



UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO

CAMPUS IRAPUATO-SALAMANCA

DIVISIÓN DE CIENCIAS DE LA VIDA

DEPARTAMENTO DE AGRONEGOCIOS

**“ALUBIA (*CANAVALIA ENSIFORMIS*) COMO CULTIVO DE COBERTURA
PARA PRODUCTORES GUANAJUATENSES DE MAÍZ”**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADA EN AGRONEGOCIOS

PRESENTAN:

MARIANA GUADALUPE RAMÍREZ MEDINA

DIRECTOR: DR. JESÚS HERNÁNDEZ RUÍZ

IRAPUATO, GTO, MÉXICO.

AGOSTO 2021

UNIVERSIDAD DE
GUANAJUATO



"2021. AÑO DE LA INDEPENDENCIA".
"En la Universidad de Guanajuato, todas y todos, nos comprometemos a
garantizar el derecho de las mujeres a vivir libres de violencia."

DIVISION DE CIENCIAS DE LA VIDA.

DIRECCION.

Oficio: DICIVA/0287/2021.

Asunto: Autorización de Modalidad de Titulación.

C.

MARIANA GUADALUPE RAMÍREZ MEDINA,
LICENCIATURA EN AGRONEGOCIOS,
P R E S E N T E.

Por medio de la presente y una vez revisado que ha cumplido íntegramente el plan de estudios del Programa Académico y, con base en el Artículo 3 del *Reglamento de las Modalidades para la Obtención del Grado de Licenciatura y Procedimiento para la Obtención del mismo* y Artículo 72 del Reglamento Académico de la Normatividad de la Universidad de Guanajuato, me permito indicarle que doy mi autorización para que inicie el proceso de titulación por la *modalidad de Trabajo de Tesis*.

Sin otro asunto y enviándole un cordial saludo, se despide.

A T E N T A M E N T E

"LA VERDAD OS HARA LIBRES"

Irapuato, Gto., 13 de Agosto de 2021.

EL DIRECTOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIAS DE LA VIDA
CAMPUS IRAPUATO-SALAMANCA

DR. ROGELIO COSTILLA SALAZAR



Universidad de Guanajuato
CAMPUS IRAPUATO-SALAMANCA
División de Ciencias de la Vida
Ex-Hacienda el Copal Irapuato, Gto.

-DIRECCION-

C.c.p. Consecutivo.

CAMPUS IRAPUATO-SALAMANCA
DIVISIÓN DE CIENCIAS DE LA VIDA

Ex Hacienda El Copal. Km 9 Carretera Irapuato-Silao:
C.P.36824 A.P. 311, Irapuato, Gto., México.
Tel. y Fax: 462 624 18 89.

www.irapuatosalamanca.ugto.mx

UNIVERSIDAD DE
GUANAJUATO



"2021. AÑO DE LA INDEPENDENCIA".
"En la Universidad de Guanajuato todas y todos, nos comprometemos a
garantizar el derecho de las mujeres a vivir libres de violencia"

DIVISIÓN DE CIENCIAS DE LA VIDA.

C.
DR. ROGELIO COSTILLA SALAZAR,
DIRECTOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIAS DE LA VIDA
CAMPUS IRAPUATO – SALAMANCA,
P R E S E N T E.

En relación al trabajo de titulación de la C. **MARIANA GUADALUPE RAMÍREZ MEDINA**, nos permitimos comunicar a Usted que el trabajo de Tesis: "**ALUBIA (*Canavalia ensiformis*) COMO CULTIVO DE COBERTURA PARA PRODUCTORES GUANAJUATENSES DE MAÍZ**", que fue desarrollado bajo la Dirección del **Dr. Jesús Hernández Ruiz** profesor de la División de Ciencias de la Vida, ha sido terminado. El escrito fue revisado por la **Dra. Paula Concepción Isiordia Lachica** y el **Dr. Armando Rucoba García**, profesores-investigadores de la División de Ciencias de la Vida y se ha autorizado la impresión y empastado del mismo.

Así mismo nos permitimos proponer la integración del Jurado a los señores:

Dra. Paula Concepción Isiordia Lachica
Dr. Armando Rucoba García
Dr. Jesús Hernández Ruiz

PRESIDENTE
SECRETARIO
VOCAL

A T E N T A M E N T E
Irapuato, Gto., 10 de Agosto de 2021.


DR. JESÚS HERNÁNDEZ RUIZ,
DIRECTOR


REVISOR


REVISOR

DRA. PAULA CONCEPCIÓN ISIORDIA LACHICA DR. ARMANDO RUCOBA GARCÍA

CAMPUS IRAPUATO-SALAMANCA
DIVISIÓN DE CIENCIAS DE LA VIDA

Ex Hacienda El Copal, Km 9 Carretera Irapuato-Silao:
C.P.36824 A.P. 311, Irapuato, Gto., México.
Tel. y Fax: 462 624 18 89.

www.irapuatosalamanca.ugto.mx

I. DEDICATORIA

Para las personas que nunca me han dejado darme por vencida,
que me dieron vida y ambiciones, quiero dedicar este trabajo
con todo mi amor a mis padres.

Ale, gracias por siempre apoyarme, esta tesis también va
dedicada a ti.

II. AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios enormemente por ponerme en el lugar y a las personas adecuadas en mi camino, para poder culminar este trabajo, gracias.

A mi alma mater, que desde siempre quise formar parte de ti, me enorgullece, agradecerte el que seas mi casa de estudios, Universidad de Guanajuato.

Y por último pero no menos importante, le agradezco con todo mi aprecio y admiración al Dr. Jesús Hernández Ruíz, quien creyó en mí y en este proyecto, que gracias a sus enseñanzas, y a una de sus tantas clases, surgió la iniciativa de esta investigación, gracias Profe, que sin usted no habría sido esto posible.

III. RESUMEN

En el siguiente trabajo de investigación se cuestionará la rentabilidad de utilizar el cultivo de *Canavalia ensiformis* (alubias) como cultivo de cobertura para el maíz en vez de invertir en fertilizantes para la producción de este cereal. Utilizando un método de estimación de costos y ganancias. Evaluando los retornos de inversión de cada cultivo, el margen de utilidad de una implementación de ambos cultivos y el costo/beneficio para comprobar la rentabilidad de invertir en la *canavalia ensiformis* en lugar de pagar los costos de los fertilizantes para la producción del maíz. El costo de producción o valor de inversión agrícola de una hectárea de maíz en Celaya, Guanajuato es de \$33,233. Con un valor actual de \$6.40 el kg. Mientras que en la *Canavalia Ensiformis* es de \$32,937 y de su precio actual tenemos los siguientes indicadores, el costo de la producción de una hectárea de maíz en Celaya, Guanajuato en promedio es \$30 el kg. Los retornos de inversión de cada cultivo son de 93.86% para el maíz y 52.93% para la alubia, y expresado con anterioridad el margen de utilidad de producir ambos cultivos sin aminorar costos es de un 73.49% que si bien no es tan alto como el de la pura siembra de maíz, es tomando en cuenta los costos de fertilización, por lo que este porcentaje está hecho para que aumente a una utilidad hasta del 102.49% debido al ahorro de dichos costos que presentan el 29% de costos de producción del maíz. En base a los indicadores que nos muestran si una inversión es rentable, concluimos que si es beneficioso el que un productor de maíz, invierta en la producción de *Canavalia ensiformis*, para disminuir los costos de fertilizantes y adquiriendo el nuevo agronegocio que le representaría esta leguminosa.

Palabras clave: Costo de producción, Valoración económica, Fertilizantes, cultivos de cobertura, maíz.

IV. INDICE GENERAL

<i>I. Dedicatoria.....</i>	<i>iii</i>
<i>II. Agradecimientos</i>	<i>iv</i>
<i>III. Resumen</i>	<i>v</i>
IV. INDICE GENERAL.....	vii
<i>V. Indice de tablas</i>	<i>ix</i>
<i>VI. Indice de figuras</i>	<i>x</i>
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES.....	2
2.1. La importancia del maíz.....	2
2.2. Usos	3
2.3. Producción de maíz.....	4
2.3.1. Condiciones ambientales.....	6
2.3.2. Suelos	6
2.3.3. Riegos.....	6
2.4. Producción de maíz en el mundo	7
2.5. Producción nacional.....	7
2.6. Producción Regional	12
2.7. Perspectiva de la producción de razas criollas en Guanajuato.....	13
2.8. La importancia de los fertilizantes en México.	16
2.8.1. Tipos de fertilizantes:.....	18
2.8.2 Los fertilizantes en la producción de maíz.....	18
2.9. Los fertilizantes y las leguminosas.....	20
2.10. Cultivos de cobertura.	22
2.10.1. Cultivos de cobertura de verano	23
2.10.2. Cultivos de Cobertura de Invierno.....	23
2.11. Alcance geográfico en México.....	24
2.12 Canavalia ensiformis como cultivo de cobertura.....	24

2.12.1 Descripción de la planta Canavalia	25
2.12.2 Características.	26
2.12.3. Usos.....	26
2.12.3.1 Usos y beneficios tradicionales de la planta Canavalia ensiformis	28
2.12.3.2 Usos culinarios	28
2.12.4. Condiciones ambientales óptimas.	29
2.13. Producción en México.	29
2.14. Asociación de maíz y Canavalia Ensiformis.	30
2.14.1 Descripción.	31
2.14.2 Alcance geográfico México.....	31
3. OBJETIVOS.....	32
3.1. Objetivo general	32
3.2 Objetivos específicos.....	32
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	33
4.1. Campo de estudio	33
4.1.1 Hidrología.....	34
4.1.2 Condiciones climáticas.	34
4.1.3 Suelos	34
4.1.4 Demografía de estudio.....	34
4.2 Unidad de ponderación.....	35
4.3 Herramientas para recabar información.....	35
4.4 Variables de estudio	36
4.4.1 Rendimiento	36
4.4.2 Proceso productivo	36
4.4.3 Costo de producción agrícola	37
4.4.4 Precio	37
4.4.5 Utilidad.....	37
4.4.5.1 Margen de utilidad.	38
4.4.6 Valor de la producción.....	38
4.4.7 Rentabilidad.....	38

4.4.7.1 Relación Beneficio-Costo (B/C).	38
4.4.8. Retorno por Inversión	39
4.4.9 Gastos fijos	40
4.4.9.1 Alquiler de la tierra.	40
4.4.9.2 Remuneración salarial	40
4.4.9.3 Maquinaria agrícola	40
4.4.9.4 Riegos	41
4.4.10 Gastos variables	41
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
5.1 Valoración económica del maíz como monocultivo	45
5.2 Valoración económica de la Canavalia ensiformis	46
6. CONCLUSIONES	51
7. BIBLIOGRAFÍA	52

V. INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Mercado de Maíz en México, 2018-2021	9
Tabla 2. Valor del comercio exterior de fertilizantes de México 2017.....	16
Tabla 3. Paquete de Fertilización para el cultivo de maíz.....	19
Tabla 4. Superficie sembrada y con uso de fertilizantes químicos por cultivos anuales con mayor superficie sembrada 2015.....	20
Tabla 5. Asociaciones de cultivos principales y cultivos de cobertura.....	22
Tabla 6. Influencia de la inclusión de semillas crudas de <i>canavalia ensiformis</i> sobre la productividad y estado de salud de los ovinos.....	27
Tabla 7. Rendimiento de maíz por unidad de superficie en el ejido de Cristóbal Obregón de Villaflores, Chiapas.....	32
Tabla 8. Productores de Maíz en Celaya.....	35
Tabla 9. Costo de producción del Maíz en riego para 12 Toneladas.....	42
Tabla 10. Peso mexicano por Tonelada de maíz. US Department of Agriculture; World Bank.....	45
Tabla 11. Costo de producción de la Alubia en riego para 1.799 Toneladas..	47
Tabla 12. Reporte semanal de precios al mayoreo en centrales de abastos. Semana del 16 al 20 de marzo del 2020.....	48

VI. INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Mapa que localiza los estados y capitales de México.....	4
Figura 2. Mapa que muestra las zonas geográficas de México.....	5
Figura 3. Mapa producción de Maíz en México 2018.....	5
Figura 4. Productores mundiales de Maíz.....	7
Figura 5. Superficie cosechada de Maíz.....	11
Figura 6. Superficie sembrada de Maíz.....	11
Figura 7. Grupo Cónico o razas de las partes altas del centro de México Palomero.....	13
Figura 8. Maíz Celaya con escala.....	13
Figura 9. Comparación de diagramas de los cortes transversales de las principales razas producidas en Guanajuato, Cónico, Cónico Norteño y Celaya.....	14
Figura 10. Distribución del Cónico Norteño, Celaya y Tipos de Celaya intervenidos por el Serrano de Jalisco (el complejo de las montañas del sur de Jalisco).....	15
Figura 11. Consumo mundial de fertilizantes nitrogenados, desde 1961 hasta principios del siglo XXI.....	21
Figura 12. Frijol <i>Canavalia</i>	30
Figura 13. Ubicación del municipio de Celaya en el estado de Guanajuato...	33
Figura 14. Gráfica representativa de costos de producción para rendimiento meta de 12 TON.....	43
Figura 15. Los costos de producción aquí presentados aplican para el estado de Sinaloa, México, y están expresados en Pesos Mexicanos.....	44

1. INTRODUCCIÓN

En México existe una presión fuerte sobre el manejo de suelo, debido a la sobrepoblación, y la necesidad de obtener altos rendimientos por ejemplo para obtener 6 toneladas por hectárea en temporal se necesita una ayuda constante de fertilizantes. Sin embargo, el uso indiscriminado de fertilizantes minerales nitrogenados puede ocasionar la contaminación del suelo, agua, atmósfera, Lo que ocasiona fragilización de los agro ecosistemas y erosión de importantes superficies agropecuarias (Beltrán et al., 2004; Garza et al., 2007).

Por lo anterior se ha realizado búsquedas de acciones para mejorar la calidad de uso de suelos y de coberturas vegetales del suelo que limiten los riesgos de erosión, entre las cuales una opción son los cultivos de cobertura los cuales “se definen como una cobertura vegetal viva que cubre el suelo y que es temporal o permanente, el cual está cultivado en asociación con otras plantas (intercalado, en relevo o en rotación)” (Pound, 1997; Villarreal-Romero et al., 2006).

Los cultivos de cobertura son imprescindibles en las regiones semiáridas, ya que conservan el agua y controlan la erosión del suelo a causa del viento. Comúnmente se siembran en la temporada de lluvias, aunque algunas especies, como *Canavalia ensiformis*, cubren el suelo después de las precipitaciones hasta por tres meses; sin el apoyo de estas, la tierra estaría expuesta hasta la siguiente siembra (Seminis, 2019). La *Canavalia ensiformis* es una leguminosa del reino *plantae* su nombre popular en México es conocido como alubias o judía verde.

La leguminosa alubia tiene un gran potencial para la alimentación humana, ya que cuenta con un doble aprovechamiento (como grano y vaina) además de un aporte proteico; una parte de su producción se hace conserva y otra parte se comercializa congelada; aunque está muy desactualizada su mejora genética y sus técnicas de cultivo. Los países que importan cosechas de España son: Francia, Alemania, Suiza y Reino Unido (Aldunate, 2005).

