

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE MAQUINARIA AGRÍCOLA



Índice de Beneficio-Costo de Sistemas de Labranza

Por:

José de Jesús Vargas Arellano

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE MAQUINARIA AGRÍCOLA

Índice de Beneficio-Costo de Sistemas de Labranza

Por:

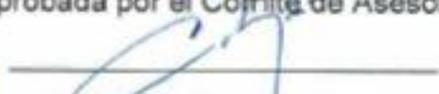
JOSÉ DE JESÚS VARGAS ARELLANO

TESIS

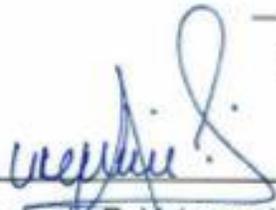
Presentada como requisito parcial para obtener el título del:

INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA

Aprobada por el Comité de Asesoría:


Dr. Martin Cadena Zapata

Asesor Principal


Dr. Jesús R. Valenzuela García

Co-asesor


M.C. Juan A. López López

Co-asesor


M.C. Sergio Sánchez Martínez

Coordinador de la División de Ingeniería

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre 2019

AGRADECIMIENTOS

Primero que nada, tengo que agradecer a Dios, por permitirme llegar hasta donde estoy y por ponerme en el camino a personas que de alguna u otra manera me han ayudado a seguir, a no rendirme y a crecer en todos los aspectos.

Agradezco a mis padres: María Delia Arellano Rodríguez, José Manuel Vargas Rosas y a toda mi familia, por todas las experiencias vividas; que si bien, de las buenas disfruté y de las malas solo aprendí. Gracias a ustedes ahora soy un hombre con fortalezas y ganas de seguir siendo cada día mejor.

Agradezco a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por todas y cada una de las etapas que me ha permitido vivir, sin duda alguna una de las mejores experiencias de mi vida. Me hizo tener las más duras lecciones de vida, pero sin embargo de las que más he aprendido y sobre todo las que han logrado en mí, los mejores cambios para seguir siendo cada día mejor persona.

Agradezco a mi asesor de tesis, el Dr. Martín Cadena Zapata y coasesores, Dr. Jesús Rodolfo Valenzuela García y el M.C. Juan Antonio López López por la oportunidad de desarrollar este trabajo de tesis y poder titularme. Son grandes seres humanos con gran capacidad y conocimiento, grandes ejemplos a seguir.

Agradezco a Héctor Jesus Reyes Cardiel por su amistad, su lealtad, confianza, por escucharme, aconsejarme y apoyarme cuando más lo he necesitado; y espero que siempre siga existiendo esta hermandad que, aunque no llevemos la misma sangre, eres como el hermano que siempre quise tener.

Agradezco a mi pequeña familia que me han dado la oportunidad de vivir momentos increíbles a su lado, gracias por aguantar mis cambios de humor, estar en las altas y bajas, por la convivencia, por el apoyo, sus consejos, en fin, gracias a ustedes: Ivy Ramírez, Gerardo Ruiz, Jesús Alfredo Aguilar, Gerardo Ávila, Uriel Martínez, Lucio García, María Soriano, Anahí Robledo, Rubí Aguilar, Lupita Aguilar, Jahzeel Juárez, Marcela Gamboa, Estefany Suarez, Verónica Orozco, Víctor Hernández, Jorge Campos, Cristian Cortés, Adriana Gutiérrez. Sin duda alguna ustedes han sido un gran apoyo y espero contar con su amistad por tiempo indefinido.

DEDICATORIA

Un largo camino se ha recorrido para llegar a tan anhelado logro, un camino bastante difícil, lleno de momentos buenos de los que se ha disfrutado y se guardan en recuerdos increíbles, pero también han estado momentos complicados, donde ha habido pruebas fuertes de vida de las que hemos salido adelante, con gran aprendizaje.

Mis padres, ellos, a los que debo todo, su dedicación hacia mí, sus grandes sacrificios, sus abstenciones, incluso el que me hayan puesto a mi antes que a ellos mismos...

