las plantas de la población esperada presenta los cotiledones sobre el nivel del suelo. Posteriormente el hipocótilo se endereza, las hojas primarias crecen y quedan completamente desplegadas.

**Hojas primarias (V2).** Una población de frijol llega en etapa de hojas primarias, cuando el 50 % de las plantas muestran el primer par de hojas verdaderas completamente desplegadas, en posición horizontal, aunque sin haber alcanzado su tamaño máximo; la primera hoja trifoliada inicia su crecimiento.

**Primera hoja trifoliada (V3).** La etapa V3 se inicia cuando el 50 % de las plantas de un cultivo presenta la primera hoja trifoliada abierta, desplegada y los folíolos se ubican en el

mismo plano. La hoja no ha alcanzado su desarrollo completo, el tallo continúa su crecimiento y posteriormente aparecen la segunda y tercera hojas trifoliadas.

**Tercera hoja trifoliada (V4).** La etapa V4 da inicio cuando la tercera hoja trifoliada se encuentra desplegada, los folíolos están en el mismo plano; su posición es inferior a la primera y segunda hoja trifoliada. En una población, V4 se registra cuando el 50 % de las plantas presenta esta característica. Es la etapa más larga de la fase vegetativa (Fernández *et al.*, 1985).

#### **2.1.5.4 Etapas de la fase reproductiva**

En el trabajo de Fernández *et al.*, (1985), se informa que cuando las yemas apicales de las plantas de hábito de crecimiento determinado se desarrollan en botones florales y en las yemas axilares de las plantas de hábito de crecimiento indeterminado se desarrolla el primer racimo, termina la fase vegetativa y empieza la fase reproductiva de la planta. En esta fase ocurren las etapas de prefloración, floración, formación de las vainas, llenado de las vainas y maduración. En el hábito de crecimiento indeterminado, el desarrollo de estructuras vegetativas continúa durante esta fase, o sea que la planta produce nuevos nudos, ramas y hojas, mientras que las plantas de hábito de crecimiento determinado, al empezar la fase reproductiva, cesa el desarrollo de nuevas estructuras vegetativas.

**Prefloración (R5).** En condiciones de cultivo, se considera que éste ha entrado en etapa de prefloración, cuando el 50 % de las plantas presentan por lo menos un botón floral próximo a abrir. En las variedades de hábito determinado se aprecia el desarrollo de botones florales en el último nudo del tallo o la rama; en las variedades indeterminadas, los racimos florales se presentan en los nudos inferiores del tallo.

**Floración (R6).** La etapa de floración se registra cuando el 50% de las plantas de una población presentan por lo menos una flor abierta. En las variedades de hábito determinado (Tipo I) la floración comienza en el último nudo del tallo o de las ramas y continúa en forma descendente; por el contrario, en las variedades de hábito de crecimiento indeterminado (Tipos II, III y IV), la floración comienza en la parte baja del tallo y continúa en forma ascendente. Dentro de cada racimo, la floración da inicio en la primera inserción floral y continúa en la siguiente.

**Formación de las vainas (R7).** La etapa R7 se inicia cuando la planta presenta la primera vaina con la corola de la flor colgada o desprendida; en condiciones de cultivo, cuando el 50 % de las plantas presenta esta característica. En las variedades de hábito determinado las primeras vainas se observan en la parte superior del tallo o de las ramas y continúa en forma descendente; en las variedades de hábito de crecimiento indeterminado las primeras vainas se forman en la parte baja del tallo y continúa en forma ascendente.

**Llenado de las vainas (R8).** En una población de frijol la etapa R8 se inicia cuando el 50% de las plantas empieza a llenar la primera vaina. Hay un crecimiento activo de las semillas y las vainas presentan abultamientos que corresponden a las semillas en crecimiento. El peso de los granos aumenta cuando las vainas han alcanzado su tamaño máximo. Al final de la etapa, los granos comienzan a adquirir las características de la variedad y en algunos

genotipos, las vainas también empiezan a pigmentarse y da inicio la senescencia de las hojas.

**Madurez fisiológica (R9).** Esta etapa se caracteriza por presentar hojas de tonalidad amarilla, alto grado de defoliación por senescencia y abscisión, decoloración y secado de las vainas. Se registra el inicio de esta fase cuando el 50% de las plantas presenta la característica señalada y termina cuando las plantas alcanzan la madurez de cosecha. El contenido de agua en el grano baja hasta el 15 %.

## **2.2. Acolchado plástico**

El acolchado o “mulching” es una práctica agrícola en la cual se cubre el suelo con un material generalmente orgánico o con películas plásticas, con el propósito de protegerlo y eventualmente de mejorar su fertilidad (Cánovas, 1993). Numerosos estudios han demostrado que la práctica de cubrir el suelo o acolchar muestra algunas ventajas: la cubierta protege el suelo principalmente de la pérdida de humedad y la mantiene uniforme, ayuda a mantener estable la temperatura, protege de la erosión y controla la emergencia de hierbas no deseadas (Zribi *et al.*, 2011; Zribi, 2014)

### **2.2.1. Antecedentes**

A partir del año 1940, el uso de materiales plásticos en las actividades agrícolas inició una modificación profunda en la tecnificación de la producción de frutas, hortalizas y plantas ornamentales. En los años siguientes se lograron notables mejoras tecnológicas que ampliaron la durabilidad y la aplicación de los materiales plásticos (Cenobio-Pedro *et al.*, 2006).

Sandoval (2002) en su trabajo “Horticultura intensiva en invernaderos”, menciona que el uso de plásticos agrícolas, se inició prácticamente con la aplicación de acolchados, y considera que la superficie en hectáreas en el ámbito mundial con acolchados es de 930,000 ha, de las cuales 9,000 ha corresponden a México.

Por su parte Reyes (1992) afirma que el uso de los plásticos agrícolas en México comenzó en la década de los 60's con la utilización del sistema de riego por goteo y en los 70's empieza el desarrollo e implementación en la agricultura intensiva en cultivos como: tomate, sandía, chile, melón, pepino y calabazas; en ornamentales, como rosa y clavel; además en frutales como los cítricos, manzanas y vid. Díaz-Pérez (2010) señala que el acolchado plástico se ha desarrollado principalmente para cultivos de hortalizas.

### **2.2.2. Efectos del acolchado en el suelo y en los cultivos**

En el presente apartado se ha tratado de sintetizar y resaltar los principales efectos beneficiosos del acolchado que pueden sustentarse con más consistencia:

- Mejora el uso eficiente del agua y fertilizantes; permite reducir la erosión y proporcionar condiciones adecuadas para la germinación de la semilla, el buen desarrollo de los cultivos y la obtención de mayores rendimientos (Lamont, 2005; Subrahmaniyan *et al.*, 2008).

- Reduce la evaporación del agua de suelo debido a que el material plástico es impermeable a los líquidos; impide la evaporación, quedando el agua disponible únicamente para el cultivo (Maeda, 1988; Ramírez, 2006).
- Permite la utilización de aguas con alto contenido de sal y el ahorro de la misma. (Mendizabal *et al.*, 1979; Zribi, 2014).
- Aumenta la temperatura del suelo durante el día (el plástico transmite al suelo la energía calorífica recibida del sol, haciendo el efecto de invernadero) y la mantiene durante la noche (el plástico retiene el paso de las radiaciones caloríficas del suelo hacia la atmósfera) y esto sirve como un medio de defensa para la planta contra las bajas temperaturas de la noche (Maeda, 1988; Ibarra y Rodríguez, 1997; Ramírez, 2006). Por su parte Mendizabal *et al.* (1979), asientan que el acolchado incrementa la temperatura del suelo, estimula la producción temprana con mayor posibilidad de aprovechar los mejores precios en el mercado.
- Controla la maleza, ya que la utilización de láminas de plástico limita considerablemente el desarrollo de plantas no deseadas excepto el coquillo, debido al incremento de las temperaturas debajo del plástico y, en caso de plásticos opacos, por la imposibilidad de que se realice la fotosíntesis. (Maeda, 1988; Ibarra y Rodríguez, 1997; Ramírez, 2006).
- Los acolchados plásticos además de utilizarse para controlar las malezas, ayudan a disminuir las infestaciones de insectos. (Ibarra y Rodríguez, 1997).
- El acolchado ayuda a la conservación de la fertilidad del suelo debido a que eleva la temperatura y se mantiene por más tiempo la humedad del mismo; estos factores favorecen la nitrificación y como consecuencia la disponibilidad de nitrógeno para la planta. Además, por la protección dada al suelo se evita el lavado de nutrientes en el suelo como consecuencia de la lluvia o de riegos pesados (Maeda, 1988; y Ramírez, 2006).
- Modifica el intercambio gaseoso aire-suelo. Estudios realizados parecen demostrar que el polietileno, por su poca permeabilidad a los gases, permitiría un almacenamiento de bióxido de carbono en un terreno acolchado, el cual, a través de los agujeros de plantación subiría a la parte aérea de la planta y jugaría un papel importante en la fotosíntesis del vegetal Maeda (1988) y Ramírez (2006).
- Mejora la calidad de los frutos. El plástico al actuar como barrera de separación entre el suelo y la parte aérea de la planta, evita que los frutos estén en contacto con el suelo, lo que ayuda a conservar la calidad y la vida de anaquel (Maeda, 1988; Ramírez, 2006).
- Mejora el tamaño del fruto y el rendimiento de semilla. Robledo *et al.* (2010), reportaron que el fruto más ancho de calabacita fue producido por el tratamiento

con acolchado azul y que el rendimiento de semilla de plantas se incrementó con el uso de acolchado de color transparente y verde; esto indica que la fisiología, rendimiento y calidad de ciertos cultivos pueden ser mejorados con el uso de colores de acolchados (Quezada *et al.*, 2000).

- Precocidad de la cosecha. El suelo arropado proporciona a la planta mejores condiciones para su desarrollo, lo que se traduce en la maduración temprana de frutos para que sean cosechados y presenten mayor demanda, generando un beneficio económico (Maeda, 1988; Ramírez, 2006).

### 2.2.3. La luz, la fotosíntesis y los colores de acolchado

Smith (1982) menciona que las plantas son organismos especializados en la captura y transducción (transformación de un tipo de señal o energía en otra de distinta naturaleza) de la radiación a través de la fotosíntesis. En la agricultura la luz tiene un valor económico, pues promueve e impulsa la fotosíntesis, y es tan primordial e importante para la producción de cultivos debido a que el desarrollo y crecimiento de las plantas, están en función de la calidad de la luz, sin demeritar otros factores como el agua, el suelo y factores atmosféricos.

La luz es una forma de energía que viaja en forma de ondas electromagnéticas de diferente longitud y se mide en nanómetros. La luz como tal, está formada por partículas llamadas fotones que son unidades cuánticas. Los fotones tienen pequeñas cantidades de energía, por lo que se miden en moles (mol) que son  $6.02 \times 10^{23}$  fotones cada uno (Taiz y Zeiger. 2006).

La calidad de la luz hace referencia a su distribución espectral o el número de fotones de cada porción del espectro emitido desde una fuente de luz; El contenido de energía de la luz visible varía desde casi  $2.8 \times 10^{-19}$  Joules (J) hasta aproximadamente  $5 \times 10^{-19}$ J (Tippens, 2011). Figura 1.

Tipo de luz	UV- B	UV-A	AZUL	VERDE	AMARILLO	ROJO	ROJO LEJANO
Plantas	UV-B	CRIOCROMOS				FITOCROMOS	
			CAROTENOIDES				
			CLOROFILAS	CLOROFILAS			
Humano	OJO HUMANO						
Longitud de onda (nm)	300	400	500	600	700	800	

Figura 1. Espectro de absorción en las plantas y el ojo humano (Meisel *et al.*, 2011).

La luz que impulsa la fotosíntesis en las plantas es radiación fotosintética activa o luz PAR (Hernández *et al.*, 2001). Bouchet *et al.*, (2002), mencionan que la longitud de onda que participa en la fotosíntesis es la correspondiente al espectro de 400 a 700 nm, siendo éste el proceso básico en la productividad de un cultivo. Ver Cuadro 1.

Zaragoza (2013) menciona que la radiación fotosintéticamente activa (PAR), puede ser definida como la fracción del espectro comprendida entre 400 a 700 nm. Esta radiación puede subdividirse a su vez en las siguientes bandas:

- de 400 a 510 nm (fuerte absorción de luz por la clorofila, con alto efecto morfogenético).
- de 510 a 610 nm (débil absorción de luz por la clorofila, sin efectos morfogenéticos).
- de 610 a 720 nm (fuerte absorción de luz por la clorofila, grandes efectos morfogenéticos y ontogenéticos).

Cuadro 1. Acciones y efectos de luz de diferentes longitudes de onda (Meisel *et al.*, 2011).