Se utiliza como cultivo de cobertura entre cultivos como caña de azúcar, cereales y frutales (CIDICCO, 2004). Evita que se desarrollen las arvenses (malezas) y a causa

del gran tamaño que alcanzan sus hojas, cubre de forma rápida al suelo, en la etapa inicial (CIAT, 2001). La *Canavalia* genera un aporte de masa seca de 5.41 t. ha⁻¹ y 145 kg N. ha⁻¹, al utilizarse como abono verde para el maíz lo que genera que este eleve sus rendimientos hasta 7.68 Mg. ha⁻¹ (Bernal y Jiménez, 1990). Con disminución entre 30 – 50 % de las dosis de fertilizantes necesarias para alcanzar un rendimiento máximo estable, esto dicho en un estudio realizado por Alonso y Marta en 2009.

Por lo anterior el objetivo de este trabajo es realizar una comparativa socioeconómica entre el cultivo de Maíz y la Alubia contra un monocultivo de maíz para brindar una alternativa de Agronegocio para los agricultores de riego del estado de Guanajuato.

2. ANTECEDENTES

2.1. La importancia del maíz

El maíz, forma parte de los tres granos básicos de la alimentación humana, todo inicio en los valles y montañas de México, a partir de un proceso coevolutivo en el cual se desarrolló uno de los cultivos de mayor diversidad genética, la cual seguimos preservando en México con apoyo de los productores rurales (Kato et al., 2009).

Se considera que existen en el continente americano entre 220 y 300 razas de maíz en México, según diferentes autores e instituciones se salvaguardan entre 41 (Ortega et al., 1991), 59 (Sánchez et al., 2000) o 65 (LAMP, 1991) razas. Esta diversidad es gracias al conjunto de las tradicionales prácticas agrícolas con el conocimiento tradicional de los pueblos indígenas de nuestro país, quienes preservan, reproducen y mejoran el recurso genético, esta última es una actividad que en México probablemente se remonta a más de 10 mil años (Fernández Suárez et al., 2013).

Actualmente se cultiva en 156 millones de hectáreas de maíz por año en casi 100 países con distintas variedades adaptadas para consumo humano o animal, desde

un punto de vista nutricional, el maíz en un grano superior a muchos otros cereales, (Ripusudan y Paliwal 2001). Desafortunadamente, las cantidades de algunos nutrientes esenciales están mal balanceadas o inadecuadas para los consumidores que confían en el maíz como una fuente importante de alimento. Ya que carecen de los elementos esenciales aminoácidos, lisina y triptófano, y son deficientes en ácido ascórbico (vitamina C), vitaminas B, hierro y yodo, (Nuss y Tanumihardjo 2010). Las características en la producción del maíz están diseñadas para la mayoría del territorio nacional, cabe mencionar que de las 7.76 millones de hectáreas sembradas en 2016 de este grano, el 75% de la superficie no está automatizada, 65% no tiene tecnología aplicada para la salud de las plantas, y el 60% no cuenta asistencia técnica (SAGARPA 2017). A pesar de dichas circunstancias, México ocupa el sexto lugar en la producción internacional de maíz en grano.

2.2. Usos

El maíz es un ingrediente clave en la elaboración de productos que van desde chips de tortilla, alitas de pollo, el bourbon, la Coca-Cola y hasta las gasolinas, a las cuales se les mezcla etanol, elaborado con el grano (Ramírez, 2021)

En México predomina el uso alimenticio, ya que más de 600 platillos están hechos a base de él, también se utiliza en artesanías y decoración ornamental, los olotes (tusas), que es la parte no comestible que se extrae de las mazorcas se aprovecha para elaborar artesanías. Mientras que para el resto del mundo es importante como insumo para alimentos balanceados forrajeros y para la industria.

A partir del desarrollo industrial del maíz, es posible obtener biocombustible, el cual es utilizado como carburante. Actualmente podemos crear gomas de mascar y polímeros comestibles gracias a la proteína zeína (delmaíz.info, 2021)

El maíz, el arroz y el trigo juntos constituyen el elemento más importante de la dieta humana, ya que representan aproximadamente el 42,5 % del suministro de calorías alimentarias del mundo. (FAO, 2019).

2.3. Producción de maíz

El maíz ocupa el 51% de la superficie sembrada en México. (Castillo-García, 2014), este cultivo es de los más representativos del país, su producción se divide en amarillo y blanco, este último es consumido principalmente por humanos, mientras que el maíz amarillo se clasifica como alimento balanceado para la producción animal, como los forrajes y también se utiliza en la industria.

los principales estados productores de maíz en 2018, según la Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios son: Sinaloa (22%), Jalisco (14%), México (8%), Michoacán (7%), Guanajuato (6%), Guerrero (5%), Veracruz (5%), Chiapas (5%), Chihuahua (4%), Puebla (4%) y el resto de los Estados representan el (20%) restante.

Para comprender la distribución de las registradas 59 variedades criollas de maíz en México se estudiaron las condiciones topográficas y climatológicas de las diferentes regiones de la república. Para identificar esta localización se incluye primero un mapa (fig.1) en el que se muestran los 28 estados de la nación. Para identificar a nivel agrícola las diferentes regiones naturales que podemos apreciar en el mapa de la figura 2.



Figura 1: Mapa que localiza los estados y capitales de México.

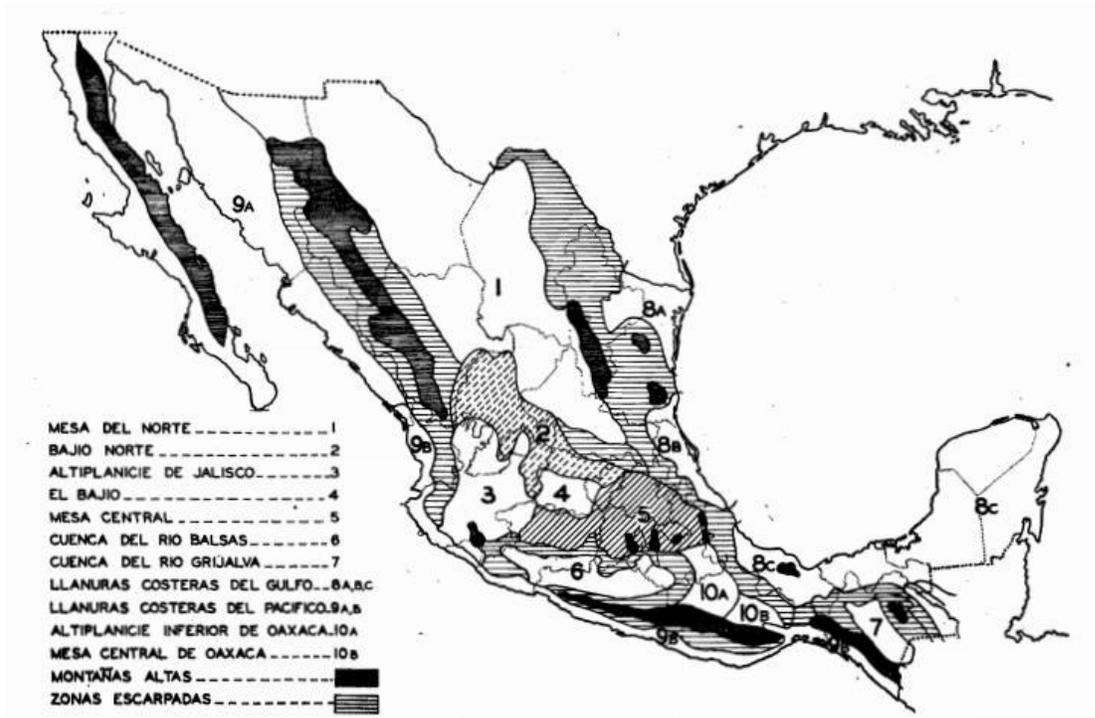


Figura 2. Mapa que muestra las zonas geográficas de México (Modificado de C.L. Gilly, y H. S. Gentry, Regiones geográficas de México, inédito).

En México, 10 estados de la República concentran prácticamente 80% de la producción de maíz.



Figura 3. Mapa producción de Maíz en México 2018 (SIAP-SADER, 2018).

2.3.1. Condiciones ambientales

El INEGI, (1997) nos dice que el maíz requiere un clima relativamente cálido, con agua en cantidades adecuadas. La mayoría de las variedades del maíz se cultivan en regiones de temporal, caliente y subtropical húmedo, no se adaptan a regiones semiáridas. El granizo y las heladas afectan considerablemente su cultivo.

Condiciones ecológicas y edáficas:

- Temperatura óptima.- 25-30 grados centígrados
- Humedad.- Mayor a 500 mm (bien distribuidos)
- Altitud.- Desde los 300 a 2500 msnm
- Latitud.- Desde 40 grados latitud norte a 40 grados latitud sur.
- Fotoperiodo.- De 11 a 14 horas luz (óptimo)

2.3.2. Suelos

El maíz es adaptable a todos los tipos de suelos, aunque se encuentran mejores cosechas en tierras profundas, con un pH entre 6 y 7, ricas en materia orgánica, con buena circulación del drenaje evitando la asfixia radicular. La asfixia radicular es ocasionada cuando existe un exceso de agua en el suelo, independientemente de que sea por poco o mucho tiempo, es decir cuando el agua desplaza al oxígeno en el suelo, limitando la capacidad de respirar de las plantas a través de las raíces, (José Antonio, 2012).

2.3.3. Riegos

Las fases de los riegos van cambiando a lo largo del desarrollo del cultivo, es decir que cuando las plantas están empezando a brotar se necesita una humedad constante y menor cantidad de agua, en cambio en la etapa del crecimiento se requiere mayor cantidad de agua, recomendando un riego entre los 10 o 15 días previos a la floración. Ya llegando a esta fase, la floración es la más importante ya

que de esta depende el cuajado y la cantidad de producción obtenida por lo que se deben considerar riegos que mantengan la humedad y permita una eficaz polinización y llenado.

2.4. Producción de maíz en el mundo

En el 2017 el 80% de la producción de maíz se concentró en 10 países (Figura 4); Estados Unidos (40%), China (20%), Brasil (6%) y México (3%) Los otros seis países fueron Argentina, Francia, la India, Indonesia, Italia Sudáfrica, que en conjunto agruparon el 11% del volumen producido de maíz (FAO Stat 2019).

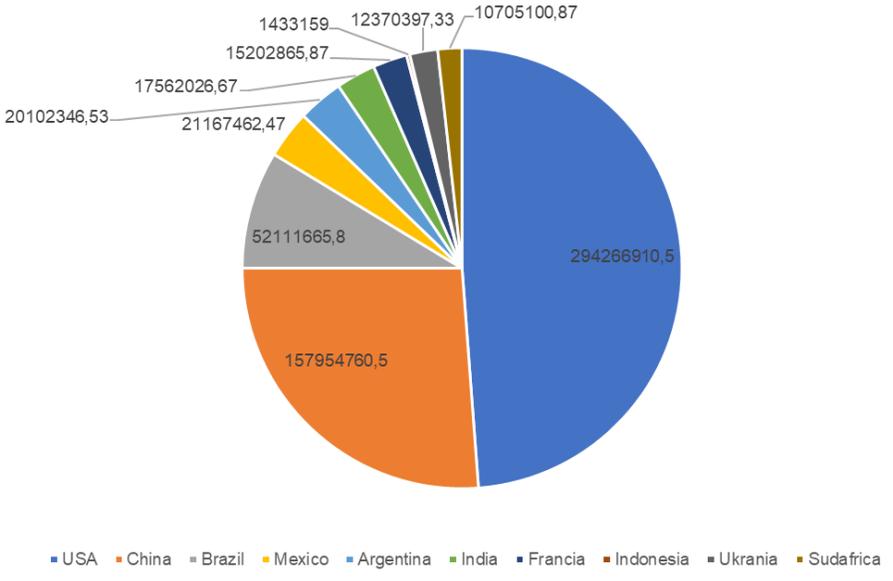


Figura 4. Productores mundiales de maíz, toneladas promedio 2017 (Fuente FAOstat 2019).

La producción mundial de maíz durante el ciclo comercial 2020/21 (el cual comprende el periodo octubre del 2020 a septiembre 2021), según estimaciones del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), sería cercana a 1,134 millones de toneladas (mdt). Con respecto al ciclo anterior, lo cual representaría un volumen de incremento del 1.6%. Este mismo aumento proyecta un rendimiento promedio mundial de 5.77 ton/ha.

Los países que liderarían la producción del cereal serían Estados Unidos con el 32%, Brasil 23% y China 10%. En comparación al ciclo anterior la producción estadounidense superaría en 4.1%, de los cuales incluye el 1.4% de incremento en superficie cosechada y del 2.7% de incremento en rendimiento. Con los chinos se mantendría el mismo porcentaje y con los brasileños un aumento del 7%.

En 2020/21 volveríamos a crear otro record superando en 1.5% al anterior con 1,146 mdt (millones de toneladas). El consumo forrajero sube a 725 mdt, mientras que el consumo humano e industrial se proyecta en 420.7 millones de toneladas.

El 59% del consumo mundial se le atribuyen a los países de Estados Unidos, China y la Unión Europea. El comercio internacional de maíz se proyecta en aumento para el 2021, con un volumen exportado de 183.6 mdt (8% tasa anual), lo que el incremento en la demanda reduciría el inventario final en 6.3%, el cual se ubicaría cercano a 284 mdt, el menor valor de los últimos seis ciclos comerciales. (FIRA, 2021)

2.5. Producción nacional

México se está consolidado como el principal consumidor de maíz en el mundo (Venegas, 2016).

Para el próximo ciclo comercial 2020/21 (octubre-septiembre), USDA proyecta que la producción de maíz en México sería cercana a 28 mdt, lo cual se convertiría en el record máximo histórico alcanzado, aumentando el 5.7% del ciclo anterior (2019/20). Por lo que se prevé que la superficie cosechada incremente aproximadamente un 10% y compense la disminución del rendimiento promedio.

El consumo nacional durante 2020/21 se estima en 43.9 mdt, ligeramente superior al consumo del ciclo anterior y segundo record histórico. De esta manera, la diferencia entre consumo y producción nacional sería cercana a 15.85%, cifra 8.4% menor que el déficit registrado durante el ciclo 2019/20 (tabla 1). Por componentes, el consumo forrajero participaría con el 58%, mientras que 42% restante se

destinaría al consumo humano e industrial. El inventario final se prevé en 3.0 mdt, lo cual representaría una reducción de 7.6% a tasa anual. Este valor sería el menor de los últimos siete ciclos comerciales. Asimismo, se prevé una caída en la relación inventario/consumo, la cual pasaría a 6.9%. (FIRA, 2021).

Mercado de maíz en México, 2018/19-2020/21*
(Millones de toneladas)

Concepto	2018/19	2019/20	2020/21	Variación anual (%)
Producción	27.6	26.5	28	5.7
Exportaciones	0.7	1	0.9	-12.5
Importaciones	16.7	16.5	16.5	-0.2
Consumo	44.1	43.8	43.9	0.1
Consumo forrajero	25.9	25.6	25.6	0.0
Consumo humano e industrial	18.2	18.2	18.3	0.3
Inventarios finales	5.1	3.3	3	-7.6
Inventarios/consumo (%)	11.5%	7.5%	6.9%	

*Estimado en enero 2021

Tabla 1. Mercado de Maíz en México, 2018-2021 (Fuente: USDA, 2021)

A pesar de que el maíz se produce en las 32 entidades federativas del país, el 70% de la producción se obtiene de ocho estados (Chiapas, Guerrero, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Puebla, Sinaloa y Veracruz) de los cuales el mayor volumen de producción lo ostentan: Sinaloa con una producción de 3.7 millones de toneladas y Jalisco con 3.5 millones de toneladas (Aquino y de la Rosa, 2009).