*Es por todos estos motivos que, con gran admiración,
profundo amor y respeto, este trabajo está totalmente
dedicados a ustedes:*

*María Delia Arellano Rodríguez y José Manuel Vargas
Rosas.*

TABLA DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Costos de la mecanización de la labranza en los sistemas de producción.....	1
1.2 Objetivos	4
1.3 Hipótesis.....	4
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1 Caracterización de los sistemas de labranza.....	5
2.1.1. Labranza cero.....	5
2.1.2 Labranza vertical.....	7
2.1.3 Labranza convencional.....	7
2.2 Metodologías para el cálculo de costos de las labores	9
2.3. Costos operativos de la maquinaria agrícola.	10
2.3.1 Costos fijos.....	10
2.3.2 Costos variables.	12
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
3.1. Localización del estudio.....	15
3.3. Medición del consumo de combustible.	16
3.4. Determinación del rendimiento del cultivo.....	16
3.5. Cálculo de costos fijos del tractor e implementos.....	17
3.6. Cálculo de costos variables del tractor e implementos	20
IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	23
V CONCLUSIONES.....	32
VI RESUMEN	33
VII BIBLIOGRAFÍA.....	35

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Características de los implementos utilizados:	15
Cuadro 2. Conceptos para la comparación de costos:	22
Cuadro 3. Precios del tractor e implementos a septiembre de 2019:	23
Cuadro 4. Capacidad de trabajo y consumo de combustible para los distintos implementos utilizados	23
Cuadro 5. Costos fijos del tractor JD 6403	24
Cuadro 6. Costos variables del tractor JD 6403 en la labor con arado de discos	24
Cuadro 7. Costos fijos del arado de discos ARHK-3	25
Cuadro 8. Costos totales para la labor con arado de discos	25
Cuadro 9. Costos variables del tractor JD 6403 para la labor de rastreo	25
Cuadro 10. Costos fijos para la rastra RI 2420	26
Cuadro 11. Costos totales para la labor de rastreo	26
Cuadro 12. Costos variables del tractor JD 6403 para la labor con arado de cinceles..	26
Cuadro 13. Costos fijos del arado de cinceles JD 610	27
Cuadro 14. Costos totales para la labor con el arado de cinceles	27
Cuadro 15. Costos variables del tractor JD 6403 para la labor de siembra	27
Cuadro 16. Costos fijos de la sembradora JD Max Emerge	28
Cuadro 17. Costos totales para la labor de siembra:	28
Cuadro 18. Costos totales para cada sistema de labranza:	28
Cuadro 19. Beneficio total en base de los rendimientos del cultivo de avena	29
Cuadro 20. Beneficios y costos de los sistemas de labranza	30

I. INTRODUCCIÓN.

El desarrollo del sector agropecuario depende de la eficacia de los diferentes procesos de producción, industrialización y comercialización; para lo que se debe tener una correcta evaluación del efecto causante de las variables macroeconómicas como la inflación, el interés y la forma de cambio de productividad de una empresa. En la agricultura, la maquinaria es un factor sumamente importante y eficaz, pero aún más los costos que genera; por tal motivo debe hacerse una correcta estimación de los mismos para tener elaboradas políticas de mecanización que sean adecuadas.

En México se cultivan 21 millones de hectáreas anualmente, de las cuales 76.4% son trabajadas al menos en las labores de labranza con tractor y sus implementos (SIAP, 2017). De acuerdo a la SEMARNAT (2016), 10.8 millones de hectáreas presentan degradación física, de las cuales más de la mitad es por compactación, siendo ésta relacionada principalmente al uso de la maquinaria agrícola con labranza convencional. Por lo anterior es relevante contar con opciones que contribuyan a la solución de estos problemas provocados por la labranza convencional. La labranza de conservación contribuye a solucionar la degradación física del suelo, pero es necesario también cuantificar si económicamente es una solución factible para los agricultores de acuerdo a sus cultivos y escalas de producción.

1.1 Costos de la mecanización de la labranza en los sistemas de producción

Uno de los insumos determinantes en la producción agrícola es el combustible utilizado en las labores, principalmente en la labranza. Dentro de la última década, los combustibles han tenido un alza importante en cuestión de su precio (Kojima, 2013; Rodríguez, 2017), lo que afecta directamente al uso de los sistemas de labranza ya que se demanda gran cantidad de energía, lo que se ve reflejado en aumentos al uso de combustibles y otros insumos.