<b>Tipo de luz</b>	<b><math>\lambda</math> (nm)</b>	<b>Acciones y efectos</b>	<b>Tipo de fotorreceptor y otras moléculas que absorben la energía lumínica.</b>
<b>UV-C</b>	<280	Poca influencia en procesos morfogenéticos y fisiológicos, blanqueo de colores, causante de quemadura y esporulación de algunos hongos. Mutaciones, daño y muerte celular	DNA – RNA
<b>UV-B/UV-A</b>	315-400	Acción fotomorfológica; síntesis de pigmentos, inhibición a la elongación celular daño y muerte celular	Criptocromos, fotorreceptores
<b>Violeta-Azul</b>	400 -510	Acción fotosintética, fotomorfogénesis, ritmo circadiano, tiempo de floración, fototropismo, movimiento de cloroplastos, apertura de estomas, estimulación de la síntesis de clorofila y carotenos.	Fotosistemas (clorofilas a y b), criptocromos, fototropinas
<b>Verde-Amarillo</b>	510-610	Acción reducida sobre la fotosíntesis.	Carotenos
<b>Anaranjado-rojo / rojo lejano</b>	610-1000	Acción fotosintética, germinación de semillas, tiempo de floración, ritmo circadiano, fotomorfogénesis, elongación celular.	Fotosistemas, (clorofilas a y b) fitocromos
<b>Infrarrojo</b>	1000	Efectos mínimos poco estudiados, la absorción de energía se convierte en calor.	CALOR - la absorción de energía se convierte en calor.

Casierra-Posada *et al.*, (2011) mencionan que la calidad de la luz que incide sobre las plantas de fresa afecta directamente la composición química de los frutos; las fresas

cosechadas de plantas cultivadas con acolchado rojo, durante períodos soleados, mostraron significativamente mayor concentración de compuestos aromáticos, que aquellas cultivadas con acolchado negro.

Tarara (2000) y Benavides-Mendoza *et al.*, (2002), mencionan que las modificaciones micro-ambientales inducidas por el plástico, se deben también a los cambios con mayor disposición de radiación activa para la fotosíntesis (PAR) al funcionar el plástico como material reflejante y el aumento o disminución en la temperatura del suelo, normalmente en el perfil 0-30 cm, esto de acuerdo al material plástico que funciona como absorbente o reflejante de radiación, así como a su capacidad para retener la radiación infrarroja de onda larga. Esta última propiedad es la que genera el conocido efecto invernadero inducido por los plásticos. El impacto micro-ambiental del plástico agrícola depende en buena medida de las propiedades ópticas del material. La reflectancia y la transmitancia en longitudes de onda específicas, cambian dramáticamente tanto la radiación transmitida directamente al suelo por el material, como la absorbida por el propio plástico, radiación que posteriormente se dispersa o radiación térmica de mayor longitud de onda.

Asimismo, la cantidad (balance espectral) de la radiación reflejada tiene influencia sobre la actividad fotosintética de la planta, sobre la temperatura del dosel, la composición química de la biomasa vegetal y sobre las respuestas morfogénicas de la planta. Para describir esta última capacidad se utilizan los llamados índices espectrales que se relacionan con las respuestas de crecimiento y de reparto selectivo de biomasa observada en las plantas. Todo esto convierte a los plásticos agrícolas en herramientas no sólo para el manejo microambiental de los cultivos, sino que también los hace dispositivos útiles para el control del metabolismo y la morfogénesis en las plantas (Benavides-Mendoza *et al.*, 2002).

En el trabajo realizado por Benavides-Mendoza *et al.* (2002), se considera que la respuesta fotosintética y morfogénica que ejerce la radiación reflejada por un acolchado plástico, debe tomarse en cuenta ya que el efecto positivo de la radiación extra reflejada hacia el dosel vegetal depende de la arquitectura del propio dosel y del estado nutricional e hídrico de la planta. Generalmente la parte superior de un dosel se encuentra bien iluminada, presentándose saturación con radiación PAR en las estructuras foliares. En cambio, en la parte baja del dosel, la cantidad de radiación PAR llega a ser limitada a causa de que las hojas superiores absorben casi toda la radiación incidente de onda corta. Bajo esta situación de competencia interna por la luz en el dosel vegetal, la radiación PAR extra reflejada por un acolchado será útil. Por otra parte, si no existe restricción en la iluminación de la parte inferior del dosel, la radiación extra será de poca utilidad, y en ese caso el criterio de aplicación del plástico se orientaría hacia el manejo de humedad y temperatura del suelo. En este trabajo Benavides-Mendoza *et al.*, (2002), estudiaron en campo abierto diferentes materiales para acolchado de distinta base polimérica: polietileno y PVC, así como de diferentes colores; encontraron diferencias en la cantidad de radiación activa reflejada.

Los colores del polietileno acolchado determinan en gran parte el comportamiento de su radiación de energía y su influencia en el medio que rodea a la planta. Los colores afectan la temperatura superficial del acolchado y dentro del suelo (Lamont, 2005). Decoteau *et al.*, (1989) indican que el acolchado blanco refleja seis veces más radiación fotosintéticamente activa (luz PAR) que el acolchado negro; resultando esto en que el blanco contribuye

menos al calentamiento del suelo y los procesos metabólicos de absorción y movilización de nutrientes son más lentos, lo que puede afectar tanto a la germinación de semilla como al desarrollo de la planta.

El uso de acolchados plásticos foto-selectivos modificó el comportamiento de la planta de calabacita, y también favoreció la expresión de la calidad fisiológica de la semilla al aumentar el porcentaje de germinación de plántulas normales y el tamaño del hipocótilo (Robledo *et al.*, 2010). Con el acolchado, los rendimientos de la semilla se aumentan, así lo señalan Robledo *et al.*, (2010), donde el rendimiento de semilla de plantas de calabacita se incrementó con el uso de color transparente y verde, en 60.8 y 67.3 %, con respecto al testigo sin acolchado. Robledo *et al.*, (2010), describen que, en el peso de semilla por parcela, los tratamientos con acolchado verde, transparente y negro superaron al testigo con suelo desnudo en 67, 60 y 51 %, respectivamente. Estas ganancias en el peso de semilla por parcela mediante el uso de acolchados plásticos, pueden ser consecuencia de la modificación de factores microambientales que inducen cambios a nivel estomático y del sistema vascular, de acuerdo con el color del acolchado.

Streck *et al.*, (1995) mencionan que la temperatura del suelo puede ser afectada principalmente por el tipo de mantillo de polietileno. Generalmente van en el siguiente orden de menor a mayor: acolchado transparente, acolchado negro, acolchado blanco. Esto se debe principalmente a cambios en los componentes del balance de radiación, debido al efecto del acolchado sobre el albedo, el flujo de calor sensible, flujo de calor latente y flujo de calor del suelo. Schales y Shedrake (1963), mencionan que las temperaturas del suelo bajo un acolchado plástico, están en función a las propiedades térmicas del material, esto es, que dependen de la reflectancia, absorbancia y transmitancia del plástico. El acolchado plástico negro es un cuerpo opaco que absorbe e irradia; absorbe más ultravioleta, visible y longitudes de onda infrarrojos. Mucha de la energía solar absorbida por el plástico negro se pierde hacia la atmósfera a través de radiación y convección forzada.

Los acolchados plásticos empleados en los cultivos consiguen incrementar la temperatura del suelo durante el día, con excepción de los acolchados de color blanco y el color aluminizado ya que son acolchados que reflejan más la luz. Se sabe que el acolchado negro no retiene el calor por la noche, mientras que el blanco aumenta la cantidad de luz aprovechable por las plantas (Papaseit *et al.*, 1997). Por composición química o por la coloración, el efecto de acolchado está fuertemente influenciado por el tipo de plástico que se utilice y para que dicho efecto sea relevante, la franja del suelo acolchado deberá ser suficientemente amplia (Ibarra, 1997).

Papaseit (2001) mencionó en su trabajo que la luz desempeña un papel fundamental para el crecimiento y desarrollo vegetativo de las plantas verdes, puesto que estas dependen de la energía que les suministra la radiación solar para la fotosíntesis. Menciona también que está comprobado que plásticos de polietileno con aditivos, especialmente diseñados para filtrar la luz UV, inhiben la esporulación de *Botrytis cinerea*. Al cambiar la composición espectral de la luz cuando atraviesa un plástico, se puede influir en el desarrollo de una planta, en algunos casos para incrementar el rendimiento y calidad de la producción. En la séptima década del siglo XX se diseñaron materiales para reducir las pérdidas nocturnas de calor en

el invernadero por radiación, convección o conducción. Popularmente a estos plásticos los llaman “términos”. Más recientemente se desarrollaron plásticos que reducen o aumentan una parte específica del espectro:

- Plásticos que bloquean la radiación UV (280—400 nm)
- Filmes que absorben o reflejan parte de la radiación visible (filmes de colores, 400-700 nm)
- Plásticos usados como cubiertas que bloquean el rojo lejano (700-800 nm) y la radiación infrarroja corta (800-2500 nm)
- Plásticos fluorescentes a base de tintes o pigmentos que absorben luz en longitud de onda corta y la emiten en una mayor

#### **2.2.4. Acolchado plástico en el cultivo de frijol.**

Ibarra y Rodríguez (1997) mencionan que se sembró frijol en cuatro fechas con acolchado negro y transparente. El acolchado con plástico negro mostró respuestas positivas pues aumentó el rendimiento, independientemente de las fechas de siembra.

Esqueda y Zenteno (1991) mencionan que el incremento en la temperatura del suelo debido al acolchado, presenta efectos sobre los microorganismos en el cultivo de frijol. Estos autores utilizaron esta técnica para el control de enfermedades del suelo debidas a hongos; encontraron que algunos microorganismos patógenos tales como la *Rhizoctonia solani* y *Sclerotium rolfsii*, lograron sobrevivir e incluso incrementar su número bajo esta técnica de cultivo.

Por su parte Ossom y Matsenjwa (2007) obtuvieron mayor producción de grano por hectárea en plantas sin acolchado en comparación al acolchado de plástico negro o transparente. También en el trabajo de Lucrecia *et al.*, (1987) se encontró que el acolchado tuvo un efecto negativo sobre la nodulación y el rendimiento del frijol.

### 3. JUSTIFICACIÓN

El acolchado plástico es una técnica reconocida por influir en las variables ambientales que tienen efectos sobre las variables agronómicas en los cultivos en las que se usa. En frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) leguminosa importante para el consumo humano, en México, se tiene escasa información sobre los beneficios del acolchado y sus colores, sobre variedades de frijol utilizadas en esta región.

La información resultante permitirá comprender los efectos del acolchado sobre variables ambientales, fenológicas y agronómicas, aportando datos para su posible uso en el cultivo de frijol en Jalisco.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 Objetivo general**

Evaluar el efecto de colores de acolchado de polietileno en el desarrollo y producción de tres variedades de frijol bajo cultivo, para las condiciones ambientales de Zapopan, Jalisco.

### **4.2 Objetivos particulares**

- Evaluar el efecto de tres colores de acolchado plástico sobre variables ambientales en tres variedades de frijol.
- Evaluar el efecto del acolchado plástico en las etapas de desarrollo de tres variedades de frijol.
- Evaluar el efecto de tres colores de acolchado en variables agronómicas en tres variedades de frijol.

## **5. HIPÓTESIS**

El color del acolchado plástico muestra efectos en variables ambientales, en las etapas de desarrollo y en la producción de grano en variedades de frijol bajo cultivo.

## 6. MATERIALES Y MÉTODOS

### 6.1. Ubicación del ensayo

La investigación se desarrolló en 2016 en el campo experimental del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA) de la Universidad de Guadalajara (U de G) ubicado en Las Agujas, en el km 15.5 de la carretera Guadalajara-Nogales, con una latitud Norte de 20°44'48.78" y longitud Oeste de 103°30.55.74" y a 1,670 msnm de elevación (Lara, 2015). El Servicio Meteorológico Nacional reporta para el período 1980 a 2010 una temperatura promedio anual máxima de 28.4°C, media de 20.6°C y mínima anual de 12.9°C y una precipitación acumulada promedio anual de 1007mm (SMN, 2016). En el área de estudio predominan los suelos del tipo Regosol (Ibarra *et al.*, 2008), que cubren más del 90% de la superficie agrícola.

### 6.2. Materiales

#### 6.2.1. Variedades de frijol

Se utilizaron tres variedades de frijol de diferente hábito de crecimiento: Azufrado Tapatío, Mulato y Azufrado Bolita. Los materiales evaluados fueron proporcionados por el Dr. Rogelio Lépiz Ildelfonso responsable del proyecto “Desarrollo de variedades de frijol de grano preferente y alto rendimiento para el Occidente de México”, de la Universidad de Guadalajara y son materiales adaptados a las condiciones climáticas de las regiones Centro, Sur y Altos de Jalisco. Las características de cada variedad se describen en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Variedades de frijol utilizadas y algunas de sus características básicas (Lépiz-Ildelfonso *et al.*, 2016)

Variedad	Código	Origen línea	Hábito de crecimiento	Color de semilla	Resistencia a enfermedades	Área de adaptación
Azufrado Tapatío	MAM 13	CIAT	Hábito indeterminado postrado, guía corta, tipo IIIa	Bayo azufrado	Resistente a roya y bacteriosis de halo; resistencia intermedia a antracnosis y bacteriosis común.	Centro, Sur, Valles y Altos de Jalisco, Centro Norte de México.
Mulato	NAB 69	CIAT	Hábito indeterminado erecto guía corta, tipo IIa	Negro pequeño opaco	Resistente a antracnosis y a roya, Resistencia intermedia a	Centro, Sur, Valles y Altos de Jalisco. Amatlán de

					bacteriosis común.	cañas e Ixtlán del Río, Nayarit.
Azufrado Bolita	UGCB 3	UdG	Hábito determinado erecto tipo Ia	Amarillo azufrado	Resistente a antracnosis, bacteriosis de halo, bacteriosis común y roya.	Centro, Sur, Valles y Altos de Jalisco.