Entre el periodo agrícola 2009 y 2018, la superficie cosechada de maíz grano en México incremento una tasa promedio anual de 1.5%. No obstante, el año agrícola 2018 es el segundo año consecutivo que ha disminuido, pasando de 7.6 millones de hectáreas en 2016 a 7.1 millones de hectáreas en 2018. De los cuales el 83.3% correspondió al ciclo Primavera-Verano y el resto (16.7%) a Otoño-Invierno. En cuanto al tipo de riego, 77.8% ha sido temporal y 22.2% en riego. Entre el 2009 y 2018 el rendimiento en riego tuvo un crecimiento anual de 1.7%, para ubicarse en un record de 8.6 ton/ha en el periodo 2018, mientras que el rendimiento en temporal creció a una tasa promedio anual de 2.0% y se ubicó en 2.5 ton/ha al finalizar el mismo año, (SIAP-SADER, 2019).

Entre productores, las 10 principales entidades productoras, se dividen por su régimen hídrico:

Riego: Sinaloa (98.8%), Tamaulipas (97.1%), Chihuahua (94.1%) y Guanajuato (72.9%);

Temporal:

Veracruz (97.5%), Chiapas (95.7%), Jalisco (90.1%), Guerrero (86.6%), Estado de México (78.3%) y Michoacán (55.4%).

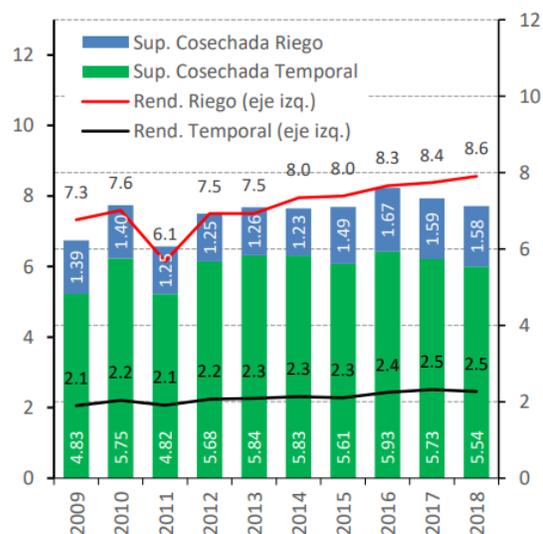


Figura 5. Superficie cosechada y rendimientos de maíz grano por modalidad hídrica en México (Millones de hectáreas y toneladas por hectárea). Fuente Panorama Agroalimentario 2019.

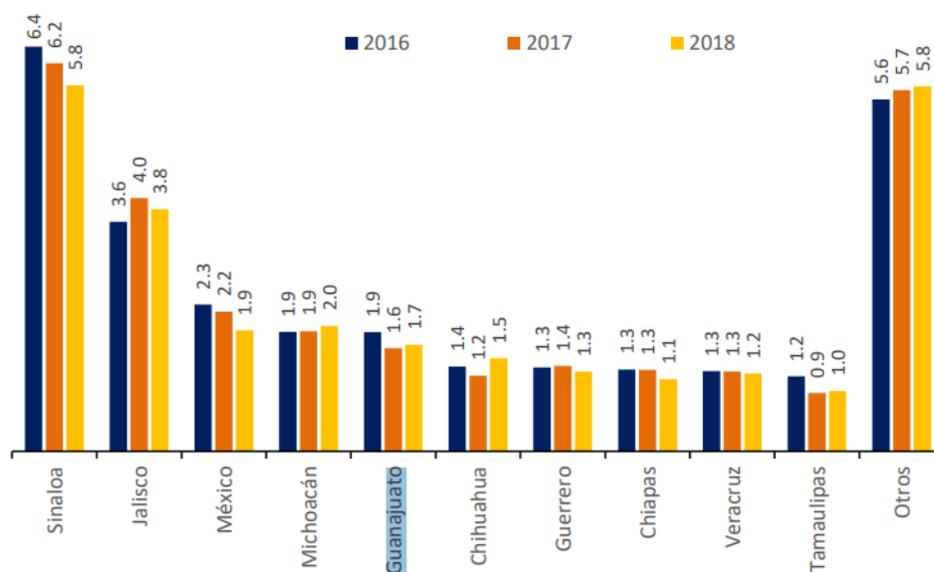


Figura 6. Superficie sembrada de maíz 2016-2018 (SIAP-SADER).

2.6. Producción Regional

En la región del Bajío es en donde se pueden encontrar las más claras expectativas del crecimiento agrícola a base de agroempresas relativas a plantas de enlatado, así como los alimentos balanceados para el ganado. Es en esta región en donde se observa un cambio completo en el uso del suelo y en la forma de explotación de la tierra (Soto Mora 2003).

En Guanajuato se reporta que, en 2009 la superficie sembrada de maíz representó 4.96% de la total nacional; con 106 694 hectáreas bajo riego y 276 560 hectáreas en temporal ocupando el octavo lugar en este rubro y el noveno como productor de maíz a nivel nacional con un total de 844 470 toneladas producidas, de las cuales 93.16% provino de las hectáreas sembradas bajo riego y el resto de las sembradas bajo temporal representando un 4.19% de la total nacional durante el año citado con una TMCA de 2.9% en el periodo de 2000 a 2009, ocupando el 36.14% de la superficie total cultivada en el estado, generando el 17.07% del valor de la producción agrícola (Guzmán-Soria et al., 2011).

Hablando únicamente de la producción en Guanajuato en el periodo 2009-2018 su tasa de crecimiento promedio anual aumento un 8.1%, es decir que en el año 2018 en su superficie cosechada, recibimos 1.7 millones de toneladas, (SIAP-SADER, 2019).

Los datos anteriores, sugieren que la producción de granos básicos como el maíz va en aumento en todo el mundo, dado que forma parte importante del desarrollo económico y social de un país, por lo que, contar con la disponibilidad de producto durante todo el año es de vital importancia. Durante el almacenamiento, pueden ocurrir cambios que produzcan daños a la calidad, las pérdidas cuantitativas ocurren debido a varios factores, como factores ambientales (temperatura, humedad contenido de granos, pH, humedad), tipo de almacenamiento, estructura utilizada, duración y finalidad del almacenamiento, método de almacenar granos y factores biológicos como: insectos, plagas, microorganismos y roedores (Pekmez, 2016).

2.7. Perspectiva de la producción de razas criollas en Guanajuato

En Guanajuato, los cereales se siembra entre abril y mayo, para cosecharlos a finales de año, entre noviembre y diciembre.

En una exposición de la empresa Etbsa, en 2017, nos cuentan que en la temporada de Primavera - Verano. Con siembras entre los meses de marzo y septiembre. La mayor superficie la ocupan el maíz y el sorgo, en promedio se siembran 835 mil hectáreas, el 67% lo comprenden 560 mil hectáreas en la modalidad de temporal y un 33% lo abarcan 275 mil hectáreas en la de riego.

En Guanajuato las razas de maíz más producidas son:



Figura 7. Grupo cónico o razas de las partes altas del centro de México Palomero, (CONABIO, 2008)



Figura 8. Maíz Celaya con escala, autor Juan Manuel Martínez Vargas.

1. El cónico (fig. 7) conocido así por su forma cónica, que se encuentra en la zona alta a 2200 – 2800 metros.
2. El cónico norteño (fig. 9) Esta raza predomina en la región al norte del Bajío (norte de Guanajuato y Jalisco, en Aguascalientes y Querétaro) que se encuentran a alturas de 1500 a 2000 metros.
3. El Celaya, la raza dominante de la región conocida como el Bajío (Fig. 8) con frecuencia llamada el “Granero de México” a altitudes de 1200 a 1800 metros.

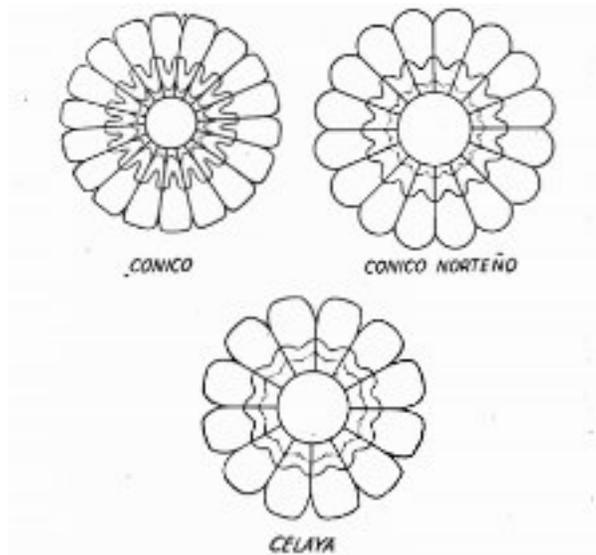


Figura 9. Comparación de diagramas de los cortes transversales de las principales razas producidas en Guanajuato, Cónico, Cónico Norteño y Celaya

El Celaya es una de las razas más útiles y productivas de todas las que se encuentran en el país mexicano, de las mejores encontradas en el bajío.

Descripción: plantas medianamente altas de 2 a 3 metros, medianamente tardías, pocos “hijos”; hojas numerosas, adaptado a altitudes medianas 1,200 a 1, 800 metros.

Espigas largas, las mazorcas son de longitud mediana, medianamente delgadas, cilíndricas; número promedio de hileras 12.4, sus granos don de anchura mediana e igualmente medianamente delgados y largos. Su diámetro de la mazorca es de 43 a 47 mm.

Derivación del nombre: Del nombre de la ciudad de Celaya, Guanajuato, localizada cerca del centro de la región donde más se cultiva esta raza. Es una de las razas más productivas de México; tiene mazorcas cilíndricas, grandes, con alto número de hileras, grano dentado predominantemente blanco Chávez 1913 y Welhausen 1947.

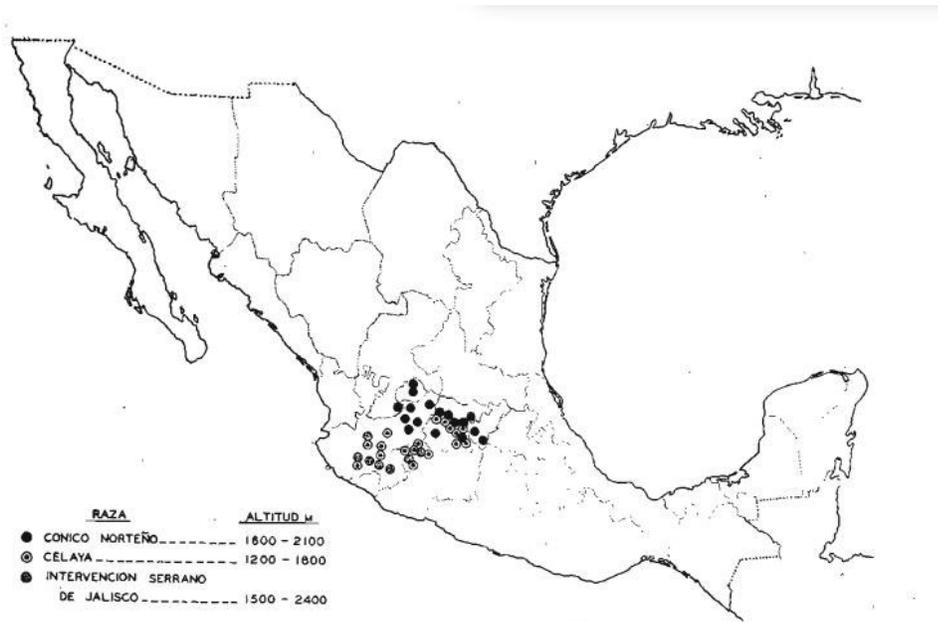


Figura 10. Distribución del Cónico Norteño, Celaya y Tipos de Celaya intervenidos por el Serrano de Jalisco (Wellhausen & Roberts, 1951).

En la figura 10 podemos ver la variación del Celaya (círculos blancos con centros negros) con la intervención del serrano de Jalisco (círculos negros). La raza Celaya ubicada principalmente en más de la mitad del estado de Guanajuato, hacia el sur donde se encuentran los municipios de Celaya, Cortazar, Salamanca, Irapuato, Silao y Valle de Santiago, también se le conoce por los nombres de Kansas, Cuatero y sub raza Argentino. Su producción se extiende hacia la región del Lago de Chapala en los estados de Michoacán y Jalisco.

2.8. La importancia de los fertilizantes en México

En cuanto al origen de los fertilizantes, el 79% es importado y el 21% se produce nacionalmente, identificando fácilmente a los nitrogenados como el importado con mayor demanda en el país, ya que se posiciona como número uno en volumen (66.7%) y valor (61.3%) y de estos fertilizantes, encontramos a la urea, fertilizante de mayor volumen (48.7%) y valor (45.9%), este fertilizante proviene principalmente de Rusia, China, Irán y Egipto (representando el 80% de la importación), (CEDRSSA, 2019).

La aplicación de fertilizantes en México ha logrado, innegablemente, incrementar los rendimientos de los cultivos. Durante el 2007-2017, con datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) todos los grupos de cultivos en México registraron incrementos positivos en los rendimientos. Por ejemplo, las hortalizas, en general, presentaron un crecimiento promedio anual de 2.6 por ciento. (Gallegos-Cedillo, 2019).

Tabla 2. Valor del comercio exterior de fertilizantes de México 2017 (Pesos), elaborado por CEDRSSA con información del SIAVI de la Secretaría de Economía.

Tipo de fertilizantes	Importaciones	Exportaciones	Balance
Nitrogenados	\$12,033,201,063	\$62,721,003	-\$11,970,480,060
Urea	\$9,011,120,585	\$6,351,886	-\$9,004,768,699
Sulfato de amonio	\$703,284,058	\$34,145,506	-\$669,138,552
Nitrato de amonio	\$1,138,244,079	\$9,066,070	-\$1,129,178,009
Nitrato de calcio	\$717,731,709	\$1,048,199	-\$716,683,510
Nitrato de sodio	\$50,461,625	\$4,916,323	-\$45,545,301
Mezcla de urea con nitrato de amonio	\$412,359,008	\$7,193,019	-\$405,165,989

Continuación Tabla 2. Valor del comercio exterior de fertilizantes de México 2017 (Pesos), elaborado por CEDRSSA con información del SIAVI de la Secretaría de Economía.