Diversas investigaciones han llegado en conjunto a la conclusión de que el costo energético por los conceptos de combustible y maquinaria agrícola representa altos porcentajes del costo energético total en la producción agrícola empresarial (FAO, 1990).

Los sistemas de labranza de conservación son una alternativa significativa para la disminución de costos por mecanización en los sistemas de producción de cultivos anuales, pues disminuyen el número de labores y por consiguiente el uso de combustible como energía (Steiner,1998). Un ejemplo claro de esto es el trabajo de Sharma (2011), quien documentó disminuciones en el uso de energía de entre un 31% a 40% en sistemas de labranza de conservación comparando con sistemas de producción convencionales de maíz y trigo.

Barrios (1996), realizaron cálculos para determinar el costo energético de las principales operaciones agrícolas mecanizadas, realizadas en Chile, ejecutándose bajo diferentes condiciones y comparando los resultados obtenidos para distintos tamaños de equipos. La metodología que se utilizó determina el costo en MJ por cada hectárea, añadiendo la energía recabada en los materiales de construcción, fabricación y transporte, lubricantes y filtros, combustibles, en reparaciones y mantenimiento junto con la mano de obra necesaria para la operación de los equipos. Los costos en Megajulios por cada hectárea fueron calculados utilizando capacidad efectiva de cada trabajo. Siendo las siguientes como sus principales conclusiones: a) “Los mayores costos energéticos correspondieron a las labores de ensiladura, uso de nebulizadores, cosecha de grano grueso y araduras. El menor costo fue de la labor de fertilización.” b) “Los costos energéticos horarios de las máquinas dependen de su tamaño, pero los costos por área trabajada o tonelada procesada, son independientes de dicho tamaño.” c) “Es posible aumentar la eficiencia de uso de la energía utilizando labranza reducida o labranza cero.”

Carrasco (2019) realizó un trabajo donde presenta una metodología sencilla y accesible para cualquier productor, que les permite realizar fácilmente cálculos para estimar sus costos de producción, para que así puedan tener una estimación real del uso que le dan a la maquinaria con la que cuentan. Para un mayor entendimiento se

definen ciertos conceptos que son de suma importancia su entendimiento, para posteriormente dar un ejemplo claro y preciso de como tienen que ir llevando a cabo cada uno de los conceptos y como obtener los resultados. Al finalizar concluyen que, dicha metodología descrita en el documento, permitirá que un productor cual sea, tendrá la capacidad de determinar sus propios costos reales de operación y en base a ello este podrá establecer que en la medida que mayor uso tenga la maquinaria, se reduce considerablemente los costos fijos de operación; en tanto que, a un uso menor de la misma, significará un costo fijo considerable porque principalmente afecta a la depreciación de la maquinaria.

Archer (2008) realizó un análisis donde se evaluaron los costos de producción y rendimientos en un sistema de riego continuo de maíz bajo labranza convencional y cero labranza durante más de 6 años en un suelo franco arcilloso en el norte de Colorado. Los resultados de los análisis nos demuestran que una siembra directa, irrigada y continua de maíz obtiene mayores beneficios económicos tanto como para remplazar los sistemas de producción con labranza convencional; ya que en costos operativos se logró a base de reducción de combustible y mano de obra de un 75% a un 72% a pesar de un mayor requerimiento de fertilizantes de 16 a 55 kg por hectárea.

Según Nail y Young (2006), un estudio realizado, nos dicen que la disminución del precio del glifosato sobre el precio del diésel debería tener favoritismo para su rentabilidad al igual que gran aceptación por parte de los agricultores que hacen uso de sistemas de labranza de conservación con un uso intensivo de combustible. En el experimento se realizó una comparación entre los sistemas de labranza mínima y labranza retrasada para el barbecho de trigo en invierno en el este de Washington, Estados Unidos; donde en los cálculos utilizaron precios de insumos de 1998 y 2005. Los resultados nos arrojaron que los sistemas de labranza de conservación obtienen mayor rentabilidad ya que los aumentos de precios del gasóleo penalizaron el sistema de labranza tradicional debido a un mayor consumo de gasóleo; mientras que los sistemas de conservación hicieron un mayor consumo de herbicida de glifosato, pero dicho costo fue amortiguado por una disminución en el precio del mismo. Los sistemas de labranza se vieron también beneficiados por el uso de NH₃-N acuoso en lugar de

NH₃-N anhídrido, ya que el acuoso tuvo un aumento moderado entre los años de 1998 y 2005. Otra conclusión significativa es que si se hubiera usado la misma fuente de fertilizantes para los sistemas de labranza de conservación hubiera reducido las ventajas rentables con las que se contaba, pero seguiría siendo significativamente más rentable que los sistemas de labranza tradicional.