### 6.2.2. Acolchado y características

Los materiales de acolchado que se utilizaron para este experimento fueron fabricados con material de polietileno de 1.20 m de ancho, calibre 90 galgas, liso (sin perforaciones) y los colores utilizados fueron (haz/envés): negro/negro, blanco/negro, plata/negro.

### 6.2.3. Material de campo para el establecimiento del ensayo en la parcela

Terreno de siembra (900 m<sup>2</sup>); barrena para extracción de suelo a 30 cm de profundidad; agua para riego con una conductividad eléctrica de 104.3  $\mu S m^{-1}$  con un pH de 6.54 (NOM-230-SSA1-2002); tubería de PVC para riego de 2" y de 1", así como coples, codos, y reductores; cintilla para riego por goteo a 10 cm por gotero calibre , con un caudal de 7.5  $lh^{-1}m^{-1}$ ; llave de paso toma caudal para cintilla; bomba de agua de ½ HP; tambo de 100 l para preparación de soluciones para fertirriego; etiquetas de identificación; cinta métrica de 20 metros, hilo de rafia; estacas de madera; tractor John Deer modelo 6415; rastra; implemento acolchadora Marca Bison modelo Acol 721 plus; azadones; palas y machete.

### 6.2.4. Insumos agroquímicos

Se aplicaron los siguientes agroquímicos:

- Flex (Fomesafén: 5-[2-cloro-4-(trifluorometil) fenoxi]-N-(metilsulfonil)-2-nitrobenzamida) el día 22 de junio.
- Insecticida Hércules 25 CE (diazinon) 75 ml por 15 l, 17 de junio.
- Fungicida Maneb (mancozeb) 114 gr x 15 L 27 de junio y 7 de julio.

Se fertilizó con la fórmula 90-60-60 unidades de Nitrógeno (N), Fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) y Potasio (K<sub>2</sub>O) por hectárea, elaborada con fertilizantes solubles por la vía del sistema de riego por goteo, durante el ciclo, siguiendo la metodología de Mora (2004).

### **6.2.5. Material para las mediciones de las variables en campo**

Luxómetro marca *Steren* digital HER- 410; termómetro de pin de 10 cm digital Taylor 9841 que va desde los -40°C a los 260°C, con un pin de 10 cm, para medir la temperatura del suelo a una profundidad de 10 cm; termómetro de mercurio con rango de -10°C a 130°C para tomar lecturas en el dosel de la planta; bolsas de papel estraza y bolsas de plástico; medidor combinado *Combi Taster* TFA y tensiómetro *Irrrometer*, ambos para determinar humedad en el suelo y calendarizar los riegos; equipo meteorológico portátil 2000 serie *Whatchdog* con el cual se registraron los efectos atmosféricos en la zona del ensayo.

### **6.2.6. Equipo de laboratorio para las determinaciones de pesos**

Balanza de precisión de la marca *Citizen*; para la determinación de humedad y estandarizar el peso de grano a 12 % de humedad, se usó el aparato *STEINLITE SL 95*; para obtener la materia seca en la biomasa de planta se utilizó una cámara de secado *Binder FD 23*.

## **6.3. Métodos**

### **6.3.1. Muestreo y análisis del suelo**

Para evaluar la variabilidad espacial del pH del suelo en el sitio del ensayo, se extrajeron un total de 16 muestras (cuatro muestras por tipo de acolchado), obtenidas mediante muestreo compuesto, a 30 cm de profundidad. Las muestras de suelo fueron secadas a temperatura ambiente (22-25°C), tamizadas con malla de 2 mm; para la caracterización del suelo se determinó el pH en relación suelo: agua de 1:2 (NOM-021-SEMARNAT-2000), utilizando un potenciómetro marca *Beckman* 40.

### **6.3.2. Método de siembra**

Se preparó el suelo con dos pasos de rastra; se formaron las camas y se instaló el acolchado y al mismo tiempo la cintilla de riego por goteo; posteriormente se instaló la tubería y se hicieron las conexiones para establecer el sistema de riego por goteo. La colocación del plástico se realizó con acolchadora mecánica y la distribución del acolchado de norte a sur con los colores del acolchado negro/negro, seguido del color blanco/negro, el testigo con suelo desnudo y plata/negro, la distancia entre cama y cama fue de 1.70m.

Una vez puestas las películas plásticas en las camas de 120 cm de ancho, se prosiguió a humedecer las camas y se hicieron los orificios para siembra del frijol de un diámetro de 2" con un tubo PVC, cada 20 cm entre plantas y 30cm entre hileras; el día 28 de abril se sembraron las primeras dos franjas de acolchado color negro y blanco con semillas de frijol con tres semillas por agujero; el día 29 de abril se continuó con la tercera y cuarta franja que correspondieron al suelo desnudo y al acolchado plata; la distancia que se dejó entre planta y planta fue de 20 cm y de hilera a hilera de 30 cm por cama, dejando en línea

central a la cintilla de riego por goteo. Las camas quedaron con tres repeticiones por cada color de acolchado, cada cama con cuatro divisiones de 6 m. El cultivo se manejó de acuerdo a las necesidades que se requieren bajo condiciones de acolchado.

### **6.3.3. Diseño experimental de campo**

El diseño de tratamientos incluyó el efecto de dos factores: colores de acolchado (factor A) y variedades de frijol (factor B).

Los niveles de los dos factores fueron:

a) colores de haz del plástico del acolchado (ambientes).

- a) negro
- b) blanco
- c) desnudo
- d) plata

b) variedades

- a) Azufrado Tapatío
- b) Azufrado Bolita
- c) Mulato

El diseño experimental fue en bloques al azar en ambientes separados (factor A), con cuatro repeticiones por ambiente. En los ambientes cada uno con tres camas, se establecieron las tres variedades de frijol (factor B) de manera aleatoria con cuatro repeticiones por ambiente, generando un total de 48 sub-parcelas de una cama de dos hileras de frijol de 6m de longitud.

### **6.4. Obtención de datos para las variables de plantas evaluadas**

Para lograr los objetivos planteados en la presente investigación, se obtuvieron las siguientes variables:

Variables ambientales

- Reflectancia ( $W m^{-2}$ )
- Temperatura dentro del suelo ( $^{\circ}C$ )
- Temperatura sobre el suelo en el dosel vegetal ( $^{\circ}C$ )

Variables fenológicas

- Inicio y duración de etapas V1, V2, V3, V4, R5, R6, R7, R8, R9 medida en días después de la siembra (dds)

Variables agronómicas.

- Rendimiento de grano ( $t\ ha^{-1}$ )
- Peso de materia seca de planta ( $t\ ha^{-1}$ )
- Peso de 100 granos (g)
- Número de vainas en 10 plantas
- Número. de granos en 50 vainas

#### 6.4.1. Variables ambientales

**Reflectancia.** Para hacer la medición de la reflectancia se utilizó el Luxómetro *Steren* digital HER-410, con el cual se tomaron lecturas todos los lunes a las 10:00 am con el fotodiodo volteado hacia la película plástica, para medir la luminosidad que reflejaba el plástico desde la etapa V2 hasta R9. Las unidades con las que trabaja el luxómetro es el lux, por lo que para realizar posteriormente una comparación con los valores de radiación solar medida en  $W\ m^{-2}$  del equipo meteorológico portátil 2000 series *Wacht Dog*, se realizó una transformación de lux a  $W\ m^{-2}$  mediante la conversión de  $1\ lux = 4.02\ W\ m^{-2}$ , método sugerido por Barreto-Rodríguez *et al.*, 2015 y Torres y López (2010).

**Temperatura dentro del suelo y sobre el suelo o dosel.** Para registrar estas variables se usaron dos tipos de termómetros; para medir la temperatura del suelo se usó un termómetro digital marca Taylor 9841 que va desde los  $-40^{\circ}C$  a los  $260^{\circ}C$  con un pin de 10 cm, el cual fue enterrado en el suelo entre planta y planta. Para la toma de temperatura a nivel dosel de la planta se usó un termómetro de mercurio con escala de  $-10^{\circ}C$  hasta  $110^{\circ}C$  y se colocó entre las hojas de manera intermedia a media altura de la planta. Mediante el uso del equipo meteorológico portátil 2000 serie *Watch Dog* ubicado en un punto del ensayo, se tomaron lecturas como radiación solar, temperatura ambiental y humedad relativa de la parcela experimental.

#### 6.4.2. Método de registro de variables fenológicas

Se establecieron las etapas de desarrollo según fueron apareciendo las características indicadas en Fernández *et al.*, (1985) en cada una de las parcelas, de la siguiente manera:

- **Emergencia (V1)**, cuando los cotiledones de la planta aparecen al nivel del suelo, y el 50 % de la población esperada presenta esta característica. Se anotó la fecha en alcanzar la etapa y posteriormente se transformó a días después de la siembra.
- **Hojas primarias (V2)**, cuando el 50% presenta las hojas primarias de la planta están desplegadas.

- **Primera hoja trifoliada (V3)**, cuando el 50% de las plantas presentan la primera hoja trifoliada completamente abierta y plana.
- **Tercera hoja trifoliada (V4)**, cuando el 50% de las plantas presentan la tercera hoja trifoliada y se encuentra desplegada.
- **Se establece la etapa Prefloración R5**, cuando el primer botón o el primer racimo aparecen en el 50% de las plantas.
- **Floración (R6)**, cuando el 50% de las plantas presentan la primera flor abierta.
- **Formación de vainas (R7)** cuando el 50% de las plantas presentan la primera vaina con la corola de la flor colgada o desprendida:
- **Llenado de vainas (R8)** cuando el 50% de las plantas empiezan a llenar la primera vaina y comienza el crecimiento de las semillas, vistas por las suturas o de lado; las vainas presentan abultamientos que corresponden a las semillas en crecimiento.
- **Madurez fisiológica (R9)** cuando el 50% de las plantas inician la decoloración y secado de las vainas.

#### 6.4.3. Variables agronómicas

**Rendimiento de grano.** En madurez de cosecha, se extrajeron las plantas de cada sub-parcela, se etiquetaron, se secaron en un invernadero por 15 días antes de proceder a trillar. El grano se depositó en bolsas de papel estraza, se determinó la variable rendimiento de grano semilla estandarizando la humedad a 12 % mediante el equipo *STEINLITE SL 95* para registrar el peso del grano por parcela. Para medir los pesos se utilizó una balanza de precisión de la marca *Citizen*

**Peso de Materia seca** de plantas de frijol. En la etapa R7 (formación de vaina) se extrajeron dos plantas completas (hojas, tallo y raíz) de cada parcela y se colocaron en un invernadero durante 10 días para pre-secado; Posteriormente la planta se cortó en pequeños trozos y se colocó en una bolsa de estraza y se introdujo a la cámara de secado marca *Binder FD 23* a una temperatura de 40 °C por cuatro días.

**Peso de 100 granos.** Después de la cosecha se tomaron muestras de 100 semillas de cada tratamiento y se les registró su peso en una balanza de precisión de la marca *Citizen*.

*Número de vainas en 10 plantas.* Durante el secado de las plantas en el invernadero, se contó el número de vainas que había en 10 plantas de frijol de cada una de las 48 parcelas.

*Número de granos en 50 vainas.* Se cortaron y separaron 50 vainas por variedad y se contaron los frijoles existentes.

### **6.5 Análisis estadísticos**

Los datos recabados en campo y laboratorio se capturaron en el software Excel ® 2013 (Microsoft ®, 2012). Se realizaron análisis de los datos de cada una de las variables obtenidas, a través del proceso de análisis de varianza combinado para experimentos en serie o ambientes separados; para cada ambiente de acolchado (Factor A) se aplicó un análisis de varianza por bloques completos al azar, siguiendo el procedimiento indicado por De la Loma (1980); para los resultados con significancia estadística se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey.

Los análisis de varianza combinado a través de ambientes, se realizaron para ver la influencia de los acolchados de polietileno sobre las variedades del frijol (Factor B). Los procedimientos y resultados fueron calculados mediante el software Excel 7.0 (Microsoft, 1995).

## 7. RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos se presentan organizados de manera que se muestre el efecto del acolchado y sus diferentes colores sobre variables ambientales, su efecto en las etapas de desarrollo y su efecto en las variables agronómicas en las tres variedades de frijol utilizadas en el trabajo. Se describen para cada grupo de variables los resultados de los análisis de varianza (ANVA) individuales o combinados, considerando cada color de acolchado como un ambiente de producción. En los casos en que el ANVA detectó diferencias significativas entre tratamientos, se realizó la comparación de medias respectiva.

### 7.1. Variables ambientales

Se analizaron primeramente las variables ambientales de reflectancia, temperatura del suelo a 10 cm de profundidad y temperatura sobre el nivel del suelo en el dosel. El Cuadro 3 muestra los valores de probabilidad de cometer un Error Tipo I (P) obtenidos en los ANVA combinados para reflectancia total, temperatura del suelo a 10 cm de profundidad y temperatura del dosel, éstas últimas obtenidas como promedio de todo el ciclo del cultivo.

El análisis detectó deferencias altamente significativa en reflectancia para ambientes y significativas para variedades, no así para temperatura promedio del suelo a 10 cm de profundidad, ni para temperatura promedio del dosel;. Se esperaba un incremento en la temperatura del suelo en los sistemas de acolchado por la cobertura del plástico sobre la cama en relación al tratamiento testigo, como lo reporta Munguía *et al.*, (2004).