Fosfatados	\$4,798,569,639	\$4,369,459,232	-\$429,110,408
Superfosfatados	\$415,850	\$621,225,397	\$620,809,547
Fosfato diamónico (DAP)	\$1,973,386,548	\$1,509,487,928	-\$463,898,620
Fosfato monoamónico (MAP)	\$1,260,661,339	\$2,213,769,984	\$953,108,646
Abonos con nitrógeno y fosforo	\$371,484,081	\$22,068,500	-\$349,415,582
Abonos con nitratos y fosfatos	\$1,192,621,821	\$2,907,422	-\$1,189,714,399
Potásicos	\$1,607,938,735	\$64,883,034	-\$1,543,055,700
Cloruro de potasio	\$1,586,091,319	\$64,431,963	-\$1,521,659,356
Sulfato de potasio	\$21,847,416	\$451,072	-\$21,396,344
Mezcla N-P-K	\$1,165,633,904	\$140,665,252	-\$1,024,968,652
Total fertilizantes	\$19,605,343,341	\$4,637,728,521	-\$14,967,614,820

Cabe comentar que, desde inversiones del estado en la industria petroquímica, el territorio alcanzó tener superávits en la producción de fertilizantes nitrogenados, que le han permitido ser un territorio exportador de esta clase de fertilizantes, situación que se modificó a raíz de la privatización de la mayoría de sus plantas productoras de fertilizantes. La producción de fertilizantes nitrogenados es dependiente de la función de crear amoníaco anhidro, la cual usa el nitrógeno atmosférico y usa gas natural como fuente energética en su proceso industrial (Tabla 2). El mercado de hoy de fertilizantes en México opera básicamente sin regulaciones de costo y calidad, por lo cual importadores, productores y distribuidores son los que determinan los costos que rigen en el mercado, los cuales les permiten elevados márgenes de ganancia.

2.8.1. Tipos de fertilizantes:

Según la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural en agosto del 2019 dice que existen 3 tipos de fertilizantes:

- Químicos: Son nutrientes hechos por el ser humano que, principalmente, son de procedencia mineral, animal, vegetal o sintético. En los fertilizantes químicos permanecen los producidos con los “nutrientes principales” para la tierra, que son nitrógeno, fósforo y potasio.
- Orgánicos: Son esos que están formados naturalmente con una nula o escasa colaboración de las personas para su formación; tienen la posibilidad de ser de procedencia mineral, vegetal, animal o mixto. Una ejemplificación de fertilizante orgánico es el estiércol.
- Inorgánicos: Son sustancias derivadas de piedras y minerales que se usan en el suelo o sustrato para elevar la fertilidad de los cultivos. La harina de piedra es un caso muestra de fertilizante inorgánico.

2.8.2 Los fertilizantes en la producción de maíz

Los productos que aparecen en la tabla 3 son hechos por ingenieros agrónomos para agricultores de maíz cercanos a la zona de Celaya, incluidos Jaral del Progreso y Romita. Que según estudios realizados por ellos mismos a base de fertilizantes granulados, algunos con anti apelmazantes e inhibidores de ureasa, con el fin de formular mezclas que necesitan la mayor parte de las tierras para que los agricultores mejoren los rendimientos en sus maíces. Manejando las etapas de siembra, hay dos diferentes fórmulas físicas, la primera es para agricultores que tienen la posibilidad de usar riegos tecnificados y la segunda la 18-24-06 +Micro Elementos es para temporal. Para el primer re abone que se tira dentro el primer

mes, hay 4 opciones, estas opciones se basan en el presupuesto del cliente y dependiendo de cómo se vaya viendo la planta y por último el segundo re abone que muchas veces es opcional (en base al presupuesto y si todavía pueden entrar a ponerlo), son productos sin mezclar, para darle una última ayudadita al cultivo.

Tabla 3. Paquete de Fertilización para el cultivo de maíz, de productos de la marca Promotora de Fertilizantes del Bajío.

Nutrientes Aplicados (Kg/Ha)								
Etapa	Fórmulas Físicas	Kg/Ha	N	P2O5	K2O	Mg	Fe	Zn
Siembra	20-20-05 + M.E.	400	80	80	20	10	0.8	3
	18-24-06 + M.E.	350	63	84	21	8.8	0.7	2.5
Primera Reabonada (30-40 días)	Urea Retard	400	184					
	N40	450	180					
	N36	500	180					
	N 36-00-08	500	180		40			
Segunda Reabonada (40-60 días)	Fosfonitrato	200	62					
	Sulfato de Amonio	300	63					
Total			300-320	80-90	20-45	7.5-10	0.7-0.8	2.2-3

Según aproximaciones del Sistema de Información Agropecuaria y Pesquera (SIAP) de la SAGARPA, de los 22 millones de hectáreas cultivadas, en 15 millones de hectáreas se usan fertilizantes (68%), de las cuales 5.6 millones son de maíz, 1.3 de sorgo, 857 mil de frijol y 762 mil de trigo. Las porciones usadas varían según los cultivos y sistema de humedad, siendo más grandes en las superficies de cultivo de cereales y de riego.

Tabla 4. Superficie sembrada y con uso de fertilizantes químicos por cultivos anuales con mayor superficie sembrada (hectáreas). Elaborada por CEDRSSA con datos de SIAP-SAGARPA, 2015, uso de Tecnología y de servicios en el campo.

Cultivo	Superficie sembrada	Con uso de fertilizantes químicos	Participación porcentual
Maíz grano	7,600,453	5,645,797	74.3
Sorgo	1,765,412	1,334,268	75.6
Frijol	1,678,939	857,447	51.1
Trigo	835,284	762,083	91.2
Avena forrajera	715,519	506,536	70.8
Maíz forrajero	563,821	422,675	75.0
Cebada	323,594	259,876	80.3
Soya	253,846	237,114	93.4
Sorgo forrajero	191,912	136,503	71.1
Chile verde	153,565	145,707	94.9
Ajonjolí	107,098	85,016	79.4
Cártamo	137,423	81,413	59.2
Algodón	133,576	133,176	99.7
Garbanzo	82,337	78,134	94.9
Papa	64,032	62,056	96.9
Cebolla	50,848	49,970	98.3
Tomate rojo	50,596	49,110	97.1
Tomate verde	43,833	42,827	97.7
Arroz	42,311	40,635	96.0

2.9. Los fertilizantes y las leguminosas

Los fertilizantes nitrogenados y el riego fueron pilares de la “Revolución Verde” (1960-1980) y aumentaron sensiblemente los rendimientos de los cultivos de trigo y maíz, que se tornaron a predominar (Fageria y Baligar 2005). Por ende, las rotaciones con leguminosas pasaron a ser menos frecuentes.

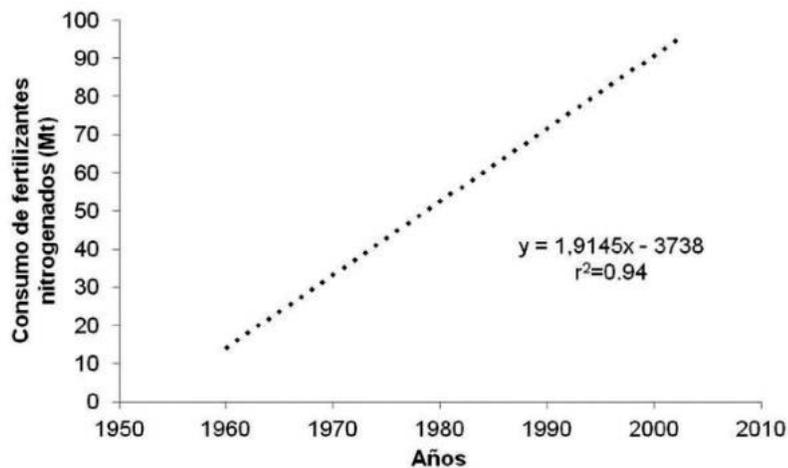


Figura 11. Consumo mundial de fertilizantes nitrogenados, desde 1961 hasta principios del siglo XXI (Raun & Schepers 2008).

Experimentos conducidos en Cuyuta, Guatemala, han mostrado que el costo de sustitución de fertilizante-N de *Canavalia ensiformis* manejados bajo cero laboreo (residuos no incorporados) permanecen cerca de 60 kg/ha, mientras tanto que el costo asciende hasta 158 kilogramo de nitrógeno por hectárea, una vez que los residuos son plenamente incorporados. Por medio de mecanismos de acción directos e indirectos, las PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) tienen la posibilidad de permitir una reducción significativa en la utilización de plaguicidas y fertilizantes químicos. Los mecanismos directos, donde las bacterias le dan a la planta metabolitos sintetizados por ella sola, estimulan el aumento vegetal incluyendo la producción de fitohormonas como las auxinas y disminuyendo el grado de etileno, perfeccionando la concentración de nutrientes –hierro o fósforo–, así como la estimulación de mecanismos de resistencia a patologías de la planta (Hani Antoun et al., 2005). Entre los mecanismos indirectos, las PGPR trabajan como agentes de biocontrol, disminuyendo patologías provocadas por microorganismos fitopatógenos, estimulando otras simbiosis benéficas y salvaguardando a la planta mediante la degradación de sustancias nocivas en suelos contaminados (Vital y Mendoza, 2014).

La simbiosis de la alubia con la bacteria *Rhizobium* debería permitir al cultivo la fijación de nitrógeno, pero en los suelos provenientes del cultivo convencional la

presencia de cepas de la bacteria es reducida o inexistente, por lo que su capacidad infecciosa y de nodulación puede ser en general reducida. Hasta que el suelo no alcance su equilibrio vital puede ser conveniente recurrir a la inoculación en el momento de la siembra (CIFN, 2021).

2.10. Cultivos de cobertura

Los productores siembran cultivos de cobertura en diferentes temporadas, como otoño o a finales de primavera-verano, de forma uniforme o entre surcos. Algunos no terminan su desarrollo por los climas fríos y otros se convierten en maleza. Es posible plantar una o más especies al mismo tiempo. Esta práctica es muy apreciada en la rotación de cultivos, siembra directa y agricultura ecológica.

La rápida descomposición de materia orgánica es un factor vital en los cultivos de cobertura. Cultivos como Algodón, Maíz, Avena, Sorgo o Trigo son más resistentes. Mientras que las leguminosas, cultivos oleaginosos, girasol o cultivos ricos en almidón son más rápidos.

Tabla 5. Asociaciones de cultivos principales y cultivos de cobertura (Anderson, Ferraes, Gundel, Keane y Pound, 1997).

Cultivo principal	Cultivo de cobertura	País / región.
Maíz	<i>Canavalia ensiformis</i>	México
	<i>Vigna spp</i>	Honduras
	<i>Leucaena</i>	Paraguay
	<i>Dolichos Lablab</i>	El Salvador
	<i>Mucuna pruriens</i>	Guatemala
	<i>Phaseolus coccineus</i> (Chinapopo)	Nicaragua
Maíz y mijo	<i>Canavalia ensiformis</i>	Honduras
	<i>Mucuna pruriens</i>	Nicaragua
	<i>Phaseolus vulgaris</i>	El Salvador
	<i>Vigna unguiculata</i>	
Calabacín y maíz	<i>Vigna spp</i>	México
	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Honduras
Maíz y Tomate	<i>Vigna</i>	<i>spp</i> México
	<i>Canavalia ensiformis</i>	

Es un cultivo que sirve de auxilio para rotar la producción. En la tabla 4 se ejemplifica que para el país México un terreno en el que se siembra principalmente maíz, un cultivo de cobertura sería la alubia (*Canavalia ensiformis*) está se siembra de forma permanente a orillas o costados de la siembra del grano, o cuando se termina la temporada sembrar temporalmente la legumbre. Entre otros ejemplos como para cultivos principales como calabacitas, tomate y chiles, su respectivo cultivo de cobertura en nombre científico, ya que hay infinidad de variedades.

2.10.1. Cultivos de cobertura de verano

Los cereales son los cultivos que se plantan en esta época después de las cosechas otoñales de cultivos comerciales. Su principal tarea es proteger al suelo hasta las siembras de primavera, ya que estos no aumentan el rendimiento, solo se utilizan para conservar el suelo, ya que previenen la erosión, combaten las malezas, conservan la humedad y reducen la fuga de nutrientes, aunque también los utilizan para desarrollarse. Al igual se necesita una inversión para comprar sus semillas y pueden ser difíciles de eliminar, causan efectos alelopáticos (comunicación entre plantas, puede ser benéfico o perjudicial para el desarrollo del cultivo principal).

2.10.2. Cultivos de Cobertura de Invierno

Por otro lado estos cultivos crecen en verano, entre las rotaciones de cultivos principales. Como objetivos tienen el de acabar con las malezas, prevenir la erosión y preparar la tierra para la siguiente temporada de cultivo. “Los cultivos de cobertura de verano o primavera también sirven de forraje para el ganado” (Miller, 1996).

Con ayuda de sus raíces, el suelo no se seca de forma rápida, a comparación de cuando el suelo está desnudo debajo de los rayos del sol. Es decir, las semillas pueden no terminar de crecer debido a las sequias que tenemos en verano y las temperaturas altas, por lo cual muchos cultivos, excluyendo a las leguminosas, inducen una deficiencia de nitrógeno en el suelo, lo que puede provocar que los

agricultores se retrasen en el momento de sembrar sus cultivos principales debido a que los de cobertura se desarrollen de forma tardía. (EOS, 2021).

Uno de los ejemplos conocidos es la rotación de zanahorias y repollo, esto con el objetivo de reducir las plagas y enfermedades en los cultivos. Ya que si solo se produce repollo, las plagas nos harían pasar un desagradable momento, al igual que un monocultivo de zanahorias. Pero cuando se alternan ambas especies, hay más control y es más fácil eliminar el uso de plaguicidas.

Otro ejemplo es el cultivo de maíz con leguminosas. Este grano es famoso por su alto requerimiento de nitrógeno y fósforo, y si lo tuviéramos como monocultivo, habría que invertir más en fertilización para enriquecer el suelo y mantener los mismos rendimientos. Por lo que, si se rota con una leguminosa, como el frijol, especie fijadora de nitrógeno, el maíz podrá aprovecharlo sin apoyo de macronutrientes externos (fertilizante) y mejorara la calidad del suelo. (Sembrar, 2021)

2.11. Alcance geográfico en México

Los cultivos de cobertura tienen dos grandes utilidades que debemos de tener en cuenta para no confundirlas, una de ellas es aprovechándolas como forraje de rumiantes y monogástricos, y la otra es cosechando el grano para alimentar a monogástricos como lo son los puercos y las aves. En lugares semiáridos, los cultivos de cobertura nos pueden ayudar en la conservación del agua y a controlar la erosión eólica, estos se cultivan durante la época lluviosa en conjunto del cultivo principal, algunos ejemplos son el sorgo o maíz (Kiff *et al.*, 1996).

2.12 *Canavalia ensiformis* como cultivo de cobertura

Históricamente, las leguminosas han sido utilizadas como fuente de fertilidad nitrogenada de los suelos, en la rotación con cereales. Desde la antigüedad, se

utilizaron ampliamente por su capacidad para mejorar las condiciones de fertilidad y otorgar beneficios al cultivo siguiente (Pieters, 1927).

Los cultivos de cobertura permanecen siendo populares entre las tecnologías más prometedoras en la transición de la agricultura de “corte y quema” hacia sistemas permanentes. Especialmente para Centro y Sur América (Versteeg, 1990).