1.2 Objetivos

El objetivo de este trabajo es determinar los costos de las labores de labranza en dos sistemas de conservación (labranza vertical y cero labranza) y compararlos con el sistemas de referencia (labranza convencional) y calcular el índice de beneficio-costos de un cultivo bajo cada uno de estos sistemas.

1.3 Hipótesis

Los sistemas de labranza de conservación (cero y vertical) tienen un mayor índice de beneficio-costos comparado con el sistema convencional.

II. REVISIÓN DE LITERATURA.

En este apartado se revisará las características de los sistemas de labranza utilizados, así como sus ventajas y desventajas. Luego se revisará las metodologías para el cálculo de los costos de las labores que involucra cada sistema para poder realizar la comparación de beneficio-costos entre ellos.

2.1 Caracterización de los sistemas de labranza

Los sistemas de labranza de conservación fomentan el mantenimiento de una cobertura permanente de los suelos, alteración mecánica mínima del suelo (es decir, cultivo sin laboreo) y la diversificación de especies vegetales. Potencia la biodiversidad y los procesos biológicos naturales por encima y por debajo de la superficie del suelo, lo que contribuye a un mayor aprovechamiento del agua y una mayor eficiencia en el uso de nutrientes, así como a la mejora y sostenibilidad de la producción de cultivos.

Por otra parte, la labranza de conservación es un sistema que aplica una alta intensidad de laboreo, entierra los residuos de cultivo por una secuencia de labores con arado y rastreo de discos.

2.1.1. Labranza cero.

En la modernidad existen varias formas de nombrar este término, como “No labranza” o “siembra directa” por mencionar algunos, pero todos describen a la siembra de semillas en suelo que no ha sido removido previamente labrado para formar una cama de semillas.

Ventajas de la labranza cero.

Las ventajas que presente esta modalidad son bastantes, pero a continuación mencionaremos las más destacadas:

En el uso de la labranza cero se puede ahorrar hasta un 80% del combustible total utilizado en la producción de cultivos.

Se presenta un ahorro de tiempo, ya que solo se necesitan de una a tres entradas al terreno para el establecimiento del cultivo.

Se tiene un ahorro hasta de un 60% en mano de obra.

Existe un incremento en la materia orgánica debido a que se dejan los residuos de cultivos anteriores que llegan a un grado de descomposición lo que permite dicho incremento.

Se cuenta con una mejor aireación y mejor infiltración, al aumentar el número de lombrices de tierra y por la materia orgánica los suelos no se vuelven duros ni compactados.

Se previene la erosión del terreno mediante de la aireación, el aumento de las lombrices de tierra y la materia orgánica al igual que los residuos que protegen la superficie del suelo.

Los residuos sobrantes gracias a la labranza cero permiten que no haya un secado en el suelo por lo que se mejora la capacidad de retención de agua.

Existe una reducción en los costos operativos de uso de la maquinaria hasta de un 50% en comparación de la labranza convencional.

Desventajas de la labranza cero.

Se puede presentar cierto riesgo al presentarse una reducción en el rendimiento del cultivo o puede que hasta no haya un crecimiento del mismo.

Puede que, al aplicarse en una sola operación, al momento de la siembra se requiera de equipos con mayor potencia, porque se genera una mayor tracción en el suelo.

Al no haber una remoción consecutiva del suelo, éste tiende a no tener uniformidad por lo que es necesario maquinaria capaz de bajar en superficies desniveladas.

Se incrementa el uso de agroquímicos para un adecuado control de malezas.

Los fertilizantes son más difíciles de incorporar al no ser enterrados por el terreno.