Cuadro 3. Valores de P de los análisis de varianza combinados para las variables ambientales reflectancia, temperatura del suelo y temperatura del dosel, considerando los registros promedio de cada variable durante el ciclo del cultivo.

Fuente de variación	GL	Reflectancia	Temperatura de suelo a 10 cm	Temperatura dosel
		P	P	P
Ambientes o acolchados	3	<b>0.0001**</b>	0.1684	0.5303
Reps/ Amb	12			
Variedades	2	<b>0.0429*</b>	0.1139	0.0665
Interacción acolchados vs variedades	6	0.8983	0.1060	0.3420
C.V. (%)		17.95	1.53	1.054
Error	24			
Total	47			

\*= Significativo al 0.05, \*\*= Altamente significativo al 0.01, NS= no significativo, (P ≤ 0.05)

### **7.1.1. Reflectancia en el ciclo de desarrollo del cultivo**

La radiación solar, aunque no fue una variable de estudio en el presente trabajo, se consideró de importancia ya que es la fuente de la reflectancia emitida por los tratamientos estudiados. La radiación solar se presentó muy variable durante todo el ciclo del cultivo con un valor de  $834.8 \pm 49.3 \text{ W m}^2$  (media  $\pm$  error estándar con  $n = 10$ ), muy probablemente por cambios en la nubosidad presente en la zona de estudio.

El análisis de varianza combinado para la variable reflectancia en el cultivo (Cuadro 3), muestra que hubo diferencias altamente significativas entre los colores de los distintos acolchados, al igual que entre variedades. Sin embargo, no detectó diferencias para interacción entre los acolchados y el material genético.

Los efectos simples de la reflectancia promedio de los tipos de acolchado (Cuadro 4), indican que el plástico blanco registró el mayor valor, seguido del color plata; el plástico negro mostró la misma reflectancia que el tratamiento testigo suelo desnudo. En el presente estudio el tratamiento del acolchado color blanco, superó al tratamiento con acolchado negro en 68% de la reflectancia.

El acolchado plástico impacta directamente en el microclima en el entorno de la planta debido a que modifica el balance de radiación reflejada por la superficie acolchada; es decir, el color del plástico determina en gran medida la magnitud de la reflectancia de la energía radiante (Lamont, 2005).

Kasperbauer (2000) concluyó que la luz roja a causa de la reflexión de los acolchados de color negro y rojo, inducen una mayor acumulación de fotosintatos (cualquier compuesto que es producto de la fotosíntesis, en especial azúcares) en los frutos, proceso que está determinado por la acción del fitocromo. Los resultados que obtuvieron Munguía-López *et al.*, 2011, sugieren que las características espectrales de la película de polietileno utilizada en el acolchado afectan significativamente el balance de radiación de onda corta y larga que incrementa la radiación neta sobre el cultivo, manifestándose en un mayor flujo de calor sensible en el acolchado plástico de color negro.

Cuadro 4. Comparación de los promedios de reflectancia entre tratamientos de acolchado.

<b>Tratamientos</b>	<b>Promedio Wm<sup>-2</sup></b>	<b>Comparación de promedios</b>
Blanco	28043.52	A
Plata	17876.94	B
Negro	9028.92	C
Testigo (suelo desnudo)	10572.60	C

Tratamientos con la misma literal en la columna son estadísticamente iguales entre sí. Tukey  $\alpha = 0.05$

La mayor reflectancia del acolchado blanco puede explicarse porque este color es el conjunto de todas las tonalidades de los colores y los colores como se sabe son diferentes ondas electromagnéticas, por lo que el acolchado blanco refleja todas esas longitudes de onda pues ya las tiene, mientras que el acolchado negro absorbe todas las longitudes de onda de luz, por lo que en nuestro resultado el acolchado negro es quien tiene el menor promedio de reflectancia, no así para el color del acolchado blanco, el cual registró el mayor promedio de reflectancia. Lo mismo ocurre con la reflectancia en suelo desnudo, con un valor de reflectancia igual al del acolchado negro

La Figura 2 muestra los valores promedio de reflectancia ( $W\ m^{-2}$ ) encontrados en cada uno de los tratamientos de acolchado durante los días julianos 135 al 199, período que abarcaron las etapas de desarrollo de las variedades de frijol desde V3 a R9. Se observa al inicio del experimento, los acolchados plata y blanco mostraron los valores más altos de reflectancia, mientras que negro y suelo desnudo tuvieron el mismo valor bajo. Una vez que las plantas mostraron mayor desarrollo foliar los valores de reflectancia fueron disminuyendo, llegando a valores muy cercanos al cero en los cuatro tratamientos de acolchado. Conforme avanzó el ciclo del cultivo, en las etapas finales se incrementó la reflectancia, aunque con valores aún bajos, pero con mayor variación entre los tratamientos, llegando a diferencias marcadas al final del experimento cuando se inició la senescencia y caída de las hojas en las variedades de frijol.

Los resultados de reflectancia en la presente investigación, son similares a lo reportado por Ibarra-Jiménez *et al.* (2012) quienes encontraron mayor porcentaje de reflectancia en los tratamientos de acolchado color blanco, aluminio y plata, seguidos del suelo desnudo y por último el acolchado color negro. Mencionan además que los colores afectan a la temperatura del dosel.

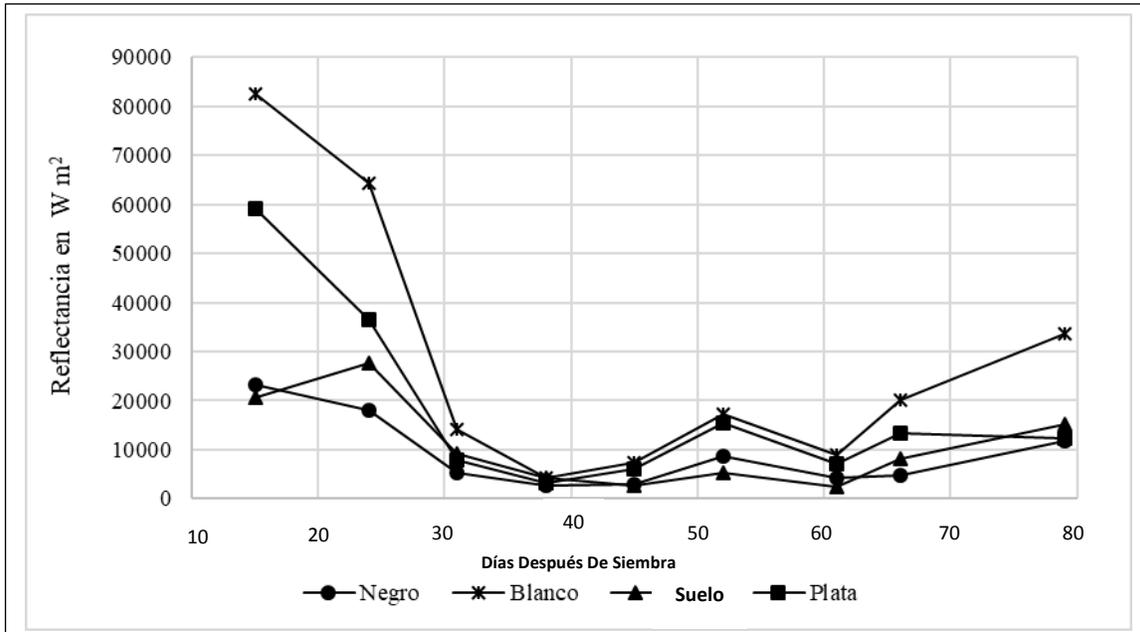


Figura 2. Valores de reflectancia registrados durante las fases de desarrollo de las variedades de frijol (V3 a R9) en los tratamientos de acolchado.

También en el trabajo de Munguía-López., *et al.*, (2011), los resultados sugieren que las características espectrales de la película de polietileno utilizada en el acolchado afectaron significativamente el balance de radiación de onda corta y larga, que incrementa la radiación neta sobre el cultivo.

Respecto al efecto de las diferentes variedades de frijol sobre la reflectancia se puede ver en el cuadro 5, no se observaron diferencias significativas ( $P=0.04$ ). puede notarse que en el análisis de varianza si se detecta diferencias significativas para esta variable, debido a que el análisis es para un estudio de análisis de varianza en ambientes separados mientras que en el análisis de Tukey no logró detectar estas diferencias; no obstante lo anterior, se puede apreciar una tendencia de reflectancia de menor a mayor entre variedades, en el orden de Azufrado Bolita (hábito determinado erecto), Mulato (hábito indeterminado erecto) y Azufrado Tapatío (hábito indeterminado postrado), ésta última variedad al ser de hábito postrado no permitió detectar adecuadamente la reflectancia y muy probablemente el valor indicado corresponde más a la reflectancia propia del color del acolchado, así mismo es importante mencionar que éstas variedades muestran una tendencia de producción de área foliar en el mismo orden de magnitud como lo menciona Lépez (2018, comunicación personal).

Cuadro 5. Valores de reflectancia ( $W\ m^2$ ) por variedad de frijol.

<b>Variedad</b>	<b>Reflectancia</b>	<b>Grupos</b>
Azufrado Bolita	15282.06	A
Mulato	16519.27	A
Azufrado Tapatío	17340.86	A

Tratamientos con la misma literal en la columna son estadísticamente iguales entre sí. Tukey  $\alpha = 0.05$

### 7.1.2. Temperatura dentro del suelo y dosel durante el ciclo del cultivo

El Cuadro 6 muestra los valores de P del análisis de varianza combinado para la variable temperatura del suelo en seis fechas durante el desarrollo del cultivo. Se observa que sólo para las dos primeras fechas del experimento se tuvieron diferencias significativas entre acolchados y sólo en la fecha inicial diferencias significativas entre variedades. El efecto de los tipos de acolchado sobre la temperatura del suelo en las dos primeras fechas, puede explicarse por el calentamiento mayor del suelo en los sistemas de acolchado en relación al suelo desnudo; este resultado es similar al de Cenobio-Pedro *et al.*, (2006), quienes aseveran que las temperaturas máximas y mínimas durante el ciclo vegetativo de sandía, fueron más elevadas en los tratamientos con acolchado plástico con respecto al tratamiento sin acolchar, lo que significó un mayor rendimiento de fruto y una mayor eficiencia productiva del agua.

Por lo que concierne al efecto de las variedades sobre la temperatura del suelo, sólo en la primera fecha se encontraron diferencias significativas, no así en las cinco fechas siguientes. El resultado significativo en la primera fecha es inesperado, pues las variedades aun mostraban poco desarrollo, por lo que se puede decir que no hubo efecto diferencial de ese factor, ya que como se dijo antes, las variedades no mostraron diferencias en producción de biomasa. No se encontraron interacciones significativas entre los tratamientos de acolchado al suelo y variedades.

Ibarra-Jiménez *et al.*, (2012), consignan que los tratamientos de acolchado del suelo mostraron diferencias en las temperaturas; no hubo diferencias entre los acolchados negro, aluminio y plata; al tratamiento suelo desnudo corresponde la media menor y diferente su media de los tres primeros tratamientos. Los resultados de Ibarra-Jiménez *et al.*, (2012) coinciden con los encontrados en las primeras fechas de la presente investigación.

Cuadro 6. Valores de P de los análisis de varianza combinado para la variable temperatura del suelo en seis fechas (día después de siembra dds), durante el desarrollo del cultivo.

		<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>Temperatura del suelo promedio</b>
		<b>28</b>	<b>32</b>	<b>39</b>	<b>46</b>	<b>53</b>	<b>82</b>	
<b>Fuente de variación</b>	<b>GL</b>	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>P</b>
<b>Ambientes o acolchados</b>	<b>3</b>	<b>0.0003**</b>	<b>0.0036**</b>	0.3173	0.6123	0.6606	0.5149	0.1684
<b>Reps/Amb</b>	<b>12</b>							
<b>Variedades</b>	<b>2</b>	<b>0.0373*</b>	0.2391	0.4727	0.0678	0.3104	0.5418	0.1139
<b>Interacción acolchado vs variedades</b>	<b>6</b>	0.1241	0.4480	0.5401	0.1614	0.4197	0.2134	0.1061
<b>C.V. (%)</b>		2.822	7.06	2.63	4.64	2.8	3.31	1.53
<b>Error</b>	<b>24</b>							
<b>Total</b>	<b>47</b>							

\*=Significativo al 0.05, \*\*=Altamente significativo al 0.01, NS= No Significativo

Cuadro 7. Valores de P de los análisis de varianza combinado para la variable temperatura de dosel en seis fechas (dds), durante el desarrollo del cultivo de frijol.