En un análisis comparativo de 5 cultivos de cobertura, con la finalidad de obtener un mejor control del uso de herbicidas en Costa Rica, *Canavalia ensiformis*, fue exitosa en el control de rogelia (*Rottboellia cochinchinensis*) a lo largo de la temporada del cultivo de maíz (De la Cruz, 1992). De las plantas invasoras terrestres la Rogelia es de las más perjudiciales que poseemos en México. Causa daños bastante graves a cultivos e invade ambientes naturales. Es primordial evitar que la planta siga extendiéndose en el país, se ha visto en Chiapas, Oaxaca, Guerrero y Veracruz, sin embargo es posible que ya exista en más estados. Se reconoce de forma fácil por la manera de sus inflorescencias, los pelos firmes en la vaina, el nervio medio blanco y asimétrico de la hoja (Rojas-Chávez y Vibrans, 2010).

Normalmente los cultivos de cobertura se siembran en temporada de lluvias, pero para el caso de esta leguminosa no, esta da protección al suelo hasta por tres meses después de que se terminen las lluvias, es decir cuando se termina el ciclo de la mayoría de los cereales y granos, que sin las precipitaciones no se dan. El que la *Canavalia ensiformis* se pueda dar después de los diluvios es una ventaja importante ya que para los granos el tema del agua es fundamental para su desarrollo y rendimiento.

2.12.1 Descripción de la planta *Canavalia*

Es una planta herbácea del núcleo familiar de las Fabáceas (frijoles), que se usa como abono verde y cultivo de cobertura. Muestra una elevación de 0,5 – 2 m, empero se puede prolongar hasta por 10 m una vez que tiene elección de trepar. Su periodo de cultivo es de 170 –240 días. Crea vainas gigantes, de 20 – 30 centímetros de longitud y 2 centímetros de ancho.

Nombre científico; *Canavalia Ensiformis*

Nombre en inglés; Jack Bean, Sword vean.

Nombre en español; *Canavalia*, Alubia, Judía, frijol.

2.12.2 Características

La *Canavalia*, cubierta verde o abono verde, es una leguminosa adaptada a tolerar la sequía, la sombra y suelos de baja fertilidad. Algunas características de la especie como cultivo de cobertura en ciertas situaciones de América es que es un cultivo de bajo riesgo: El tamaño grande de las semillas facilita la siembra y reduce los riesgos de establecimiento y se considera también como un cultivo de menor peligro, ya que el gran tamaño de las semillas apoya a la siembra y resta riesgo de establecimiento y se considera también como un cultivo versátil: las especies llegan a tener una medida ecológica bastante amplia.

2.12.3. Usos

Se emplea principalmente como cultivo de cobertura, abono verde, control de malezas, como un sustituto parcial a la harina de pescado en la dieta de la tilapia *Oreochromis mossambicus* (Martínez-Palacios et al., 1988) y además se le atribuye un impacto insecticida, en especial contra zompopas (*Atta* sp), aun cuando esto no fue científicamente comprobado.

Para extender su historia eficaz en el campo se indica podarla una vez iniciada la floración para que casi no genere vainas, y manejarla como seto. Puede dar de 3 a 7 toneladas de materia seca por hectárea en un periodo, y fijar alrededor de 10 kilogramo por hectárea de nitrógeno. Si es primordial remover la planta finalmente del periodo, es mejor remover solo la parte aérea dejando las raíces, para que estas se descompongan y liberen el nitrógeno. Además, se puede arar e integrar toda la planta después de la floración. Las semillas maduras frescas tienen dentro alcaloides tóxicos, de forma que tienen la posibilidad de causar inconvenientes en

animales y humanos si son consumidas. De sus principales usos está el de alimento para ovinos; entre los ingredientes encontramos las semillas de *Canavalia ensiformis*, el cual contiene proteína cruda y energía metabolizable, reconocidas como ingredientes proteicos.

En la zona tropical de México, las producciones de corderos se realizan en condiciones de estabulación con alimentación que ayuda a la ganancia de peso del animal, incrementando 180g es decir una conversión alimenticia menor a siete (Muñoz-Osorio et al., 2015).

Tipo de ovino	Nivel de inclusión de semillas de <i>C. ensiformis</i> en la dieta (%)	Resultado	Referencia
Ovinos con 30 a 33 kg de PV	0, 20 y 40 duración del estudio: cinco semanas.	El PV y consumo de alimentos no se afectaron. No se reportaron animales enfermos	Dominguez-Belb y Stewart (1990)
Ovinos hembras y machos	0, 22 y 32 duración del estudio: 90 días.	No se reportaron animales enfermos.	Dixon et al (1983)
Ovinos hembras	0 22 32	Ganancia diaria de peso 65; 82; 78	Dixon et al (1983)
Ovinos machos	0 22 32	Ganancia diaria de peso 136; 127; 98	Dixon et al (1983)
Ovinos machos	0 25 (alimento sin fermentar) 25 (alimento fermentado)	Ganancia diaria de peso 195; 62; 107	Hernández-Monié et al. (2016)

Tabla 6. Influencia de la inclusión de semillas crudas de *Canavalia ensiformis* sobre la productividad y estado de salud de los ovinos. (Hernández, 2017).

Los resultados de los estudios (Tabla 6) indicaron que puede agregarse hasta un 22% de *Canavalia* en dietas integrales, sin que afecten la salud y ganancia de peso diaria en los corderos.

2.12.3.1 Usos y beneficios tradicionales de la planta *Canvalia ensiformis*

- La semilla de *Canavalia* se utiliza como antibiótico y antiséptico en Nigeria.
- También se utiliza para el tratamiento de ozena, hemorroides, pyorrhea, otitis media, ebulliciones, cánceres, enfermedades inflamatorias y dermatitis atópica en Japón.
- Extracto se utiliza en jabón para el tratamiento del pie y acné del atleta en Corea.
- Las hojas fueron utilizadas por los malayos en el tratamiento de la gonorrea en malasia peninsular.
- Las hojas se utilizaban con otras sustancias en una especie de tónico mágico que se exprimía a los ojos.
- Se utiliza en el tratamiento de vómitos, gotas abdominales, lumbago relacionado con los riñones, asma, obesidad, dolor de estómago, disentería, tos, dolor de cabeza, neuralgia intercostal, epilepsia, esquizofrenia, enfermedades inflamatorias e hinchazón en Corea.

2.12.3.2 Usos culinarios

De los usos de alimento Ventosa-Febles (2017) reporta los siguientes usos:

- Antes de que las semillas se hinchen en su interior, se pueden comer crudas.
- También se cocinan como frijoles franceses y se utilizan como un vegetal.
- La semilla tostada se utiliza como sustituto del café en Cuba.
- Las hojas jóvenes se cocinan como espinacas.

- En algunas partes tropicales del mundo donde el frijol *Canavalia* está disponible, sus hojas jóvenes y vainas verdes se utilizan como verduras.
- En cambio el frijol maduro contiene saponinas potencialmente dañinas, glucósidos cianogénicos, terpenoides, alcaloides y ácido tánico y debe cocinarse antes de comer.
- Las vainas jóvenes se cortan en rodajas y se cocinan o se comen crudas.

2.12.4. Condiciones ambientales óptimas

Canavalia crece hasta una elevación de 900 msnm, con precipitaciones cerca de 900-1200 mm; tolerando sequías, siluetas y moderadamente inundaciones. Puede crecer en suelos pobres con textura franco arenoso o arcilloso con pH de 4,3 - 8 (*Canavalia ensiformis*, 2014) *Canavalia* es una especie de abundante desarrollo que se acomoda a las condiciones tropicales de altas lluvias, temperaturas y días largos de sequía (Álvarez, 2000).

2.13. Producción en México

Según una investigación del Centro de estudios para el desarrollo rural sustentable y la soberanía alimentaria (CEDRSSA) sobre el mercado del frijol, situación y prospectiva en realizado en Febrero del 2020, Se identifica al frijol en 3 enormes conjuntos: Bastante Preferente (Azufrado, Mayocoba, Negro Jamapa, Peruano, Flor de mayo y flor de junio), Preferentes (Garbancillo, Manzano, Negro San Luis, Negro Querétaro y Pinto nacional) y en No Preferentes (Alubia, Bayo berrendo, Bayo blanco, Bayo Flujo de agua enorme, Negro Zacatecas, Ojo de Cabra y Pinto Mexicano). Poniendo como a la alubia en el grupo de no preferentes, por lo tanto, no es tan común que haya agricultores produciendo dicha legumbre.



Figura 12. Frijol *Canavalia*, cosecha de Macua ubicada en Finca Altos de Guadalupe, El Hatillo, Chipatá, Santander, Colombia 2020

El grano de *Canavalia* se remoja a lo largo de 24 a 48 horas, se lava y se da a los rumiantes. En Guatemala, la *Canavalia* tostada y molida se utiliza para consumo humano como café. Además, se ha informado que, en México, en la actualidad está bajo prueba un proceso de fermentación de grano de *Canavalia* con, o sin melaza, con el objetivo de alimentar porcinos.

En perspectiva de los Agronegocios, es interesante cuantificar económicamente la rentabilidad de dicha legumbre, evaluando su costo/beneficio contra el costo de mantenimiento del cereal. Ya que referente a estas investigaciones no se encuentra tanta información a diferencia de la parte técnica de cada cultivo y los elementos que aportan o absorben de la tierra.

2.14. Asociación de maíz y Canvalia Ensiformis

Debido a que esta técnica de rotación de cultivo es una actividad que se realiza desde hace mucho tiempo, y está respaldada por muchos trabajos, hablando del empleo de la *Canavalia Ensiformis* está demostrado que, por su aporte de Nitrógeno a la tierra, reduce el consumo de fertilizantes, lo que hace que se vuelva punto en común con el maíz ya que este es conocido como un cultivo, de lo que más ocupan son fuentes de Nitrógeno.

2.14.1 Descripción

Para el cultivo de la alubia (*Canavalia ensiformis*), las variedades de enrame, debido a su marcado desarrollo y la debilidad del tallo, es imprescindible recurrir al en tutorado, para que este la guíe en vertical ascendente y sujetarla para evitar el desarrollo rastrero.

Para crear una asociación simbiótica entre el maíz y las alubias. Es importante saber que esta asociación consiste en que las dos partes se beneficien mutuamente: el maíz aportaría el soporte para que la alubia crezca y trepe, y la judía le ofrecerá el nitrógeno necesario para crecer en vertical (Ekonejazaritza, 2005).

2.14.2 Alcance geográfico México

En la tabla 6 se observan los resultados de una investigación donde el objetivo fue estimar la materia seca de maíz como alternativa para el mejoramiento de suelos agrícolas, como parte de su investigación sacaron un rendimiento del grano de maíz asociado con frijol (*Canavalia ensiformis*) y calabaza (*Cucurbita moschata Duch*), para el propósito de nuestra investigación nos apoya visualmente como antecedente de que el maíz y nuestra leguminosa de estudio si son cultivos asociados y estudiados en conjunto, aquí muestra un rendimiento menor en comparación con el monocultivo, ya que se concluye que a mayor competencia intra e interespecífica después de la floración, el rendimiento es menor. Pero habría que estudiarse la relación costo / beneficio en cuanto a los costos de producción.

Tabla 7. Rendimiento de maíz por unidad de superficie en el ejido de Cristóbal Obregón de Villaflores, Chiapas, (QCCH, 2010)

Sistema de cultivo	Rendimiento de maíz (t ha-1)
Maíz unicultivo	7.13 A
Maíz - frijol	6.70 AB
Maíz - calabaza - frijol	5.66 AB
Maíz – <i>canavalia</i>	5.23 AB
Maíz - calabaza	4.31 AB
Maíz - calabaza - <i>canavalia</i>	3.57 B

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Realizar una comparativa entre la asociación del cultivo de Maíz y la Alubia contra el monocultivo del maíz empleando fertilizantes como alternativa de Agronegocio para los agricultores de riego del estado de Guanajuato.

3.2 Objetivos específicos

- Determinar una comparativa socioeconómica entre el cultivo de maíz y la alubia contra el monocultivo del maíz.
- Identificar el porcentaje que representa el gasto de fertilizantes en los costos de producción del cultivo del maíz.
- Medir los costos de producción de una hectárea de maíz y alubia.
- Analizar una comparativa el margen de utilidad por rendimiento de una hectárea de maíz y alubia, contra la del monocultivo de maíz.

- Cuantificar el costo/beneficio de una hectárea de alubia, invirtiendo el costo de fertilizantes del maíz.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Campo de estudio

El marco geográfico de este estudio ha sido el municipio de Celaya el cual está localizado a los $101^{\circ} 48' 55''$ de longitud oeste del Meridiano de Greenwich y a los $20^{\circ} 31' 24''$ de latitud norte, su elevación sobre el grado del océano es de mil 752 metros. La zona de la región municipal comprende 553.23 km², equivalente al 1.82% del área total del estado, del cual el uso de suelo Agricultura (64.7%) y zona urbana (19.6%) (INEGI, 2019).

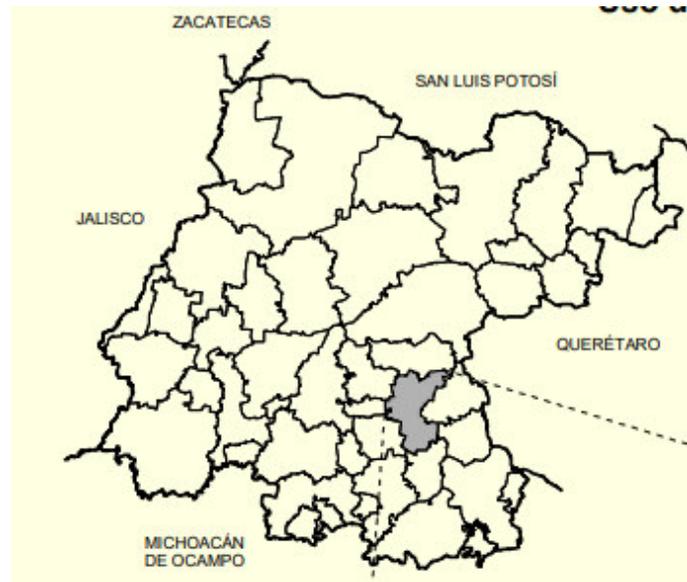


Figura 13. Ubicación del municipio de Celaya en el estado de Guanajuato.

4.1.1 Hidrología

La primordial corriente hidrológica del municipio es el flujo de agua Laja, el cual nace en el municipio de San Felipe recorre Dolores Hidalgo y Allende, penetra por medio de Comonfort por el norte del municipio de Celaya y fluye por el oriente de la metrópoli, cruzándola longitudinalmente de norte a sur; de allí gira al poniente para desembocar en el flujo de agua Lerma. En la zona de Celaya se explotan 2 acuíferos, uno inferior termal con temperatura del orden de los 40° C, compuesto por depósitos volcánicos tobáceos tipo rioeolítico (INEGI, 2009).

4.1.2 Condiciones climáticas

El clima del municipio es predominantemente Semiseco semicálido (65%), semicálido subhúmedo con lluvias en verano de menor humedad (21%), semiseco templado (7.4%), templado subhúmedo con lluvias en verano de menor humedad (4.5%) y templado subhúmedo con lluvias en verano de humedad media (2.1%). Su temperatura va desde los 25.5°C a los 16°C, la media anual es de 20.85°C, su clima se encuentra entre semiseco y semicálido, con una precipitación pluvial anual promedio de 575.3 mm (INEGI, 2009).