2.1.2 Labranza vertical

La labranza vertical es la que se realiza con implementos que interactúan con el suelo en el plano vertical como discos cortadores de residuo-suelo, cinceles. El suelo se sujeta a esfuerzos de corte, de compresión e impacto o bien una combinación de todos. La labranza vertical es la que se realiza con el objetivo de cortar residuos, cortar suelo en forma vertical y mezclarlo con los residuos para una descomposición más rápida, pero manteniendo parte del residuo en la superficie para la protección del suelo (Chen *et al.*, 2016).

Las ventajas de la labranza vertical es que se puede trabajar sobre superficies con grandes cantidades de residuo el cual es cortado para una adecuada colocación y cobertura de las semillas. Las labores demandan menos energía comparadas con la labranza convencional y se pueden realizar a mayores velocidades de trabajo.

2.1.3 Labranza convencional.

Como labranza convencional o tradicional se entiende como el laborar el suelo antes de la siembra con maquinaria (principalmente arados), cortando o volteando el

suelo total o parcialmente a una profundidad de 15 centímetros. Con esta práctica el suelo se afloja, se airea y se mezcla, facilitando el ingreso de agua, la mineralización de los nutrientes y la reducción de plagas de animales y vegetales sobre la superficie. Por lo general, este tipo de labranza implica que haya más de un corte o inversión del suelo. Lo que ocasiona que haya una rápida reducción de la cobertura del suelo y se acelera el proceso de degradación de la materia orgánica, aumentando los riesgos de erosión (Monsanto, 2019).

La principal desventaja de la labranza convencional es el excesivo gasto de energía por la gran cantidad de labores a realizar en el suelo y que conllevan a un riesgo de degradación de la estructura lo que lo deja vulnerable para la acción erosiva del agua y el viento.

Ventajas de la labranza convencional.

Al pasar los arados, las malezas se eliminan de raíz, provocando la muerte de muchos gusanos y otras plagas. Al momento de la roturación del suelo, se incrementan los poros mejorando las filtraciones, drenaje y aireación. En la práctica se le incorpora mayor porcentaje de materia orgánica del suelo.

Desventajas de la labranza convencional.

Después de laborar el terreno con ésta práctica, el suelo queda expuesto a la erosión por acción de agua y aire. Las constantes pasadas de la maquinaria compacta el terreno e impide el crecimiento radicular. El uso frecuente de las labores ocasiona un aumento considerable en los costos de producción y operación de la maquinaria.

2.2 Metodologías para el cálculo de costos de las labores

Con anterioridad, se han utilizado métodos con fórmulas sencillas de manejar para estimar los costos de las operaciones realizadas, pero dichos métodos no toman en cuenta factores importantes y que hacen que varíen enormemente los costos (Ulloa, 1981; FIRA, 1985 y FAO, 1991). Por todo lo anterior se realiza el método de flujo de caja expresando los costos de valor presente, haciendo un análisis de sensibilidad con el fin de identificar factores con mayor incidencia sobre los costos de posesión de la maquinaria. Como resultado del análisis, se puede argumentar lo siguiente: 1) Los índices de inflación son los que considerablemente elevan los costos de pertenencia de la maquinaria. 2) El incremento en el precio de compra en la maquinaria y si interés, tienen un efecto menor sobre los costos de operación que el efecto combinado de la inflación. 3) Se determinó que se cuenta con una mayor importancia en los rubros de amortización, combustibles y mantenimiento con tan solo una tasa de inflación del 10% y con un 30% en reparaciones y combustibles. 4) El análisis realizado nos permite detectar los factores con mayor importancia y con base en los resultados se pueden establecer políticas de apoyo al campo para que existe una mejor orientación; al igual que permite identificar en qué aspectos se debe buscar economizar haciendo más eficiente el uso de los equipos (Morales y Durán, 1996).