		<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>Temp.</b>
		<b>28</b>	<b>32</b>	<b>39</b>	<b>46</b>	<b>53</b>	<b>82</b>	<b>Dosel.</b>
<b>Fuente de variación</b>	<b>GL</b>	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>promedio</b>
								<b>P</b>
<b>Ambientes o acolchados</b>	<b>3</b>	0.9998	0.9564	<b>0.0014**</b>	0.0612	<b>0.0245*</b>	0.0589	0.5303
<b>Reps/loc</b>	<b>12</b>							
<b>Variedades</b>	<b>2</b>	0.5494	<b>0.0091**</b>	0.4806	<b>0.0453*</b>	<b>0.0132*</b>	0.8506	0.0665
<b>Interacción acolchado vs variedades</b>	<b>6</b>	0.2427	0.9815	0.6005	0.1458	0.3778	0.2208	0.3420
<b>C.V. (%)</b>		2.61	2.13	2.93	2.63	1.74	2.49	1.05
<b>Error</b>	<b>24</b>							
<b>Total</b>	<b>47</b>							

\*=Significativo al 0.05, \*\*=Altamente significativo al 0.01, NS= No Significativo

El Cuadro 7 muestra los resultados de los análisis de varianza combinado para la variable temperatura de dosel en seis fechas (días después de la siembra), durante el desarrollo del cultivo de frijol. Se detectaron diferencias en ambientes y variedades en las etapas intermedias del cultivo. El resultado se debe al efecto del mayor desarrollo y cobertura de las variedades de frijol en los muestreos intermedios. Las diferencias encontradas entre variedades, como se dijo antes, se puede explicar por la tendencia de las variedades de frijol utilizadas en producción de área foliar, de menor a mayor, en el orden de Azufrado Bolita (hábito determinado erecto), Mulato (hábito indeterminado erecto) y Azufrado Tapatío (hábito indeterminado postrado).

El Cuadro 8 muestra la comparación de promedios de los seis muestreos de temperatura del suelo y del dosel entre variedades. Los valores promedio no mostraron diferencias ni entre acolchados, ni entre variedades. No obstante, esto en los tipos de acolchado el valor de diferencia de temperatura del suelo a 10 cm entre la máxima en el tratamiento plata y la mínima en el tratamiento suelo desnudo, fue de 1.76 °C y para la temperatura del dosel medio, la diferencia entre máxima y mínima para los mismos tratamientos, plata y suelo desnudo, fue de 1.04°C. Estos resultados indican que el acolchado plata logra captar mayor radiación y como resultado de esto, se tiene un ligero incremento en la temperatura del suelo. Así mismo, el acolchado plata logra reflejara mayor radiación, como se indicó en el párrafo anterior lo que resulta también en un ligero incremento de la temperatura en el nivel medio del dosel. Por el contrario, el suelo desnudo absorbe menor radiación y conserva una menor temperatura dentro del suelo y emite o refleja menor radiación y por tanto menor temperatura del dosel.

Cuadro 8. Comparación de promedios en el ciclo del cultivo entre la temperatura (°C), del suelo y del dosel entre variedades.

Tratamientos	Temperatura a 10 cm dentro del suelo		Temperatura dosel	
	Promedio	Comparación de promedios	Promedio	Comparación de promedios
Plata	24.860	A	23.697	A
Negro	24.014	A	23.304	A
Blanco	23.757	A	23.168	A
Suelo	23.104	A	22.659	A

Tratamientos con la misma literal en la columna son iguales entre sí.

El Cuadro 9 muestra los valores de correlación significativos entre los tipos de acolchado y los valores de reflectancia, temperatura del suelo y temperatura del dosel. En reflectancia, el acolchado negro y suelo desnudo mostraron correlación negativa, en tanto que en el

acolchado blanco la correlación fue positiva. Estos valores de correlación están en concordancia con lo ya discutido, en el sentido de que el plástico negro y suelo desnudo mostraron una menor reflectancia. En temperatura del suelo, hubo correlación positiva con el acolchado blanco y negativa con suelo desnudo, resultado que apoya la aseveración de que los sistemas de acolchado elevan la temperatura del suelo. Los valores de correlación del Cuadro 9, muestran claramente que el suelo desnudo está asociado a una menor reflectancia, menor temperatura del suelo y del dosel vegetal, efectos ambientales que pueden explicar su menor rendimiento biológico, como lo asienta la literatura.

Cuadro 9. Valores significativos de Correlación de Pearson de las tres variables ambientales con los tratamientos de acolchado.

<b>Acolchado</b>	<b>Reflectancia</b>	<b>Temp. Suelo</b>	<b>Temp. Dosel</b>
Negro	-0.4852 (0.0005)		
Blanco	0.7697 (<0.0001)		
Plata		0.4646 (0.0009)	
Suelo	-0.3833 (0.0072)	-0.4161 (0.0033)	-0.3440 (0.0167)

(Valor de significancia entre paréntesis).

## 7.2. Variables fenológicas

El análisis de varianza combinado encontró diferencias significativas entre los tipos de acolchado sobre el número de días en que el frijol alcanzó las etapas de desarrollo V1, V3, V4, R8 y R9 (Cuadro 10). Así mismo, muestra que hubo diferencias significativas entre variedades en el número de días en que estas alcanzaron cada una de las nueve etapas fenológicas. La información obtenida indica que la variedad Mulato fue la primera en alcanzar sus etapas de desarrollo y que Azufrado Tapatío fue la más tardía. La duración del ciclo vegetativo de las variedades utilizadas, concuerda con lo observado en las evaluaciones agronómicas realizadas en campo (Lépiz-Ildefonso *et al.*, 2016), por sus características genéticas propias de cada variedad.

Por su parte la Figura 3 muestra de manera gráfica la duración en número de días promedio en que las variedades de frijol alcanzaron cada una de las etapas de desarrollo, en cada uno de los tipos de acolchado. Se aprecian diferencias en número de días especialmente en llegar a las etapas de prefloración (R5) y de madurez fisiológica (R9).

Aunque las temperaturas del suelo en los cuatro tratamientos de acolchado no mostraron diferencias significativas, se observa un efecto del acolchado negro que incrementó la duración del ciclo de cultivo tal como lo indican Ramos *et al.* (2009).

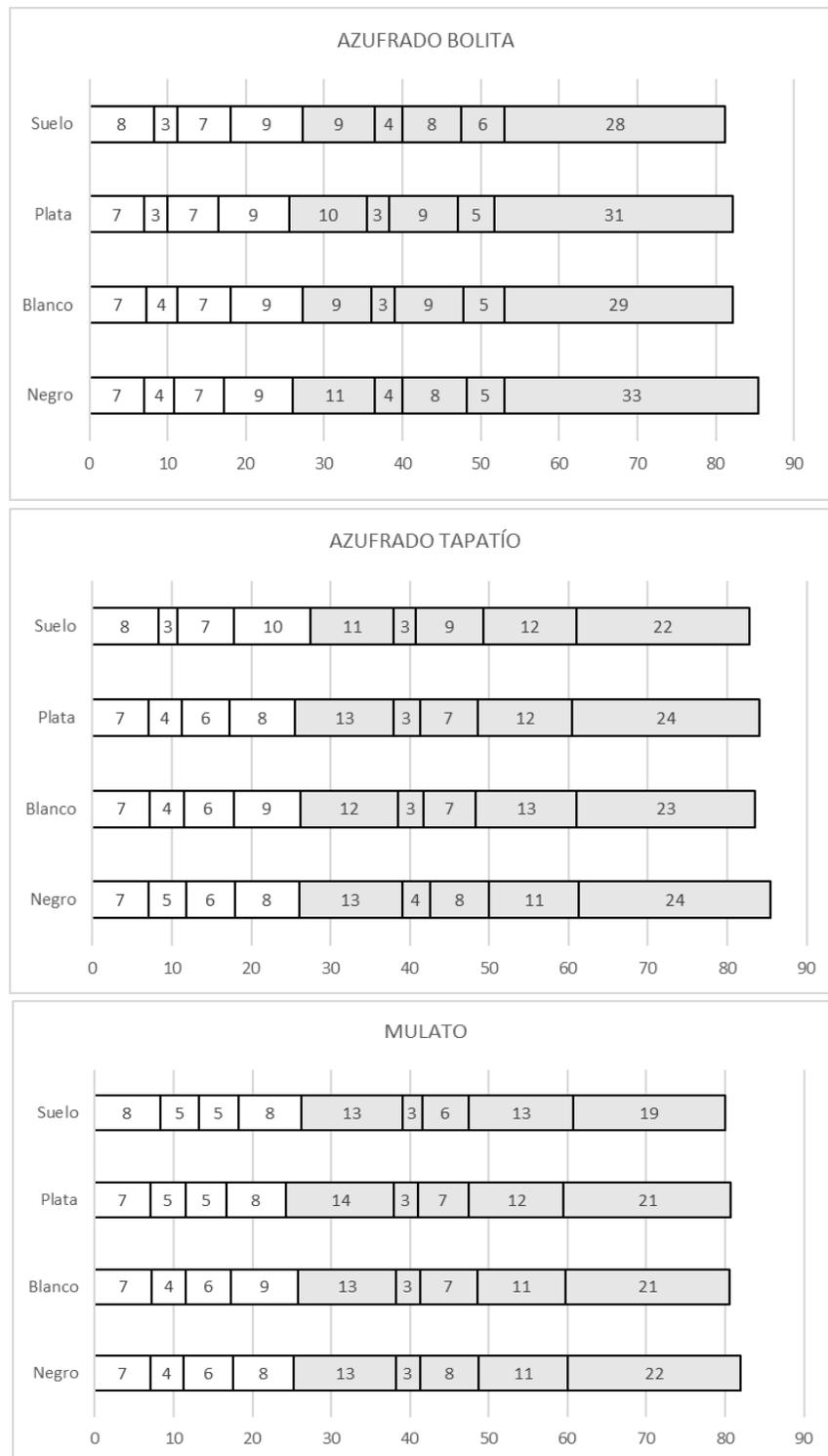


Figura 3. Duración en número de días promedio de las etapas de desarrollo (V1 primer espacio a R9 último espacio), de las tres variedades de frijol, en los cuatro tipos de acolchado.

Cuadro 10. Valores de P en los análisis de varianza combinados para las variables fenológicas de las etapas de desarrollo, medidas en días después de la siembra, para acolchados y variedades de frijol.

<b>Fuente de variación</b>	<b>GL</b>	<b>V1</b> P	<b>V2</b> P	<b>V3</b> P	<b>V4</b> P	<b>R5</b> P	<b>R6</b> P	<b>R7</b> P	<b>R8</b> P	<b>R9</b> P
<b>Ambientes o acolchados</b>	3	<b>0.0006**</b>	0.1299	<b>0.0008**</b>	<b>0.0000**</b>	0.2196	0.0942	0.1304	<b>0.0037**</b>	<b>0.0022**</b>
<b>Reps/loc</b>	12									
<b>Variedades</b>	2	<b>0.0001**</b>	<b>0.0020**</b>	<b>0.0000**</b>	<b>0.0149*</b>	<b>0.0000**</b>	<b>0.0013**</b>	<b>0.0332*</b>	<b>0.0000**</b>	<b>0.0490*</b>
<b>Interacción acolchada vs variedades</b>	6	0.6320	0.3432	0.8416	0.6358	0.1231	<b>0.0026**</b>	<b>0.0216*</b>	0.8210	0.4007
<b>C.V. (%)</b>		7.41	8.93	2.84	3.02	1.36	1.33	1.34	1.08	1.45
<b>Error</b>	24									
<b>Total</b>	47									

\*Significativo al 0.05, \*\*=Altamente significativo al 0.01, NS= No Significativo, ( $P \leq 0.05$ )

En concordancia con lo observado en la Figura 3, en la comparación de medias para ver el efecto del acolchado sobre los días a madurez fisiológica, se observa que las plantas de frijol que se desarrollaron en el acolchado negro fueron las que tardaron más para entrar a la última etapa fenológica de madurez fisiológica (R9). Cuadro 11.

Cuadro 11. Comparación de promedios de los días en que las variedades de frijol alcanzaron la madurez fisiológica entre acolchados.

<b>Tratamientos</b>	<b>Duración a R9 (dds)</b>	
	<b>Promedios</b>	<b>Agrupado</b>
Negro	84.250	A
Blanco	82.417	B
Plata	82.333	B
Suelo	81.417	B

Tratamientos con la misma literal en la columna son iguales entre Tukey ( $P, \leq 0.05$ )

No obstante que el ANVA detectó diferencias significativas entre variedades a madurez fisiológica, la prueba de Tukey (0.05) no encontró diferencias significativas entre las medias de duración en días para llegar a la etapa de madurez fisiológica; la contradicción podrá explicarse por el valor de P de **0.0490**, para esta variable. Cuadro 12.

Cuadro 12. Comparación de promedios de los días en que las variedades de frijol alcanzaron la madurez fisiológica.

<b>Tratamientos</b>	<b>Duración a R9 (dds)</b>	
	<b>Promedios</b>	<b>Agrupado</b>
Tapatío	83.188	A
Bolita	82.813	A
Mulato	81.813	A

Tratamientos con la misma literal en la columna son iguales entre sí, Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

### 7.3. Variables agronómicas

Se encontraron diferencias significativas entre ambientes para rendimiento de grano, peso de materia seca y peso de 100 semillas y entre variedades para las cinco variables evaluadas excepto peso de materia seca. (Cuadro 13). No se detectaron diferencias significativas para la interacción ambientes vs. variedades.

Cuadro 13. Valores de P en los análisis de varianza combinados para las variables agronómicas estudiadas.