4.1.3 Suelos

El suelo se destaca en el municipio es el Vertisol Pélico siendo adecuado para la agricultura y la ganadería, ya que la planicie la cubre con capas de arcilla limosa. (INAFED, 2021).

4.1.4 Demografía de estudio

En el municipio se registra una superficie de cultivo de maíz 6,376 hectáreas en el ciclo primavera verano del 2019 (Tabla 8).

Tabla 8. Superficie de Maíz sembrada en Celaya, en 2019.

Variedad	Superficie sembrada (ha)	Superficie cosechada (ha)	Valor de la producción (Ton)	Rendimiento (Ton/ ha)	Valor de la producción (miles \$)
Maíz Amarillo	118	118	598	9.63	1,674
Maíz Blanco	6,258	5,419	17,782	10.49	49,454
Total	6,376	5,537	18,380		51128

Fuente: Elaboración propia a partir de SAGARPA/SIAP. (<http://www.siap.gob.mx>)

4.2 Unidad de ponderación

Esta investigación se midió en base a una hectárea, esta es una unidad de medida es igual a 10,000 metros cuadrados. Usualmente utilizada para medir terrenos, como aplica en este caso. Se expresa como ha. Como sabemos en una hectárea perfecta es un cuadrado de 100 m de ancho por 100 m de largo, sembrada a 76 cm entre surcos. Obteniendo 131 surcos de 100 metros de largo cada uno; esto quiere decir que de una hectárea de maíz se obtienen 13,150 metros lineales de surcos de maíz (Delgado, 2016). Así mismo se consideró un año de producción, ciclo primavera-verano para el maíz y otoño-invierno para la *Canavalia*. Como proceso de rotación de cultivo.

4.3 Herramientas para recabar información

Para llevar a cabo esta investigación se utilizaron los datos de una empresa mexicana dedicada a la venta de fertilizantes y agroquímicos, de un distribuidor autorizado John Deere, y de agricultores, productores de maíz en el municipio de Celaya.

4.4 Variables de estudio

Mediante la investigación bibliográfica sobre el tema y con base a resultados de asesorías con asesores de ventas y técnicos en campo de empresas agrícolas y pláticas con productores, se definen a continuación las variables que precisan a la unidad de observación, al igual que su impacto cuantitativo y cualitativo en costos y rendimientos de los cultivos *Canavalia Ensiformis* y Maíz.

4.4.1 Rendimiento

El rendimiento instituye la interacción cuantitativa-física que guarda la unidad de producto obtenido con la unidad de área cosechada. “Es el resultado de dividir la producción obtenida entre la superficie cosechada”, (SAGARPA, 1999). Obtenido en una unidad de área (hectárea), se representa como “Ton/Ha”; a lo largo de un periodo benéfico definido, entre nuestros propios cultivos cíclicos de análisis poseemos primavera-verano para el maíz y otoño-invierno para la *Canavalia*.

4.4.2 Proceso productivo

Esta etapa hace factible una aproximación de los costos de producción y el rendimiento agrícola. Es decir, es la práctica de los muchos trabajos agrícolas y aplicación de insumos, en la tierra ya que se da en función del desarrollo vegetativo del cultivo, a partir de la etapa del proceso de producción, como lo son la preparación de la tierra, siembra o plantación, labores de beneficio y cosecha. (FAO, 2020).

4.4.3 Costo de producción agrícola

Su principal función es en permitir que los montos monetarios establezcan proporcionalmente el precio a la producción y que midan la magnitud de rentabilidad y utilidad obtenida.

Esto basado en las siguientes actividades:

- La unidad de observación.
- Un período de tiempo determinado (ciclo agrícola o año).
- Todas y cada una de las labores e insumos utilizados o por utilizar en el proceso productivo, desde la preparación de la tierra hasta la obtención del cultivo.

Quedando excluidas del costo de producción agrícola cualquier actividad externa como lo es el proceso de la comercialización del producto, como acarreo de venta, empaque. (SIAP-SAGARPA, 2020)

4.4.4 Precio

Es la moneda nacional expresada en pesos por tonelada del cultivo de interés, se efectúa en el instante en que los productores reciben dinero de primera mano en sus ventas, en el lapso de análisis, costo que es ponderado por la producción que corresponde. Y de acuerdo con las clasificaciones siguientes;

En orden del cultivo de interés: maíz grano, frijol, sorgo grano, trigo, cebada, etc.

En orden de la calidad del cultivo de interés: Primera, Segunda, Tercera.

Del mercado: Nacional e Internacional, (SIAP-SAGARPA, 2020).

4.4.5 Utilidad

Es la diferencia entre el valor de la producción y costo de la producción. Esta nos ayuda con la estimación de la rentabilidad de la inversión, se puede medir con el margen de utilidad bruta.

4.4.5.1 Margen de utilidad bruta

El margen de utilidad bruta es la diferencia que existe entre los ingresos generados por una actividad (Ingreso Bruto) y los gastos en que se incurren para producir dicho ingreso (Gastos Directos) (Román et al., 2013)

$(\text{Precio de venta} - \text{Costo de producción}) / \text{Costo de producción} * 100 = \text{Margen porcentual.}$

4.4.6 Valor de la producción

Es medir y cuantificar en términos monetarios la porción física de producto obtenido en un definido lapso contable. Su primordial funcionalidad es ver a costos de mercado el total de la producción del cultivo de interés obtenida dentro del lapso de análisis, así como, sentar las bases que permitan la estimación de la utilidad y productividad conseguidas. Criterios de categorización: En orden de las cambiantes que en su mayoría influyen en sus montos. Categorización; tamaño del predio; aprovechamiento de agua, diversidad de árbol; uso o no de fertilizante; tipo de propiedad. (SIAP-SAGARPA, 2020)

4.4.7 Rentabilidad

Rendimiento o ganancia que produce de la explotación del cultivo, su objetivo principal es el facilitar la investigación que las variaciones de uso de componentes productivos transmiten a los montos y tasas obtenidas por cada peso invertido, este se puede medir mediante la relación costo/beneficio. (SIAP-SAGARPA, 2020)

4.4.7.1 Relación Beneficio-Costo (B/C)

Es el resultado de dividir el costo actual de la corriente de beneficios entre el costo actual de la corriente de precios, a una tasa de actualización o de deducción, antes definida. La fórmula es la siguiente:

$$B/C = \sum_{t=1}^T Bt(1+r)^{-t} / \sum_{t=1}^T Ct(1+r)^{-t}$$

En consideración al criterio establecido de elección de proyectos de inversión por medio de este indicador, se admitirán los proyectos o se catalogarán como rentables si su B/C sea igual o más grande que uno, (B/C=>1).

VAN de los ingresos y el VAN de los egresos

C/B = VAN ingresos / VAN egresos

Al obtener un resultado con costo igual a 1.0 supone que la inversión inicial se recuperó satisfactoriamente luego de haber sido evaluado a una tasa definida, y desea mencionar que el plan es posible, si es menor a 1 no muestra productividad, debido a que la inversión del plan nunca se ha podido recobrar en el lapso predeterminado evaluado a una tasa definida; sin embargo si el plan es superior a 1.0 supone que además de recobrar la inversión y haber cubierto la tasa de rendimiento se obtuvo una ganancia extra (Hernández-Moctezuma et al., 2015).

4.4.8. Retorno por Inversión

El retorno por inversión (o “Return on Investment”, ROI por sus siglas en inglés) o también denominado retorno sobre inversión, es una medida de desempeño usada para evaluar la eficiencia de una inversión o para comparar la eficiencia de un número de diferentes inversiones (Gutiérrez, 2020).

ROI = (Valor actual de la inversión – Costo de la inversión) / Costo de la inversión

4.4.9 Gastos fijos

4.4.9.1 Alquiler de la tierra

Es el pago monetario que se hace por el uso de un espacio delimitado por tamaño (1 ha) que nos permite el conocer la magnitud del gasto de esta definición y relación con el costo de producción, la utilidad y la rentabilidad de la producción del cultivo de interés. Renta de una ha por 3 meses \$11,000 en el municipio de Valle de Santiago (Fernández, 2021).

4.4.9.2 Remuneración salarial

“Se define el salario como la retribución que se paga por el trabajo, o sea la energía que el hombre aplica a la producción con el propósito de obtener una renta” (Barsa, 1980) La función principal es cuantificar la mano de obra como actividad de producir la labranza agrícola y se presenta en la moneda nacional (peso). Se puede establecer por actividad realizada, según el trabajo; riego, aplicación de plaguicidas o herbicidas, administración, cosecha, etc.

Salario diario, por concepto de mano de obra por 8 horas de trabajo, \$200. (Fernández, 2021).

4.4.9.3 Maquinaria agrícola

Para actividades como rastra, nivelación, surcado, siembra y cosecha. Es necesario el uso de maquinaria agrícola, que consiste en el uso de un tractor y de implementos que nos ayuden a hacer estas actividades mencionadas anteriormente de forma mecanizada, a continuación se harán un desglose de precios por renta de los equipos de la marca John Deere, entre otros para agricultores de grano,

proporcionados por la distribuidora autorizada Equipos y Tractores del Bajío S.A. de C.V. sucursal Celaya.

Rastra mx225 18 discos \$140,609 mxn, renta por mes \$ 11,717.42, por dos días de uso \$781, A esto le sumamos los dos días de uso del tractor. \$3,115

Niveladora marca Kimball de 10 pies \$88,000 mxn, renta al mes \$7,333, por día de uso \$244, más lo del tractor: \$1,412.

Tractor 5090EH año 2019 \$35,000 mxn por mes, al día \$1,167.00, para surcar se toma la mitad del día, \$584.00

Sembradora, semillera marca del Bajío modelo 2004-15-D \$130,000 mxn, renta por mes \$10,833, por un día y medio de uso \$542.00 A esto le sumamos el día y medio del tractor. \$2,293.

Trilladora 9650sts, año 2002 \$1,173,240.00 mxn, renta por mes \$97,770.00 por día de uso \$3,259.00

4.4.9.4 Riegos

Por motivos del trabajo, el tipo de riego que manejaremos será por gravedad o rodado, el precio por hectárea regada es de \$800.00 (Fernández, 2021).

4.4.10 Gastos variables

Entre gastos variables, tenemos la fertilización expresada en la tabla 2 para el caso del maíz y para la *Canavalia* se maneja lo que es la mezcla profermix 10-21-10 para leguminosas, el reabone N36 y para terminar solo sulfato de amonio, Precios de la lista de la empresa de fertilizantes Proferba.

En cuanto a las semillas, los precios llegan de páginas comerciales como mercado libre de marcas como Asgrow, marca comercial de semillas híbridas de maíz y Germiseeds para la *Canavalia ensiformis*.

Y para los inolvidables agroquímicos, herbicidas y plaguicidas, también son distribuidos por la empresa Proferba.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se recabaron los costos unitarios y totales de cada actividad para estimar los costos de producción de maíz en riego para obtener un rendimiento meta de 12 toneladas por hectárea, su principal función fue valorar a precios de mercado el total de la producción del cultivo de interés obtenida dentro del periodo de estudio. El cual se determinó que fue de 33,233 pesos por hectárea (Tabla 9).

Tabla 9. Costo de producción del Maíz en riego para 12 Toneladas.

<i>Actividad</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Costo unitario (\$)</i>	<i>Costo total (\$/ha)</i>	<i>Total (\$)</i>
Preparación del terreno				5,111.00
Rastras	2	1,557.50	3,115.00	
Nivelación	1	1,412.00	1,412.00	
Surcado	1	584.00	584.00	
Siembra				7,843.00
Siembra de precisión	1	2,293.00	2,293.00	
Semilla ⁽¹⁾	90 millares	61.60	5,550.00	
Fertilización ⁽²⁾				9,716.00
Profermix 20-20-05 ^(2.1) (1er sobreabono)	350 kg	561.00	3,927.00	
Profermix 36-00-08 ^(2.2) (2do sobreabono)	450 kg	485.00	4,365.00	
Sulfato de amonio ^(2.3)	200 kg	356.00	1,424.00	
Control de maleza ⁽³⁾				1,735.00
Post temprano				
Elumis	1l	1,175.00	1,175.00	
Aplicación	1 jornales	200.00	200.00	
Post emergente				
Tronador	1l	160.00	160.00	
Aplicación	1 jornal	200.00	200.00	
Control de plagas ⁽³⁾				769.00
Palgus	100 ml	305.00	305.00	
Cimetrina	240 ml	64.00	64.00	
Aplicación	2 jornales	200.00	400.00	

Riego			4,800.00
A la siembra	1	800.00	800.00
1er. Auxilio	1	800.00	800.00
2do. Auxilio	1	800.00	800.00
3er. Auxilio	1	800.00	800.00
Aplicación	8 jornales	200.00	1,600.00
Cosecha			3,259.00
Trilla	1 ha	3,259.00	3,259.00
Total			33,233.00

⁽¹⁾1.5 saco por ha. 1 saco de semillas Asgrow 60,000 semillas por \$3,700.; ⁽²⁾ Lista de precios de la empresa PROFERBA (mayo 2021); ^(2.1) \$561 por un saco de 50 kg. Para una ha se necesitan aproximadamente 350 kg; ^(2.2) \$485 por un saco de 50 kg. Para una ha se necesitan aproximadamente 450 kg; ^(2.3) \$356 por un saco de 50 kg. Para una ha se necesitan aproximadamente 200 kg; ⁽³⁾ agroquímicos proferba; ⁽⁴⁾ valor abril 2020 \$3,562.13 por 1 ton (rendimiento de 12 ton \$42,745.56)

En la figura 14 se observa una gráfica que muestra el porcentaje representativo del costo total de cada actividad para estimar el costo de producción del maíz. Ubicando primeramente el que representa la mayor cantidad de inversión con el 29% a los fertilizantes.

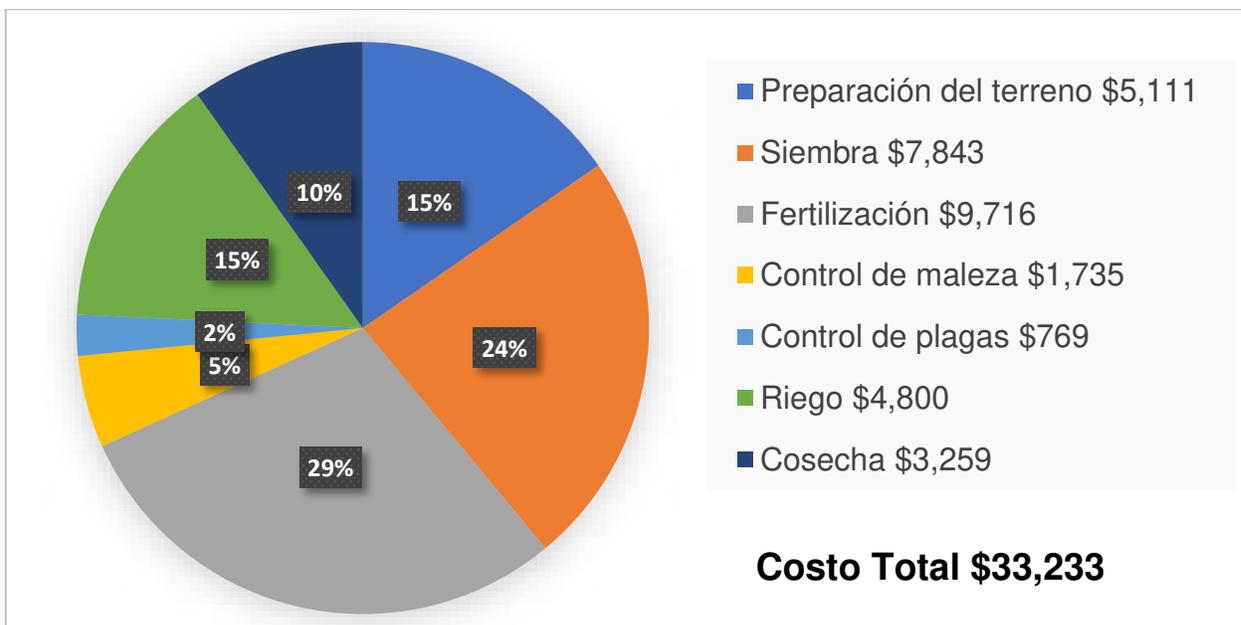


Figura 14. Gráfica representativa de costos de producción para rendimiento meta de 12 toneladas.