Se han realizado análisis costo-beneficio para determinar cuál es el intervalo de tiempo con mayor eficiencia para llevar a cabo un subsoleo bajo labranza de conservación, evaluándose el rendimiento y el consumo de energía basados en el uso de una sola pasada del subsuelo junto con una sembradora. Obteniendo como resultado de los análisis, lo siguiente: 1) el subsoleo anual fue efectivo para la reducción de la densidad aparente a solo 4.9% comparándose con los tratamientos de cero labranzas, pero sin beneficio alguno ante la pérdida de agua en el suelo. 2) Sin contar la densidad aparente, los resultados de los tratamientos de cero labranzas con cobertura de suelo resultaron con una mayor eficiencia y rendimiento del uso del agua (10.5 a 12.9%), en comparación con los métodos tradicionales de labranza. 3) Determinándose que los intervalos de tiempo para el subsoleo eran: 4 años de cero

labranza seguidos de unos años de un año practicándose el subsoleo; se observó que hubo una reducción en los insumos mecánicos de hasta un 62%, que se traduce en un 49% de ahorro económico para la producción de maíz y un 209% para producción de trigo. 4) El subsoleo anual redujo insumos de 25% para el maíz y 135% para producir trigo. 5) el rendimiento y consumo de energía se optimizaron un 5% para producción de maíz y un 20% para producción de trigo, todo gracias a la combinación de subsoleo y siembra a una sola pasada a comparación de operaciones anteriores de múltiples pasadas del subsuelo para posteriormente sembrar. 6) Los resultados muestran que, a largo plazo, el subsoleo anual es injustificado y poco económico en el norte de China, para lo que se seguirá investigando y poder desarrollar métodos con mayor efectividad (Li y Wang 2006).

2.3. Costos operativos de la maquinaria agrícola.

Costos totales. Se define a este como el equivalente en dinero representando un valor económico que se agrega a un producto o servicio determinado. Dentro de éstos se encuentra una clasificación, que pertenece a los costos fijos y costos variables (Carrasco, 2019).

2.3.1 Costos fijos.

Son todos aquellos en los que se incide para tener la propiedad de una máquina, independientemente del uso que se le dé a esta.

Depreciación.

Es la pérdida en valor y capacidad de servicio resultante de la antigüedad con la que cuenta la maquinaria sumándose el desgaste natural, la oxidación, la corrosión

y los daños accidentales que puedan ser ocasionados por la intemperie. Éste es el factor de mayor importancia en el costo de la fuerza de un tractor.

Existen cuatro métodos para el cálculo de estos costos y son: 1) valor estimado. 2) Línea recta. 3) Porcentaje constante. Y 4) Suma de los dígitos. Antes de utilizar alguno de estos, es necesario contemplar el uso que se le dará a los resultados que sean obtenidos. De estos 4 métodos el que tiene mayor facilidad de uso y que cuenta con gran exactitud es el de “Línea recta”; éste, reduce el valor de la maquinaria por una cantidad equitativa por año durante la vida útil que manejen los equipos (Liljedahl, 1984).

Comparación de los métodos de línea recta, declinación de balance y suma de dígitos para la determinación de la depreciación de un equipo que cuente con una vida útil de 10 años (Liljedahl, 1984).

Interés.

Este costo corresponde a la utilidad que no se percibe, por tener un capital inmovilizado (Carrasco, 2019). El interés viene siendo un factor fijo, por lo que es independiente del uso anual. A lo que respecta a costos de operación, es más útil determinar el cargo de interés por el método de “Línea recta”, ya que por medio de éste método nos da un resultado donde los cargos son equitativos por anualidad a través de la vida útil de la máquina y son convenientes cuando los costos de operación han sido determinados (Liljedahl, 1984).

Impuestos.

El impuesto es el valor que se cobra cuando hay adquisición de productos o servicios. En la maquinaria agrícola se estima en igual proporción a otras propiedades agrícolas; dicha proporción varía dependiendo de cómo lo cobren cada gobierno.

Seguros.

Un seguro es un contrato que permite cubrir una contingencia pagando por ello una prima por parte del asegurado a la compañía aseguradora.

En la maquinaria puede que el dueño tome la decisión de si contrata con alguna aseguradora o si él cuenta con los recursos monetarios para cubrir si ocurre alguna contingencia, puede no hacerlo. La mayoría de las empresas aseguran a un valor mayor o igual a dos tercios del valor del equipo. Suponiendo que una inversión promedio es aproximadamente la mitad del costo a nuevo del equipo, el cargo por año podría ser de 0.3% del costo a nuevo (Liljedahl, 1984).

Almacenaje.

El costo por almacén son los gastos que corresponden el lugar que sirve como resguardo del equipo. Se estima que un sitio adecuado puede construirse y tener un mantenimiento por aproximadamente 1% anual del costo a nuevo del equipo que vaya a ser almacenado.