		<b>Rend. de grano</b>	<b>Materia seca</b>	<b>Peso de 100 semillas</b>	<b>No. vainas en 10 plantas</b>	<b>No. de semillas 50 vainas</b>
<b>Fuente de variación</b>	<b>GL</b>	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>P</b>
<b>Ambientes (acolchados)</b>	3	<b>0.0274*</b>	<b>0.0051**</b>	<b>0.0028**</b>	0.1698	0.0667
<b>Reps/loc.</b>	12					
<b>Variedades</b>	2	<b>0.0229*</b>	0.171	<b>0.00006**</b>	<b>0.0378*</b>	<b>0.00002**</b>
<b>Interacción acolchado vs variedades</b>	6	0.6087	0.2786	0.1528	0.1728	0.1336
<b>C.V. (%)</b>		17.06	35.97	5.09	17.96	4.92
<b>Error</b>	24					
<b>Total</b>	47					

\*=Significativo al 0.05, \*\*=Altamente significativo al 0.01

### 7.3.1. Rendimiento de grano

Los acolchados plásticos incidieron positivamente en el rendimiento de grano; los tres acolchados plásticos fueron mejores en esta variable, en relación al tratamiento testigo sin acolchado (Cuadro 14). Se observa que el uso del acolchado de cualquiera de los colores estudiados en este trabajo, tiene un efecto positivo en el rendimiento. El rendimiento de grano se incrementó hasta en 42 % con el acolchado blanco, aumento equivalente a 920 kg/ha; 33.8% de incremento con el acolchado plata y 29% de incremento con el acolchado negro, con respecto al tratamiento de suelo desnudo. Aunque los rendimientos de frijol para los tres acolchados resultaron estadísticamente iguales, se observa que el acolchado negro mostró el menor incremento numérico en rendimiento de grano.

Los resultados obtenidos concuerdan con Ibarra-Jiménez *et al*, (2012), quienes observaron que el rendimiento del frijol en la primera temporada del cultivo, fue mayor en los tratamientos con plástico que el suelo desnudo.

Cenobio-Pedro *et al.*, (2006), en su trabajo de sandía con varios colores de acolchado y el suelo desnudo como testigo, tuvieron diferencias significativas para la variable rendimiento. El resultado del análisis de comparación de medias indicó que los colores del acolchado plástico fueron estadísticamente iguales entre sí y diferentes a los tratamientos sin acolchado plástico, resultados similares a los obtenidos en la presente investigación.

Cuadro 14. Comparación de promedios para rendimiento de grano entre acolchado.

Tratamientos	Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )	
	Promedios	Agrupado
Blanco	3.110	A
Plata	2.932	A
Negro	2.833	A
Suelo	2.190	B

Tratamientos con la misma literal en la columna son iguales entre sí, Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

En la Figura 4 se observa que el acolchado blanco resultó con los mayores valores de rendimiento para las tres variedades estudiadas. Por el contrario, el suelo desnudo presentó los menores valores para esta variable en las tres variedades de frijol. La variedad Mulato, muestra grandes diferencias en rendimiento entre los acolchados plata y blanco con respecto al color negro y suelo desnudo. A pesar de que no se detectaron interacciones, la variedad Mulato sí se vio afectada por el tratamiento de acolchado.

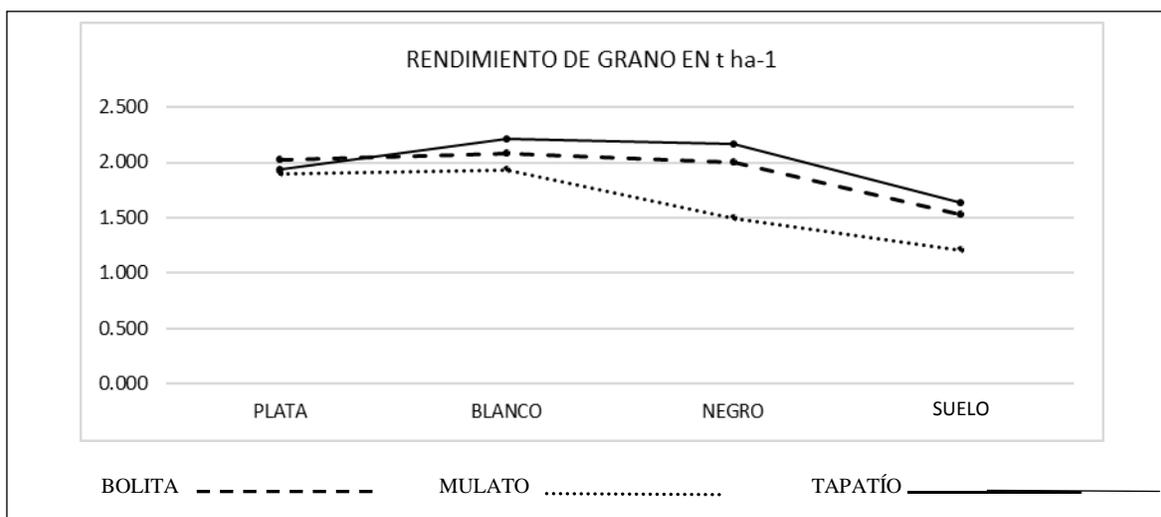


Figura 4. Gráfica de medias para la variable rendimiento de grano en t ha<sup>-1</sup>, por tratamiento de acolchado y variedad estudiada.

El Cuadro 15 muestra la comparación de promedios entre variedades para la variable rendimiento. De acuerdo con los análisis practicados, la variedad Azufrado Tapatío de mayor rendimiento, fue estadísticamente igual a Azufrado Bolita y superior a la variedad Mulato. La variedad Mulato mostró la menor producción de grano, aunque estadísticamente fue igual a Azufrado Bolita. Los resultados de las variedades en rendimiento de grano, son consistentes con lo encontrado en los estudios de evaluación de variedades de frijol por el proyecto de frijol del CUCBA-UDG (Lépiz 2017, comunicación personal).

Cuadro 15. Comparación de los promedios para rendimiento de grano entre variedades.

Tratamientos	Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )	
	Promedios	Agrupado
A. Tapatío	2.988	A
A. Bolita	2.864	A B
Mulato	2.448	B

Tratamientos con la misma literal en la columna son iguales entre sí, Tukey (P, ≤ 0.05)

Trabajos en otros cultivos con resultados similares al presente estudio, son los reportados en jitomate por Inzunza-Ibarra *et al.* (2017), quienes informan que los rendimientos se incrementaron significativamente en 44.9 % con el acolchado color plata y 33.3 % con el

color negro, comparado con el tratamiento sin acolchado. No hubo diferencias entre colores de acolchado, por lo que el uso de un determinado color quedará sujeto, entre otros factores, al precio de los mismos. Señalan como dato adicional, que el acolchado plástico propició condiciones de humedad favorables en el suelo al obtener 52 % más de fruto al irrigarse sólo con 46 cm de agua en comparación con los tratamientos sin acolchar y aplicaciones de 56 cm.

Por su parte Calderón *et al.* (2013), compararon el efecto de tres materiales de acolchado (cascarilla de arroz, plástico negro y plástico plateado/negro) sobre el crecimiento, rendimiento y la calidad de la fruta de fresa; encontraron que el tipo de material empleado para el acolchado influyó significativamente en la producción de frutos. Reportan que el plástico plateado/negro fue superior en el peso de fruto cosechado.

### 7.3.2 Materia seca

La comparación de promedios para la variable materia seca por acolchado se muestra en el Cuadro 16. Según la prueba de Tukey, los acolchados plásticos fueron estadísticamente iguales entre sí y solo el plástico negro fue superior al suelo desnudo, tratamiento que registró el menor valor entre ellos. El tratamiento con acolchado negro superó estadísticamente al tratamiento testigo sin acolchado en 44%. Estos resultados pueden deberse a que la mayor duración en el ciclo del cultivo en acolchado negro, permitió mayor tiempo de fotosíntesis y por tanto incremento en la materia seca, según lo consignado por White e Izquierdo (1999) citados por Lépiz *et al.* (2015). El peso de la materia seca en acolchado negro fue de 131.147 t ha<sup>-1</sup> y de 73.737 t ha<sup>-1</sup> para suelo desnudo.

Cuadro 16. Comparación de promedios para la variable producción de materia seca entre acolchados.

Tratamientos	Materia seca t ha <sup>-1</sup>	
	Promedios	Agrupado
Negro	131.147	A
Blanco	116.650	A B
Plata	92.325	A B
Suelo desnudo	73.737	B

Tratamientos con la misma literal en la columna son iguales entre sí, Tukey ( $P \leq 0.05$ )

### 7.3.3. Peso de 100 semillas

Como se indicó previamente, en esta variable se encontraron diferencias significativas entre acolchados y entre variedades. Los acolchados produjeron semillas de mayor peso que el

tratamiento testigo (Cuadro 17); los tratamientos de acolchados negro, blanco y plata superaron al suelo desnudo en 8.29%, 7.95% y 7.08% respectivamente. Esto significa que el ambiente de los acolchados es favorable para producir semillas de mayor peso, así como lo fue para incrementar el rendimiento de grano (Cuadro 14).

Cuadro 17. Comparación de promedios para la variable peso en 100 semillas

<b>Tratamientos</b>	<b>Peso de 100 semillas en g</b>	
	<b>Promedios</b>	<b>Agrupado</b>
Blanco	32.0083	A
Negro	32.1083	A
Plata	31.75	A
Suelo desnudo	29.65	B

Tratamientos con la misma literal en la columna son iguales entre sí, Tukey ( $P, \leq 0.05$ )

En lo que respecta a la variable peso de 100 semillas entre variedades, el Cuadro 18 muestra las diferencias encontradas. La variedad Azufrado Bolita tuvo el mayor peso seguido de Azufrado Tapatío y por último la variedad de frijol denominada Mulato. Las diferencias en tamaño de semilla responden a los genotipos de frijol, es decir, se deben principalmente a un efecto genético, más que a un efecto ambiental.

Cuadro 18. Comparación de promedios para la variable peso de 100 semillas entre variedades.

<b>Variedad</b>	<b>Peso 100 granos g</b>	
	<b>Promedios</b>	<b>Agrupado</b>
A. Bolita	35.375	A
A. Tapatío	32.15	B
Mulato	26.6125	C

Tratamientos con la misma literal en la columna son iguales entre Tukey ( $P \leq 0.05$ )

#### 7.3.4. Número de vainas en 10 plantas

No obstante que al ANVA no encontró diferencias significativas para la variable vainas en 10 plantas, se aprecia una clara tendencia de mayor a menor en los acolchados blanco, negro, plata y suelo desnudo, con una diferencia de 7.38 vainas entre el acolchado blanco y el suelo desnudo (Cuadro 19). El resultado está en concordancia con lo observado en rendimiento de grano para los tipos de acolchado, puesto que la variable vaina por planta es un componente importante del rendimiento de grano en frijol (Lépiz, 2017; comunicación personal).

Los resultados reportados por Ossom y Matsenjwa en el 2007, en la variable número de vainas por planta entre tratamientos de acolchado en el cultivo de frijol, fueron similares a lo encontrado en la presente investigación: no hubo diferencias significativas entre tipos de acolchado. En el estudio realizado por Ibarra-Jiménez *et al.*, (2012), la variable número de vainas por planta fue igual entre acolchados y el acolchado color plata tuvo un mayor promedio en comparación del suelo desnudo.

Cuadro 19. Comparación de promedios para la variable número de vainas entre tratamientos de acolchado.

<b>Tratamientos</b>	<b>Promedio de Vainas en 10 plantas</b>	
	<b>Promedios</b>	<b>Agrupado</b>
Blanco	31.73	A
Negro	30.37	A
Plata	26.26	A
Suelo desnudo	23.95	A

Tratamientos con la misma literal en la columna son iguales entre sí, Tukey ( $P \leq 0.05$ )

El Cuadro 20 muestra la comparación de los promedios para número de vainas en 10 plantas entre variedades. Mulato fue superior a Azufrado Tapatío e igual a Azufrado Bolita. La variable, vainas por planta es una característica genética propia de la variedad.

Cuadro 20. Comparación de los promedios para número de vainas en 10 plantas entre variedades.

<b>Variedad</b>	<b>Promedio de Vainas en 10 plantas</b>	
	<b>Promedios</b>	<b>Agrupado</b>
Mulato	32.647	A
A. Bolita	26.103	A B
A. Tapatío	25.5	B

Tratamientos con la misma literal en la columna son iguales entre sí, Tukey ( $P \leq 0.05$ )

### 7.3.5. Numero de semillas en 50 vainas

No se detectaron diferencia en la variable semillas en 50 vainas entre acolchados (Cuadro 21) y sí entre las variedades evaluadas. (Cuadro 22).

Cuadro 21. Comparación de los promedios del número de semillas de frijol en 50 vainas entre tratamientos de acolchado.

<b>Tratamientos</b>	<b>Número de semillas en 50 vainas entre acolchados</b>	
	<b>Promedios</b>	<b>Agrupado</b>
Blanco	293.5	A
Negro	291.917	A
Plata	297.917	A
Suelo desnudo	281.167	A

Tratamientos con la misma literal en la columna son iguales entre sí, Tukey ( $P, \leq 0.05$ )

En número de semillas en 50 vainas, Azufrado Tapatío y Mulato fueron iguales entre sí y superiores a Azufrado Bolita. Estas diferencias pueden ser debidas a las características genéticas de cada variedad.

Cuadro 22. Comparación de promedios del número de semillas en 50 vainas entre variedades.