En contexto en el estado de Sinaloa, FIRA nos presenta la siguiente gráfica en la que de igual forma viene separado por porcentaje el costo de cada actividad para la producción de maíz, en la que apreciamos un patrón igual que nuestra grafica anterior representando al estado de Guanajuato, los fertilizantes son el porcentaje más alto aquí demostrado un 24% (Figura 15).

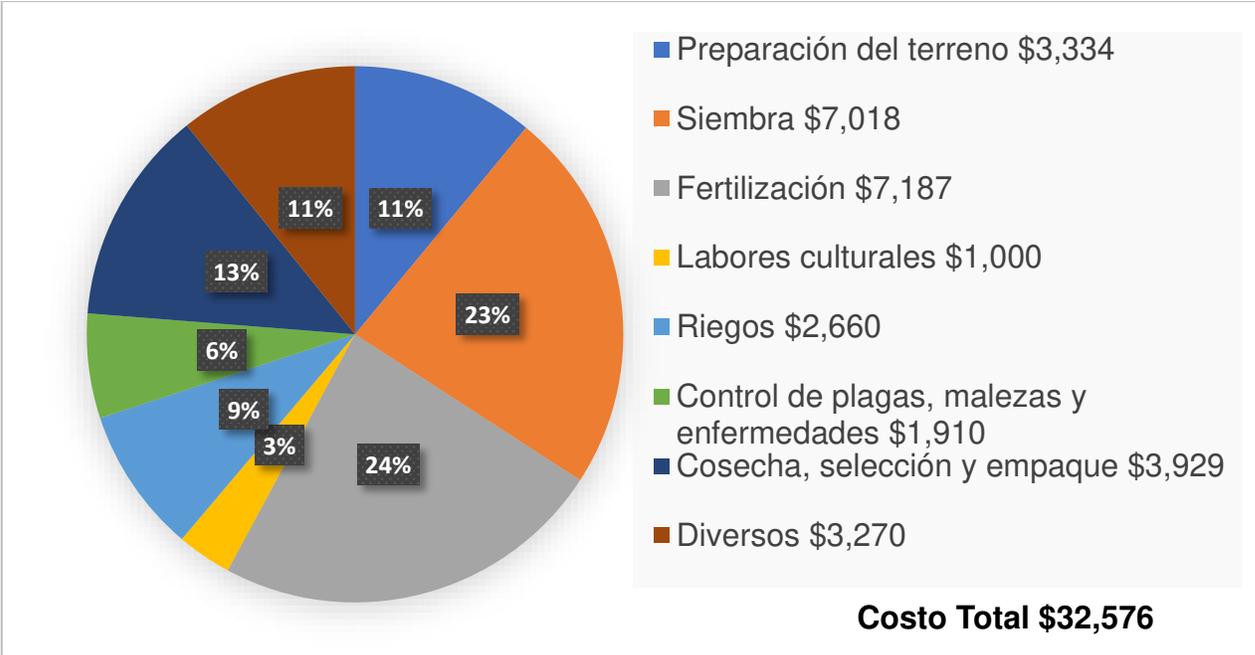


Figura 15. Los costos de producción aquí presentados aplican para el estado de Sinaloa, México, y están expresados en Pesos Mexicanos (FIRA, 2019).

En la tabla 10, esta se indica el precio en que se está recibiendo por la tonelada de maíz durante el desarrollo de este proyecto, lo cual se utilizó para poder sacar el valor monetario de nuestra producción. Es decir que para el mes de Abril del año 2021, según el Departamento de agricultura del Banco Mundial, es de \$5,368.70 pesos la tonelada, esto multiplicado por las 12 toneladas de rendimiento por ha estimadas, es igual al valor actual de la inversión \$64,424.40.

5.1. Valoración económica del Maíz como monocultivo.

Retorno por inversión (ROI)

ROI = (Valor actual de la inversión – Costo de la inversión) / Costo de la inversión

VALOR DE LA INVERSIÓN	\$ 64,424.40
COSTO DE PRODUCCION	\$ 33,233.00
ROI	\$93.86

Lo que nos da un resultado del \$93.86 de retorno por inversión (ROI), esto nos indica el beneficio obtenido por cada peso invertido.

Tabla 10. Maize (corn), U.S. No.2 Yellow, FOB Gulf of Mexico, U.S. price, Peso mexicano por Tonelada, US Department of Agriculture; World Bank.

Mes	Precio	Tasa de cambio
Oct. 2020	3.972,73	
Nov. 2020	3.887,47	-2,15%
Dic. 2020	3.971,71	2,17%
Ene. 2021	4.673,02	17,66%
Feb. 2021	4.985,64	6,69%
Mar. 2021	5.088,61	2,07%
Abr. 2021 (4)	5.368,70	5,50%

Para el Margen de Utilidad vamos a evaluar ambas situaciones, si un productor, produce maíz y alubia:

Costos de producción maíz = \$33,233.

Precio de venta maíz = \$64,424.40.

Margen de utilidad

(Precio de venta – Costo de producción) / Costo de producción * 100 = Margen.

Precio de venta	\$64,424.40
Costo de producción	\$33,233
Margen por tonelada	93.86%

Este resultado, es demasiado alto, debido a que hay un margen de ganancia sobre la inversión del 93.86% con lo que podemos inducir que el maíz es uno de los cultivos con mejor ganancia en el estado de Guanajuato, debido al precio que tenemos actualmente.

Costo/Beneficio

El costo/beneficio del maíz, invirtiendo el costo de fertilizantes que es el de más alto valor.

C/B= VA (B) valor actual de beneficios (proyección de ingresos) = \$64,424.40

VA (M y O) = Valor presente mantenimiento y operaciones= \$33,233

I= Inversión = \$9,716.00 (Tomando el costo de fertilizantes de la producción de una ha de maíz)

C/B= va (b) – va (m y o) /I

$$C/B = \frac{\$64,424.40 - \$33,232.00}{\$9,716.00} = \frac{\$31,192.40}{\$9,716.00} = 3.21$$

Es importante que la relación beneficio-costo sea mayor a 1 para que exista una recuperación de la inversión y utilidad en primera instancia y en segundo lugar es necesario comparar la utilidad en términos absolutos.

5.2. Valoración económica de *Canvalia ensiformis*

El cultivo del frijol “Aluyori” en el estado de Sinaloa ocupa el segundo lugar en la economía agrícola; durante el ciclo de otoño-invierno 2008-2009 se cosechó una superficie de 93 510 ha, con una producción de 162 219 t y un rendimiento medio de 1 735 kg ha⁻¹, correspondiendo 88 425 ha bajo condiciones de riego, con un rendimiento de 1 799 kg ha⁻¹ y 5 085 ha en temporal con 622 kg ha⁻¹ (SAGARPA, 2009). Se recabaron los costos unitarios y totales de cada actividad para estimar los

costos de producción de Alubia para obtener un rendimiento meta de 1.7 toneladas por hectarea (Tabla 11).

Tabla 11. Costo de producción de la Alubia en riego para 1.799 Toneladas.

Actividad	Cantidad	Costo unitario(\$)	Costo total (\$/ha)	Total
Preparación del terreno				5,111.00
Rastras	2	1,557.50	3,115.00	
Nivelación	1	1,412.00	1,412.00	
Surcado	1	584	584	
Siembra				9,793.00
Siembra de precisión	1	2,293.00	2,293.00	
Semilla ⁽¹⁾	30 millares	1,250.00	7,500.00	
Fertilización ⁽²⁾				7,202.00
Profermix 10-20-10 + me ^(2.1) (1er sobreabono)	300 kg	478.00	2,868.00	
36-00-08 ^(2.2) (2do sobreabono)	300 kg	485.00	2,910.00	
Sulfato de amonio ^(2.3)	200 kg	356.00	1,424.00	
Control de maleza Post temprano				1,600.00
Fusiflex	1l	1,200.00	1,200.00	
Aplicación	2 jornales	200.00	400.00	
Control de plagas				1,172.00
Kendo	250 ml	120.00	120.00	
Malathion	1 l	207.00	207.00	
Methan	1 l	245.00	245.00	
Aplicación	3 jornales	200.00	600.00	
Riego				4,800.00
A la siembra	1	800	800.00	
1er. Auxilio	1	800.00	800.00	
2do. Auxilio	1	800.00	800.00	
3er. Auxilio	1	800.00	800.00	
Aplicación	8 jornales	200.00	1,600.00	
Cosecha				3,259.00
Trilla	1 ha	3,259.00	3,259.00	
Total				32,937.00

⁽¹⁾6 sacos por ha. 1 saco de semillas Germiseeds de 5,000 semillas por \$1,250; ⁽²⁾ Lista de precios de la empresa PROFERBA (mayo 2021); ^(2.1) \$478 por un saco de 50 kg. Para una ha se necesitan aproximadamente 300 kg; ^(2.2) \$485 por un saco de 50 kg. Para una ha se necesitan aproximadamente 300 kg; ^(2.3) \$356 por un saco de 50 kg. Para una ha se necesitan aproximadamente 200 kg; ⁽³⁾ agroquímicos Proferba.

En la siguiente tabla (Tabla 12) podemos ubicar el precio de venta de la alubia, que en Michoacán, el estado que tenemos más cercano es de \$28 el kilo, en las

centrales de abastos, es decir que multiplicado por 1799 kg, que es nuestra estimación de rendimiento nos presenta un ingreso de venta de \$50,372.

Tabla 12. Reporte semanal de precios al mayoreo por kilo en centrales de abastos.
Semana del 16 al 20 de marzo del 2020

Producto	La Paz		Morelia		Guadalupe, N.L.	
	Origen	Precio \$	Origen	Precio \$	Origen	Precio \$
Alubia chica	N.D.	N.C.	Importación	30.00	Importación	30.00
Alubia grande 1	N.D.	N.C.	Importación	28.00	N.D.	N.C.
Alubia grande 2	N.D.	N.C.	Michoacán	30.00	N.D.	N.C.
Garbanzo chico	Importación	31.00	Guanajuato	22.00	N.D.	N.C.
Garbanzo grande	Importación	30.00	Sinaloa	24.00	Sinaloa	34.00
Haba	Jalisco	35.00	México	45.00	Puebla	79.00
Lenteja chica	N.D.	N.C.	Importación	18.00	Importación	22.00
Lenteja grande	Importación	23.00	Importación	15.00	N.D.	N.C.
Maíz blanco	Jalisco	8.50	Michoacán	5.50	Tamaulipas	8.50

Con los datos del reporte de precio de los puntos de venta más cercanos el retorno por inversión (ROI) para la Alubia Grande es el siguiente:

Alubia grande 2 Michoacán

(1.799 ton) \$ 50,372.00

COSTO DE PRODUCCION \$ 32,937.00

ROI

Lo que nos da un resultado del \$52.93 de retorno por inversión (ROI), este resultado como con el cultivo de maíz, nos indica el beneficio obtenido por cada peso invertido.

Para el Margen de Utilidad vamos a evaluar ambas situaciones, si un productor, produce maíz y alubia:

Costos de producción maíz (\$33,233) + alubia (\$32,937) = \$66,170.

Precio de venta maíz (\$64,424.40) + alubia (\$50,372) = \$114,796.40

Margen de utilidad

(Precio de venta – Costo de producción) / Costo de producción * 100 = Margen.

Precio de venta \$114,796.40

Costo de producción \$66,170

Margen por tonelada 73.49%

Este resultado, incluyendo todos los gastos, evidentemente en el transcurso de los ciclos agrícolas, la tierra se vería más beneficiada con los nutrientes que le aportan cada cultivo lo que nos beneficiaría en invertir menos en los costos de fertilizantes, dándonos un margen de utilidad mayor, por la disminución de esa inversión.

Costo/Beneficio

El costo/beneficio de Alubia como cultivo de cobertura del maíz, invirtiendo el costo de fertilizantes para emprender este agronegocio.

C/B= VA (B) valor actual de beneficios (proyección de ingresos) = \$ 114,796.40

VA (M y O) = Valor presente mantenimiento y operaciones= \$66,170

I= Inversión = \$9,716.00 (Tomando el costo de fertilizantes de la producción de una ha de maíz)

C/B= $va(b) - va(m y o) / I$

C/B= $\frac{\$114,796.40 - \$66,170}{\$9,716.00} = \frac{\$48,626.40}{\$9,716.00} = 5$

Este resultado que es mayor a uno quiere decir que los costos son menores a los ingresos, por lo tanto, es una buena respuesta al beneficio que obtenemos de esta inversión.

Investigaciones relacionadas con la fijación biológica de nitrógeno, han concluido que, en México, la utilización de Fabáceas o leguminosas cuyas tasas de fijación de nitrógeno son altas, pueden complacer las requisiciones de nitrógeno del cultivo del maíz, controlar maleza, proteger el suelo de las erosión y crear otros beneficios, lo cual complace los 90 kg de N/ha, que necesita el maíz (Salgado y Núñez, 2010). La *Canavalia ensiformis* produce una gran cantidad de fitosoma seca haciendo una

fijación biológica de nitrógeno que oscila entre 140 y 160 kg/ha, en todo su ciclo de vida. (Manuel Álvarez, 2000).

Para reducir la necesidad del uso de fertilizantes nitrogenados que consume la agricultura mundial se han propuesto algunas alternativas que van desde la modificación genética de las plantas a la optimización y mejora de la fijación biológica de nitrógeno (Vera y Núñez et al., 2008).

Podemos apreciar que la distribución de los gastos de producción del cereal por FIRA (fig.15), la parte de Fertilización, la que está ubicada en color gris es la más costosa *Canavalia Ensiformis* siendo del 24% por lo cual si se prepara el suelo con la siembra y producción de la podemos reducir el costo más alto de la producción del maíz. Que en comparación con la gráfica de pastel (fig. 14) que se realizó con la tabla de costos de producción del maíz las dimensiones quedaron exactamente igual, confirmando nuevamente que costo de fertilizantes es lo más elevado de la producción con el 27%.