<b>Variedad</b>	<b>Número de semillas en 50 vainas entre variedades</b>	
	<b>Promedios</b>	<b>Agrupado</b>
Mulato	325.563	A
A. Tapatío	312.625	A
A. Bolita	235.188	B

Tratamientos con la misma literal en la columna son iguales entre sí, Agrupando información usando método de Tukey ( $P \leq 0.05$ )

## 8. CONCLUSIONES

Las conclusiones para las variables ambientales, con respecto a los resultados de la reflectancia, se comprueba que los tratamientos de acolchado blanco y plata tienen mayor valor para esta variable, en cambio el acolchado negro resultó igual al suelo desnudo con los menores valores de reflectancia. Los tratamientos de acolchado varían sus efectos sobre la temperatura a 10 cm dentro del suelo y de dosel para diferentes fechas en el año. Hay una correlación significativa positiva entre reflectancia y acolchado blanco, y negativa entre reflectancia y acolchado negro y suelo desnudo, La temperatura a 10 cm del suelo se incrementó con el acolchado plata y disminuyó en suelo desnudo. La temperatura del dosel sólo mostró correlación significativa negativa para suelo desnudo.

Para las variables fenológicas se concluye que el uso de acolchado plástico de diferente color, tuvo efectos en la duración de las etapas fenológicas. El acolchado negro resultó con los mayores efectos ya que para las tres variedades de frijol, mostró las mayores duraciones para llegar a la madurez fisiológica, siendo la variedad Bolita la de mayor duración y la variedad Mulato la que se vio más afectada ya que este acolchado negro acortó la duración. Por otra parte, el suelo desnudo resultó con la menor duración para madurez fisiológica.

En las variables agronomías se concluye que el rendimiento de grano de frijol muestra incremento con el uso de cualquiera de los colores de acolchado en comparación al testigo con suelo desnudo. Respecto a las variedades de frijol estudiadas, la variedad Mulato resultó con los menores valores de rendimiento. Así mismo el peso de 100 semillas se incrementó por el uso del acolchado plástico y varía entre variedades de frijol debido a las características genéticas de cada tipo de frijol. El acolchado plástico no tuvo efectos sobre el número de vainas en 10 plantas ni sobre el número de semillas en 50 vainas.

La variedad Azufrado Tapatío tiene mayor rendimiento por hectárea cuando se utiliza acolchado de cualquiera de los colores aquí analizados, concluyendo que el Azufrado Tapatío se adapta mejor al acolchado ya que da mejores rendimientos por hectárea, no así el Mulato.

## 9. LITERATURA CITADA

Ángeles, N.J.G. y Cruz-Acosta, T. 2015. Aislamiento, caracterización molecular y evaluación de cepas fijadoras de nitrógeno en la promoción del crecimiento de frijol. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* Vol.6(5): 929-942.

En línea:

<http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v6n5/v6n5a2.pdf>

Consultado el: 10 de diciembre de 2017.

Barreto-Rodríguez J., Quintero-Arias G, Fabio Acuña J. 2015. Incidencia de la calidad de la luz en las variables fisiológicas de crecimiento de lechuga (*Lactuca sativa L.*) variedad Lollo Rosso producida bajo invernadero en trópico alto. XX Congreso Internacional de Plásticos en la Agricultura y XV Congreso Iberoamericano para el Desarrollo y Aplicación de los Plásticos en la Agricultura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México. En línea.

[http://www.plastiques-agricoles.com/wp-content/uploads/2016/06/Invernaderos\\_06.pdf](http://www.plastiques-agricoles.com/wp-content/uploads/2016/06/Invernaderos_06.pdf)

Consultado el 3 de diciembre de 2017

Benavides-Mendoza, A., De León-Ramírez, A.G., Facio-Castro, M.E., Zamarripa-Leyva, J., Robledo-Torres, V., Ramírez-Rodríguez, H., Hernández-Dávila, J. y Arias, G. 2002. Estudio Espectro Radiométrico de Diferentes Materiales Plásticos para Acolchado. *AGROFAZ* 2(1):36-44. México.

Bitocchi E., Bellucci E., Giardini A., Rau D., Rodriguez M., Biagetti E., Santilocchi R., Spagnoletti P., Gioia T, Logozzo G., Attene G., Nanni L., Papa R. 2012. Molecular Analysis of the Parallel Domestication of the Common Bean (*Phaseolus vulgaris*) in Mesoamerica and The Andes. *New Phytologist* 197: 300-323.

En línea:

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1469-8137.2012.04377.x/epdf>

Consultado el: 10 de diciembre de 2017.

Bouchet, E., Freyre, C., Bouzo, C. A. and Pilatti, R. A. 2002. Relación entre la Transmitancia de la Radiación Fotosintéticamente Activa de una Cubierta. *Revista FAVE - Ciencias Agrarias. FAVE Sección Ciencias Agrarias*, 1(2), 7-13.

En línea:

<https://doi.org/10.14409/fa.v1i2.63>

<http://www.bibliotecavirtual.unl.edu.ar/ojs/index.php/FAVEAgrarias/article/view/63/74>

Consultado el: 10 de diciembre de 2017.

Calderón, L. A., Angulo, D. C., Rodríguez, D., Grijalba, C. M. y Pérez, M. M. 2013. Evaluación de Materiales para el Acolchado de la Fresa Cultivada Bajo Invernadero. Universidad Militar Nueva Granada 9(1): 8-19.

En línea:

<https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rfcb/article/view/352/144>

Consultado el: 10 de diciembre de 2017.

Cánovas, A. 1993. Tratado de Agricultura Ecológica. Instituto de Estudios Almerienses. España. ISBN 84-8108-021-7. 190 p

Casierra-Posada, F., Peña-Olmos, J. E. y Vargas-Martínez, A. F. 2011. Propiedades Físicoquímicas de Fresas (*Fragaria sp*) Cultivadas, Bajo Filtros Foselectivos. Revista Facultad Nacional de Agronomía – Medellín. Vol. 64 (2): 6221-6228. Colombia.

En línea:

<http://www.redalyc.org/html/1799/179922664019/>

Consultado el: 10 de diciembre de 2017.

Cenobio-Pedro, G., Inzunza-Ibarra, M. A., Mendoza-Moreno, S. F., Sánchez-Cohen, I. y Román-López, A. 2006. Acolchado Plástico de Color en Sandía con Riego por Goteo. Terra Latinoamericana, 24(4): 515-520.

En línea:

<http://www.redalyc.org/pdf/573/57324409.pdf>

Consultado el: 10 de diciembre de 2017.

Decoteau, D. R., Kasperbauer, M. J., and Hunt, P. G. 1989. Mulch Surface Color Affects Yield of Freshmarket Tomatoes. Amer. Soc. Hor. Sci. 114:216-219.

En línea:

[http://www.personal.psu.edu/drd10/Site/Publications\\_files/MulchColorTomatoYield.pdf](http://www.personal.psu.edu/drd10/Site/Publications_files/MulchColorTomatoYield.pdf)

Consulta: 4 de febrero de 2016.

De La Loma J.L. 1980. Experimentación Agrícola. Unión Tipográfica Editorial Hispano Americana. México. 493 p.

Delgado, A. 2012. Frijoles silvestres mexicanos. La jornada del campo. Número 61.

En línea <http://www.jornada.unam.mx/2012/10/20/cam-frijoles.html>

Consulta: 4 de febrero de 2016.

Díaz, A., Bárcena, J. A., Fernández, E., Galván, A., Jorrín, J., Peinado, J., Meléndez-Valdés, F.T. y Túnez, I. 2005. Espectrofotometría: Espectros de Absorción y Cuantificación Colorimétrica de Biomoléculas. Universidad de Córdoba. Proyecto de

Innovación y Mejora de la Calidad Docente. VI Convocatoria (2004-2005) – Universidad de Córdoba. Revista electrónica. Artículo 8.

En línea:

[https://www.uco.es/dptos/bioquimica-biol-mol/pdfs/08\\_ESPECTROFOTOMETRIA.pdf](https://www.uco.es/dptos/bioquimica-biol-mol/pdfs/08_ESPECTROFOTOMETRIA.pdf)

Consultado 3 diciembre del 2017

Díaz-Pérez, J.C. 2010. Bell Pepper (*Capsicum annum L.*) Grown on Plastic Film Mulches: Effects on Crop *Microenvironment, Physiological Attributes, And Fruit Yield*. Hort. Science 45(8):1196-1204

En línea:

<http://hortsci.ashspublications.org/content/45/8/1196.full.pdf+html>

Consultado 17 diciembre del 2017

Esqueda, V.M. y Zenteno, Z.M. 1991. Efecto del Acolchado con Polietileno Sobre Microflora Asociada a un Cultivo dDe Frijol. Anales del Instituto de Biología. Serie Botánica Vol. 61 No. 1: 11-19. México.

FAO 2016. FAOSTAT. FAO Statistics Division 2016

<http://www.fao.org/faostat/en/#home>

Consultado 17 diciembre del 2017

FAO 2014. *Food Outlook Biannual Report on Global Food Markets*. FAO May 2014.

<http://www.fao.org/3/a-i4136e.pdf>

Consultado 17 diciembre del 2017

Fernández, F., Gepts, P. y López, M. 1985. Etapas de desarrollo en la planta de frijol. Compilado por López M, Fernández F y Schoonhoven A. (eds). Frijol: investigación y producción. PNUD. CIAT. pp 61-78.

FIRA (Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura 2015. Frijol 2015

[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/61950/Panorama\\_Agroalimentario\\_Frijol\\_2015.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/61950/Panorama_Agroalimentario_Frijol_2015.pdf)

Consultado 17 diciembre del 2017

FIRA (Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura) 2016. Panorama Agroalimentario. Frijol 2016.

En línea:

[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200638/Panorama\\_Agroalimentario\\_Frijol\\_2016.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200638/Panorama_Agroalimentario_Frijol_2016.pdf)

Consultado 3 diciembre del 2017

Freytag, G.F. y D.G. Debouck. 2002. Taxonomy, distribution, and ecology of the genus *Phaseolus* (Leguminosae–Papilionoideae) in North America, Mexico and Central America. Texas: Botanical Research Institute of Texas, Ft. Worth. BRIT.

Gálvez, A. y Salinas, G. (2015). El papel del frijol en la salud nutrimental de la población mexicana. *Revista digital universitaria (RDU)*. 16(2): 2-11.  
<http://www.revista.unam.mx/vol.16/num2/art12/art12.pdf>  
Consultado 12 diciembre de 2017

Gaucín, S. D. y Torres, E. 2012. Panorama Agroalimentaria. Frijol 2011/2012. FIRA.  
<file:///C:/Users/Bimarena/Downloads/Panorama%20Agroalimentario%20Frijol%202011-12.pdf>  
Consultado 12 diciembre de 2017

Gepts, P. y Debouck, D.G. (1991). Origin, domestication, and evolution of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Schoonhoven A.V. y Voysest O. (Eds.) *Common beans: Research for crop improvement*, Wallingford, Oxon, UK: CIAT-C.A.B. International, pp. 7-53.

Hernández, J., I. Escobar y N. Castilla. 2001. La radiación solar en invernaderos mediterráneos. *Horticultura Global: Revista de Industria, Distribución y Socioeconomía Hortícola* 157: 18-27.  
En línea:  
<http://www.horticom.com/pd/imagenes/51/075/51075.pdf>  
Consultado 12 enero 2017

Hernández-López, V., Vargas-Vázquez, M.L.P., Muruaga-Martínez, J., Hernández-Delgado, S. y Mayek-Pérez, N. 2013. Origen, domesticación y diversificación del frijol común: avances y perspectivas. *Rev. Fitotec. Mex.* 36(2): 95-104.  
En línea:  
<http://scielo.unam.mx/pdf/rfm/v36n2/v36n2a2.pdf>  
Consultado 12 enero 2017

Ibarra, D., Ruiz J. A., González, D. R. y Flores J. G. 2008. Clasificación espacial de la textura de los suelos agrícolas de Zapopan Jalisco. Universidad de Guadalajara-CUCBA-Departamento de Ciencias Ambientales.  
[http://www.floradejalisco.cucba.udg.mx/sites/default/files/publicaciones1/avances/avances\\_2008/Agronomia/ProduccionAgricola\(pp%201-86\)/IbarraCastilloDaniel/37-48.pdf](http://www.floradejalisco.cucba.udg.mx/sites/default/files/publicaciones1/avances/avances_2008/Agronomia/ProduccionAgricola(pp%201-86)/IbarraCastilloDaniel/37-48.pdf)  
Consultado 12 enero 2017.

Ibarra Jiménez, L. y Rodríguez A. 1997. Acolchado de Suelos con Películas Plásticas. Editorial Limusa, México.

Ibarra-Jiménez, L., Valdez-Aguilar L.A., Cárdenas-Flores, A., Lira-Saldivar, H., Lozano-del-Rio, J. y Lozano Cavazos C. 2012. Influence of double cropping on growth and yield of dry beans with colored plastic mulches. Chilean Journal of Agricultural Research.75: 470 – 475.

En línea:

<https://search.proquest.com/openview/3ee143d2f784c84ff7c642ebb714148b/1?pq-origsite=gscholar&cbl=986347>

Consultado el 21 de septiembre del 2016

Inzunza-Ibarra M.A., Catalán-Valencia, E.A., Villa-Castorena M., López-López, R. y Sifuentes-Ibarra E. (2017). Respuesta del tomate a tipos de acolchado plástico y niveles de riego con cinta. Fitotecnia Mexicana. 40 (1):9 - 16.

En línea:

<https://www.revistafitotecniamexicana.org/documentos/40-1/1a.pdf>

Consultado 21 de septiembre del 2016

Kasperbauer, M.J. 1992. *Phytochrome regulation of morphogenesis in green plants: from the Beltsville spectrograph to colored mulch in the field*. Photochem. Photobiol. 56:823-832.