El margen de utilidad es el que nos indica cuál es el porcentaje que le ganamos a la venta de un producto en este caso en el kilo de alubia, se vende entre los \$25 y \$34 en la central de abastos tomando el margen del estado de Michoacán sería de \$30 el kilo. Por las condiciones del mercado agropecuario, los precios de venta se ponen desde la bolsa de Chicago, junto con la tabla de costos de producción podemos sacar los costos de cada kilo basado en que esos costos se dividen entre el rendimiento, según un estudio sacado de SAGARPA el máximo en riego registrado desde el 2009 es de 1.799 toneladas por ha en riego (el cual tomamos como ejemplo) y 0.622 toneladas por ha en temporal. Sacando la operación del margen de utilidad el porcentaje es demasiado alto (106%) ya que a pesar de subir los costos del riego que es lo que más ocupa este cultivo la venta es del doble de su gasto, esto debido a la economía y que es un cultivo no tan común en el país.

El costo/beneficio por su parte es el que se evalúa con su resultado en 1 que quiere decir que tus costos y tus ingresos son equitativos por lo cual no ganas ni pierdes, si es menor a 1 ahí si podemos apreciar una perdida por lo cual no sería rentable invertir en ese cultivo o tendríamos que ajustar más los costos que se invierten en producir, y por ultimo para confirmar que estamos haciendo bien el agronegocio es

con un resultado mayor a 1. Para sacar el costo/beneficio involucrando a los dos cultivos, se utilizó el margen de inversión en el fertilizante del maíz el cual dejaríamos de usar en el maíz porque el cultivo de la legumbre aporta ese Nitrógeno a la tierra que el cereal más ocupa para crecer, por lo que sería nuestra inversión entre la resta de los ingresos contra los egresos de la producción de las alubias.

6. CONCLUSIONES

El costo de producción o valor de inversión agrícola de una hectárea de maíz en Celaya, Guanajuato es de \$33,233. Con un valor actual de \$6.40 el kg. Mientras que en la *Canavalia Ensiformis* es de \$32,937 y de su precio actual tenemos los siguientes indicadores, el costo de la producción de una hectárea de maíz en Celaya, Guanajuato en promedio es \$30 el kg (Smattcom, 2021). Los retornos de inversión de cada cultivo son de \$93.86 para el maíz y \$52.93 para la alubia, y expresado con anterioridad el margen de utilidad de producir ambos cultivos sin aminorar costos es de un 73.49% que si bien no es tan alto como el de la pura siembra de maíz, es tomando en cuenta los costos de fertilización, por lo que este porcentaje está hecho para que aumente a una utilidad hasta del 102.49% debido al ahorro de dichos costos que presentan el 29% de costos de producción del maíz. Que si bien ese 29% que expresado en dinero son \$9,716 pesos, para sacar el costo/beneficio del proyecto de rotación de cultivos, invirtiendo dicha cantidad, nos da un resultado de 5, es decir que nuestros costos siguen siendo menores a los ingresos y se recuperaría dicha financiación, de una forma más elevada a comparación del monocultivo que tiene un costo/beneficio de 3.21.

En base a los indicadores que nos muestran si una inversión es rentable, concluimos que si es beneficioso el que un productor de maíz, invierta en la producción de *Canavalia ensiformis*, para disminuir los costos de fertilizantes y adquiriendo el nuevo agronegocio que le representaría esta leguminosa.

Como futura línea de investigación, se pueden genera estudios orientados a identificar un estudio de mercado para la alubia, ya que existe muy poca información en nuestro país referente a su utilidad.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Aldunate, R. A. (2015). Incorporación de abonos verdes para la recuperación de la fertilidad de los suelos en la comunidad Las Casas, Municipio Padilla, Chuquisaca. *AGRO-ECOLÓGICA*, 2(1), 13-21.
- Alonso, M. y Marta, G. (2009) Manejo de la inoculación micorrízica arbuscular, la *Canavalia ensiformis* y la fertilización nitrogenada en plantas de maíz (*Zea mays*) cultivadas sobre suelos Ferralíticos Rojos de La Habana. Resumen. Editorial Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas.
- Álvarez, M. (2000). Los abonos verdes: una alternativa para la producción sostenible de maíz en las condiciones de los suelos Ferralíticos Rojos de la Habana. Tesis de Maestría. La Habana. Cuba. Nutrición de las Plantas y Biofertilizantes. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. UNAH. 69 p
- Anderson, S. Ferraes, N. Gundel, S. Keane, B. y Pound, B (Eds.) 1997" Cultivos de Cobertura: componentes de sistemas integrados". Taller Regional Latino-Americano. 3-6 de febrero 1997. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán, Apartado 116-4, Mérida 97100, Yucatán, México.
- Barsa, Enciclopedia, tomo 13, México, 1980. Pag.73
- Beltrán, A.; Fenech, L.; Ruiz, F.; Zamora, S.; Murillo, B.; García, J.L.; Troyo, E. 2004. Tópicos selectos de agronomía. Edit. CIBNOR – UABCS. La Paz, B.C.S. México. 260p.
- Bernal, H.Y.; Jiménez, L.C. 1990. Haba criolla. *Canavalia ensiformis* (L.) D.C. (Fabaceae – Faboideae). Secretaría Ejecutiva del Convenio Andrés Bello (SECAB). Bogotá, Colombia. 531p.
- Castillo-García, N. (2014) Artículo: El futuro del maíz mexicano en tiempos de cambio climático, DGDC-UNAM (Divulgación de la ciencia UNAM)
- CEDRSSA, (2019) Centro de estudios para el desarrollo rural sustentable y la soberanía alimentaria. Enero 2019, Fertilizantes. CEDRSSA
- CEDRSSA, Febrero 2020, pág. 8. Mercado del frijol, situación y prospectiva. <http://www.cedrssa.gob.mx/files/b/13/53Mercado%20del%20frijol.pdf>

- CIAT, Centro Internacional de Agricultura Tropical (República de Colombia). 2001. Improve soil productivity with *Canavalia*. CIAT – Uganda. http://ppathw3.cals.cornell.edu/mba_project/CIEPCA/exmats/canavalia.html
- CIDICCO, Centro Internacional de Información sobre Cultivos de Cobertura (República de Honduras). 2004. *Canavalia (Canavalia ensiformis)*. http://www.cidicco.hn/especies_av_cc.htm
- CONABIO (2008). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, DOCUMENTO DE TRABAJO PARA EL TALLER: Agrobiodiversidad en México: el caso del Maíz. Recuperado en mayo del 2020 en <https://www.uccs.mx/images/library/file/Maiz-CONABIO-INE%282%29.pdf>
- De la Cruz, R. 1992. Las coberturas vivas como ayuda en el manejo de malezas. (Cover crops as a help in weed management). Programa y resúmenes. *In 4th Congreso Internacional MIP,*) p. 89.
- Ekonejazaritza (2005), monográficos no.4 La alubia, manual para su cultivo en agricultura ecológica. EKO_contenido.qxd:EKO_contenido.qxd (ecoagricultor.com)
- Equipos y Tractores del Bajío S.A. de C.V., 2021. Carretera panamericana Celaya-Salamanca, km. 61 1ra. Fracción de creso. C.P. 38120 Tel. 461 138 3265
- Fageria, N.K and Baligar, V.C. (2005) Enhancing Nitrogen Use Efficiency in Crop Plants. *Advances in Agronomy*, 88, 97-185. [http://dx.doi.org/10.1016/S0065-2113\(05\)88004-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0065-2113(05)88004-6)
- FAO Stat 2017 y 2019 <http://www.fao.org/livestock/agap/frg/agrofor1/Pound7.htm>
- FAO, 2019. [Ahorrar para crecer en la práctica: maíz, arroz, trigo \(fao.org\)](#) Capítulo 1, página 3.
- FAO, 2020. Mecanización agrícola disponible. Producción de cultivos. [Producción de cultivos | Mecanización Agrícola Sostenible | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura \(fao.org\)](#)

- FIRA, 2019. Panorama Agroalimentario Maíz 2019, pág. 13-16, <https://www.inforural.com.mx/wp-content/uploads/2019/11/Panorama-Agroalimentario-Ma%C3%ADz-2019.pdf>
- FIRA, 2019. SISTEMAS DE COSTOS AGRICOLAS DE FIRA https://panorama-agro.com/?page_id=480
- FIRA, 2021. Perspectivas 2021, capítulo, Maíz, paginas 18-24. [FIRA Perspectivas 2021.pdf](#)
- Gallegos-Cedillo, G. (2019), Perspectivas del mercado mundial y nacional de los fertilizantes (II), El economista.
- Garza, H. N., Olvera, M. A. P., & González, F. C. (2007). Evaluación de cinco especies vegetales como cultivos de cobertura en valles altos de México. *Revista fitotecnia mexicana*, 30(2), 151-157.
- Gutiérrez, I. (2020) Qué es el retorno por inversión | Conceptos de finanzas Revista, Muy financiero. <http://www.muyfinanciero.com/conceptos/retorno-por-inversion/>
- Hani Antoun, Danielle Prévost, 2005 Ecology of Plant Growth Promoting Rhizobacteria pág. 1-38. Ecology of Plant Growth Promoting Rhizobacteria | SpringerLink
- Hernández-Moctezuma, J., Arieta-Román, R. J., Fernández-Figueroa, J. A., Alvarado-Gómez, L. C., Juárez, E. G., Orozco, N. R., ... & Domínguez, A. S. (2015). Relación beneficio-costo utilizando zeranol en la empresa bovina. REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria, 16(4), 1-7.
- Hernandez-Montiel, W., Ramos-Juárez, J. A., Aranda-Ibáñez, E. M., Hernández-Mendo, O., Munguía-Flores, V. M., & Oliva-Hernández, J. (2017). Potential use and constraints of the legume *Canavalia ensiformis* for lamb health and productivity. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 4(10), 187-200.
- INAFED, (Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal), (2021), enciclopedia de los municipios y delegaciones de México, estado de Guanajuato, Celaya. Guanajuato - Celaya (inafed.gob.mx)
- INEGI, 1997. El maíz en el estado de México 2.6.1 Clima. Pág. 12 El maíz en el estado de México (inegi.org.mx)

- INEGI, Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Celaya, Guanajuato. Clace geoestadística 11007 (2009) Prontuario de Información Geográfica Municipal (inegi.org.mx)
- INEGI. Censo de Población y Vivienda 2010. Microdatos de la muestra.
- Kiff, E., Pound, B. and Holdsworth, R. 1996 Cover Crops: A review and database for field users. Chatham, UK. Natural Resources Institute.
- Martínez-Palacios, C.A., Cruz, R.G., Novoa, M.O.A., Chávez-Martínez, C. 1988. The use of Jack Bean (*Canavalia ensiformis*) meal as a partial substitute for fish meal in the diet of Tilapia. *Aquaculture*, 68 (2), 165-175.
- Miller, P. R. (1996). Cultivos de cobertura para la agricultura de California. UCANR Publications.
- Muñoz-Osorio GA, Aguilar-Caballero AJ, Sarmiento-Franco LA, Wurzinger M, Cámara-Sarmiento R. (2015) Descripción de los sistemas intensivos de engorda de corderos en Yucatán, México. *NovaScientia* 7: 207-226.
- Pieters, A.J. 1927. Green manuring. Principles and practice. John Wiley y Sons, New York. <https://agrosphere-international.net/Documents/UTW/Pieters-Green-Manuring.pdf>
- PROFERBA, mayo 2020. Departamento de ventas, tel. 461 615 2075 ext. 215
- Ramírez, M. (2021). Aumentan granos y con ellos carnes". Noticias el Norte, negocios. Consultado el 8 de enero de 2021 en <https://www.elnorte.com/aumentan-granos-y-conelloscarnes/gr/ar21808>
- Raun, W.R., and J.S. Schepers. (2008). Nitrogen management for improved use efficiency. Pág. 675-693. En Schepers, JS y Raun, WR (Eds.) Nitrogen in agricultural systems. Agron. Monogr. 49. ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI.
- Rojas-Chávez S.; Heike Vibrans, H. (2010) *Rottboellia cochinchinensis* - ficha informativa (conabio.gob.mx)
- Román, L., Dionizis, N., Potter, W., Sepúlveda, R., & Allende, M. (2013). Factores que determinan el margen de utilidad en la producción de hortalizas en la región de Arica y Parinacota. Informativo INIA Ururi.
- SAGARPA. CEA. (1999). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos.

- SAGARPA-SIAP, consultado en 2020. Metodología de costos de producción para cultivos cíclicos y perennes. metcosprod.pdf (campomexicano.gob.mx).
- Salgado, G. S. y Núñez, E. R. (2010). Manejo de fertilizantes y abonos orgánicos. Colegio de Postgraduados y Mundi Prensa. México. 146 pp.
- Salinas Pérez, R. A., Acosta Gallegos, J. A., Rodríguez Cota, F. G., & Padilla Valenzuela, I. (2010). Aluyori, nueva variedad de frijol blanco (alubia) para Sinaloa y El Bajío, México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 1(5), 669-675.
- Sembrar. (2021) Rotación de Cultivos: [Concepto, Ejemplos, Ventajas e Historia] (sembrar100.com)
- Seminis, (2019). Soluciones agrícolas: cultivos de cobertura para tus campos. Consultado el lunes 25 de febrero en <https://www.seminis.mx/soluciones-agricolas-cultivos-de-cobertura-para-tus-campos/>
- SIAP, 2019. Reportes producción de Maíz. <http://www.siap.gob.mx>
- Venegas, G.M.R.S (2016) producción y comercialización del maíz en México, cobertura de riesgo con derivados <http://ru.iiec.unam.mx/3444/1/084-Venegas.pdf>.
- Ventosa-Febles E A, (2017). *Canavalia ensiformis* (jack bean). Invasive Species Compendium. Wallingford, UK: CABI. DOI:10.1079/ISC.14486.20203482789
- Vera, J., Núñez, J. A., Infante-Santiago, J. P., Velasco, V., Salgado García, S., Palma López, D. J., Grageda-Cabrera, O. A., Cárdenas Navarro, R. and Peña Cabriales, J. J. (2008). "Influencia de fertilización sobre fijación de nitrógeno biológica en legumbres herbáceas cultivadas en suelo ácido de sabana del estado de Aderezo picante, México. " *Diario de los Sostenibles Agricultura*". 3: 25-42.
- Versteeg, M.N. (1990). *La Culture de Couverture de Mucuna* (*Mucuna pruriens var utilis*) *pour Controler l'Imperata* (*Imperata cylindrica*) *et pour Ameliorer la Fertilité du Sol*. Benin: IITA.
- Villarreal-Romero, M., Hernández-Verdugo, S., Sánchez-Peña, P., García-Estrada, R. S., Osuna-Enciso, T., Parra-Terrazas, S., & Armenta-Bojorquez, A. D.

- (2006). Efecto de cobertura del suelo con leguminosas en rendimiento y calidad del tomate. *Terra Latinoamericana*, 24(4), 549-556.
- Vital, L.L. y Mendoza H. (2014). Azospirillum: habitante de la gramíneas. Revista de divulgación científica y tecnológica de la Universidad Veracruzana. 17(2).
- Wellhausen, E. J., & Roberts, L. M. (1951). Razas de maíz en México. Su origen, características y distribución. In. Xolocotzia. Obras de Efraín Hernández Xolocotzi. Revista de Geografía Agrícola, 2.