Kasperbauer, M.J. (2000). Strawberry yield over red versus black plastic mulch. Crop Science 40(1): 171- 174.

En línea:

<https://naldc.nal.usda.gov/download/18361/PDF>

Consultado 22 de enero 2017

Lamont, W.J. 1991. Plastic, mulches for the production of vegetables crops. Hort. Technology. 3 (1).

En línea:

<http://horttech.ashspublications.org/content/3/1/35.full.pdf>

Consultado 12 de enero 2017

Lamont, W.J. 2005. Plastics: Modifying the microclimate for the production of vegetable crops. HortTechnology 15: 477 – 481

En línea:

<http://horttech.ashspublications.org/content/15/3/477.full.pdf>

Consultado 17 de enero 2017

Lara F. M. 2015. El cultivo del frijol en México. Revista Digital universitaria (rdu). México. Vol. 16 | Núm. 2 | ISSN 1607 - 6079 16(2).

En línea:

<http://www.revista.unam.mx/vol.16/num2/art09>

consultado 15 de enero 2017

Lara, B.L. 2015. Efecto de la Temperatura sobre la fenología y productividad de variedades de frijol común, factor esencial del cambio climático. Tesis que para obtener el grado de Maestría en ciencias en Biosistemática y Manejo de recursos naturales y agrícolas.

Lépiz I., R., Chavarín E., I. E. y Rodríguez G., E. 2015. Fenología y producción de materia seca en variedades de frijol arbustivo de diferente hábito de crecimiento. Revista e-CUCBA. Número 3: 3-17. México.

Lépiz, R. y Ramírez, R. 2010. Los parientes silvestres del frijol común en el occidente de México. Universidad de Guadalajara. 64.

Lépiz-Ildelfonso, R, López-Alcocer, J.J., González-Rivas, C. y Rodríguez-Guzmán, E. (2016). Azufrado bolita, nueva variedad de frijol para el estado de Jalisco, México. Fitotecnia mexicana. 39: 101 - 103.

<http://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v39n1/v39n1a15.pdf>

Consultado 22 de enero 2017

Lucrecia, M., Ramos, G. y Boddey, R.M. 1987. Yield and nodulation of *Phaseolus vulgaris* and the competitiveness of an introduced *Rhizobium* strain: Effects of lime, mulch and repeated cropping. Soil Biology and Biochemistry. 19(2): 171-177

En línea:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0038071787900782#!>

Consultado 20 de febrero 2017

Mariscal, M.J., Orgaz, F. y Villalobos, F.J. 2000. Modelling and measurement of radiation interception by olive canopies. Agricultural and Forest Meteorology, 100:183-197.

En línea:

<https://pdfs.semanticscholar.org/355e/04067a2c5f2174d79dd114d63efcf7747ce2.pdf>

Consultado 23 de marzo 2017

Maeda, M. C. 1988. Uso De Las Películas De Plástico Como Arropado Del Suelo Para La Producción Agrícola. Memorias del curso SARH-PRONAPA. Gómez Palacio, Durango. México. Pp. 41-43.

Mendizabal, M., Garcia, F. y Torres M. 1979. *New use of plastics for agri-assoc of plasticulture with sand mulching in Almeria*. Plasticulture Indian Petrochemicals. Colim. 20-22

Meisel L. A., Urbina D.C. y Pinto M.E. 2011. *Fotorreceptores y Respuestas de Plantas a Señales Lumínicas*. Ediciones Universidad de La Serena. La Serena, Chile (2011). 18: xx-xx

En línea:

<http://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Fotorreceptores%20y%20Respuestas%20de%20Plantas%20a%20Se%C3%B1ales%20Lum%C3%ADnicas.pdf>

Consultado el 23 marzo 2017.

Microsoft ®. 2012. Office Proofing Tools © Microsoft Corporation.

Mora, M. 2004. *Guía para producir frijol con fertirriego por goteo y labranza de conservación en Querétaro*. INIFAP. Folleto para productores. P.12.

En línea

[file:///C:/Users/Bimarena/Downloads/PRODUCCION\\_FRIJOL\\_FERTIRRIEGO\\_GOTEO\\_QUERETARO.pdf](file:///C:/Users/Bimarena/Downloads/PRODUCCION_FRIJOL_FERTIRRIEGO_GOTEO_QUERETARO.pdf)

Consultado el 23 marzo 2017.

Mulla, D. J. y McBratney, A. B. 2000. *Soil spatial variability*. In: Sumner M. E. (Editor) *Handbook of soil science*. CRC Press. EUA.

Munguía-López, J., Zermeño-González, A., Gil-Marín, A., Quezada-Martín, M.R., Ibarra-Jiménez, L. y Arellano-García, M.A., 2011. *Balance de energía en el cultivo de chile morrón bajo acolchado plástico*. Terra Latinoamericana. 29(4): 431-440.

En línea:

<http://www.redalyc.org/pdf/573/57322342009.pdf>

Consultado 22 de enero 2017

Munguía J, Zermeño A, Quezada R, De La Rosa ML y Torres A, 2004. *Relación entre los componentes del balance de energía y la Resistencia estomática en el cultivo de melón bajo acolchado plástico*. Revista Internacional de Botánica Experimental., 73: 181-19.

Murchie E. H., M. Pinto and P. Horton. 2008. *Agriculture and the new challenges for photosynthesis research*. New Phytologist. 181: 532–552

En línea:

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1469-8137.2008.02705.x/epdf>

Consultado 22 de enero 2017

Ossom E. M. and Matsenjwa V.N. 2007. Influence of mulch on agronomic characteristics, soil properties, disease and insect pest infestation of Dry Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Swaziland. IDOSI PUBLICATIONS. World Journal of Agricultural Sciences 3(6): 696-703. En línea:

[https://www.idosi.org/wjas/wjas3\(6\)/1.pdf](https://www.idosi.org/wjas/wjas3(6)/1.pdf)

Consultado 22 de enero 2017

Papaseit, P. 2001. Plásticos agrícolas en España. Tecnología de producción 156-octubre 2001 horticultura. Copyright Ediciones de horticultura, S.L. 2001.

Papaseit, P., Badiola, J. y Armengol, E. 1997. Los plásticos y la agricultura. Ediciones de Horticultura, S. L. España.

Pereira, C.A., Maycotte, C.C., Restrepo, B. E., Mauro, F., Montes, A. C. y Velarde, M.J.E. (2011). Ecología. Caldas - Colombia: Espacio Gráfico Comunicaciones S.A. pp. 68-70

En línea:

<https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/productos/4774/ecologia.pdf>

Consultado el 20 de febrero 2017.

Quero E., Terán G.E., Benavides A., Hernández F., Valle M.S. (1993). Fertigacion Carbónica Y Lumínica En Cultivos Vegetales. CIQA. Presentado en el Congreso Internacional de Nuevas Tecnologías Agrícolas, Manzanillo, México.

Quezada, M. R., Munguía J.P., Ibarra M.R. y Faz, R. (2000). Uso de acolchados plásticos biodegradables en el crecimiento y desarrollo de un cultivo de melón (*Cucumis melo* L.). Oyton Int. J. Exp. Bot. 60:21–29.

Ramírez, M.M. 2006. El Uso De Acolchados Fotoselectivos En La Producción De Semilla De Calabacita (*Cucúrbita Pepo*, L.) Var Zucchini Grey. Tesis presentada como requisito parcial para obtener el grado de: Maestría Profesional en Tecnología de Granos y Semillas Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” Buenavista, Saltillo, Coah.

En línea:

<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/6246/T16177%20RAMIREZ%20GARZA%2c%20MARIA%20MAGDALENA%20%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Consultado el 20 de febrero 2017.

Rey de las Moras, M. C. Diciembre 2008. Factores que influyen en el desarrollo: Fotoperiodo. Agricultura revista agropecuaria, ISSN:0002-1334.

[https://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf\\_Agri%2FAgri\\_2008\\_913\\_920\\_922.pdf](https://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_Agri%2FAgri_2008_913_920_922.pdf)

Reyes M., H. 1992. La Agroplasticultura En México. XII Cong. Internacional de plásticos en la agricultura. Comité Español de Plásticos en agricultura (CEPLA). Granada España. P. A67-A83

Robledo, V., Ramírez, M. M., Vázquez, M. E., Ruiz, N.A., Zamora, V.M. y Ramírez, F. 2010. Producción de semilla de calabacita italiana (*cucurbita pepo* l.) con acolchados plásticos fotoselectivos. Rev. Fitotec. Mex. 33 (3): 265 – 270.

En línea:

<http://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v33n3/v33n3a11.pdf>

Consultado el 20 octubre del 2016.

Sánchez-Espino, P., Larqué-Saavedra A., Nava-Sánchez, T., y Trejo, C. 2000. Respuesta de plantas de maíz y frijol al enriquecimiento de dióxido de carbono. Agrociencia. 34(3): 311-320. Colegio de Postgraduados Texcoco, México

En línea:

<http://www.redalyc.org/pdf/302/30234307.pdf>

Consultado 9 mayo 2017

Sandoval Villa, Manuel y Brizu, 2002. Horticultura intensiva en invernaderos. Colegio de Postgraduados y SMC, ISBN:968670153X,

Secretaría de Economía (SE) 2012. Análisis de la Cadena de Valor del Frijol.

En línea:

[http://www.economia.gob.mx/files/comunidad\\_negocios/industria\\_comercio/analisis\\_cadena\\_valor\\_frijol.pdf](http://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/analisis_cadena_valor_frijol.pdf)

Consultado 28 de enero de 2016

SIAP. 2016. Sistema de Información Agrícola Pecuaria

En línea

<http://www.gob.mx/siap/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo>

consultado 10 marzo 2017.

Singh S P, J A Gutierrez, A Molina, C Urrea, P Gepts (1991) Genetic diversity in cultivated common bean: II. Marker-based analysis of morphological and agronomic traits. Crop Sci. 31:23-29.

Schales, F. y D. And R. Sheldrake. 1963. Mulch effects on soil conditions and tomato plant response. Proc. Natl. Agr. Plastic conf. P 78-90. University of Illinois, Urbana, Champaign.

SMN, Servicio Meteorológico Nacional 2016 <http://smn.cna.gob.mx/es/informacion-climatologica-ver-estado?estado=jal>

Smith, H 1982. Light Quality. Photoreception and Plant Strategy. Plant Physiology. 33:4815128.

Streck, N.A., Schneider, F.M., Buriol, G.A. y Heldwein, A.B., (1995). Effect Of Polyethylene Mulches On Soil Temperature And Tomato Yield In Plastic Greenhouse. Depto. de Fitotecnia -CCR/UFSM, CEP: 97119-900 - Santa Maria, RS. Sci. agric. (Piracicaba, Braz.).52: 3

En línea

<http://www.scielo.br/pdf/sa/v52n3/28.pdf>

consultado 22 de diciembre 2017

Subrahmaniyan, K., Kalaiselvan P., Balasubramanian T.N. y Zhou, W. (2008). Soil properties and yield of groundnut with herbicides, plant geometry, and plastic mulch. Comm. Soil Sci. Plant Anal. 39:1206-1234

Taiz, L. y Zeiger, E. (2006). Fisiología vegetal. España: Publicacions de la Universitat Jaume I de Castellón.

Tarara J. M. (2000). Microclimate Modification with Plastic Mulch. Hortscience. 35(2): 169-180.

En línea:

<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.996.1876&rep=rep1&type=pdf>

Consultado el 8 mayo 2016.

Tippens, P.E. (2011). Física concepto y aplicaciones. México: The McGraw-Hill

Torres, A. P., y Lopez, R. G. 2010. Medición de Luz Diaria Integrada en Invernaderos. Purdue University. Departamento de horticultura y arquitectura de áreas verdes. Purdue extension.

USDA. United States Department of Agriculture. 2015. National Agricultural Statistics Service. United States Government Printing Office Washington: 2015. Stop IDCC, Washington, DC 20402-0001 ISBN

[https://www.nass.usda.gov/Publications/Ag\\_Statistics/2015/Ag\\_Stats\\_2015\\_complete%20publication.pdf](https://www.nass.usda.gov/Publications/Ag_Statistics/2015/Ag_Stats_2015_complete%20publication.pdf)

Zaragoza R. D. 2013. Evaluación de Técnicas Hidropónicas de Producción en el Cultivo de Fresa (*Fragaria x ananassa*) Bajo Invernadero. Tesis Para obtener el grado de: Maestro en Ciencias en Agroplasticultura. Saltillo, Coahuila, México.

En línea:

<https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/67/1/Tesis%20MAP%20Ramon%20Donovan%20Zaragoza%20Nieto%20Dic%2018%202013.pdf>

Consultado 23 marzo 2017.

Zribi W. 2014. Efectos del Acolchado Sobre Distintos Parámetros del Suelo y de la Nectarina en Riego por Goteo. Tesis Doctoral. Universitat De Lleida. Zaragoza, España.

<http://hdl.handle.net/10803/130924>

Zribi, W., Faci, J.M. y Aragüés, R. 2011. Efectos del acolchado sobre la humedad, temperatura, estructura y salinidad de suelos agrícolas. Información Técnica Económica Agraria, VOL. 107 (2);148-162.

<file:///C:/Users/Bimarena/Desktop/JORGE/CUCBA/tesis%20pdf%20citas/acolchados.pdf>