2.3.2 Costos variables.

Estos son los gastos que se tienen al operar maquinaria agrícola y que varían en función a la variable independiente. Son calculados en pesos por hectárea en proporción a lo que se ha trabajado y se multiplica por la variable independiente en cada concepto manejado individualmente (Garbers, 2013).

Combustible.

Podemos entender como combustible a todo material que al ser quemado produce calor, energía o luz. Los combustibles son sustancias que son propensas a ser quemadas o quemarse. Para este caso se utilizan combustibles líquidos como lo

son la gasolina y el diésel que provienen del petróleo bruto y son empleados en su mayoría para motores de combustión.

Aquí entran los gastos que se tienen por el concepto de combustible. No es posible el poder predecir con exactitud el costo del combustible de un tractor por las variaciones que se presentan como el número de cargas y las condiciones bajo las cuales están sujetas éstas. Cuando un tractor se encuentra en buen estado de mantenimiento y con un operación eficiente y responsable, puede tener una demanda de 0.16 por HP (potencia) del tractor (Garbers, 2013).

Otra manera de calcular los costos por uso de combustible es suponer que las pruebas de variación de potencia y consumo de combustible en las pruebas de tractor Nebraska son aceptables y con gran aproximación a la verdadera carga anual (Liljedahl, 1984). El promedio de salida de potencia de un tractor en las pruebas de Nebraska da una variación aproximada de 54% de la máxima potencia de toma de fuerza. Se utiliza una fórmula para determinar dicha variación; por lo que se encontró que el factor promedio que se utiliza es 2.43 kilowatt-hora por cada litro de combustible para tractores que usan diésel.

Reparaciones.

Son todas las actividades que se involucran al mejoramiento del equipo, desde ajustes de poca importancia hasta reparaciones completas a la maquinaria. Dicho costo puede tener variaciones que dependen de varios aspectos como el número de operadores, años de vida de la máquina, al estado en que se encuentra y al tiempo que es usada (Garbers, 2013).

Estudios han demostrado que los costos por reparaciones van aumentando de acuerdo a la vida del tractor, llegando a alcanzar un porcentaje de reparaciones de hasta tres veces más al décimo año de vida útil en comparación con el primer año (Liljedahl, 1984).

Lubricación.

Como lubricar podemos entender la acción de interponer entre dos superficies (por lo general metálicas), una película fluida que les permita separarse de la presión que es ejercida para unirlos. La lubricación permite eliminar el contacto directo de dichas superficies impidiendo el desgaste y reduciendo al mínimo el rozamiento que se produce por la pérdida de potencia. Podemos encontrar lubricantes de tipo gaseoso (aire), líquidos (aceites), semi-sólidos (grasas) y sólidos (talcos).

Los beneficios de la lubricación son: Se reduce el desgaste de las piezas en movimiento. Hay un menor costo de mantenimiento de la máquina. Ahorro de energía. Facilita el movimiento. Se reduce el ruido. Mantiene la producción.

Mano de obra.

En este apartado entra la remuneración del operador (salario bruto del operador), que se estima dependiendo de la región, se pueden basar en los regímenes establecidos en cada municipio o en muchas de las ocasiones, el salario se determina por medio de un acuerdo entre la parte contratante y el contratado.

III. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. Localización del estudio.

El estudio se realizó en el periodo del 2013 al 2016 en la estación experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México. Cuyo sitio está situado a 25° 23' 42" N y 100° 59' 57" O, a una altitud de 1743 m sobre el nivel del mar. Con clima es semiárido y con una temperatura media anual de 16,9 °C, la precipitación media anual es de 435 mm y la evaporación anual de 1956 mm. El suelo a una profundidad de 0 a 20 cm es franco-arcilloso (34,1% arcilla, 33,4% limo y 32,5% arena) con un 2,09% de materia orgánica.

3.2. Características de los implementos utilizados en los sistemas de labranza.

En el Cuadro (1), se muestran las características de los implementos usados para los sistemas de labranza.

Cuadro 1. Características de los implementos utilizados:

Implementos	Arado de disco ARHK-3	Arado de cinceles JD610	Rastra de discos RI 2024	Sembradora JD Max Emerge
Características				
Herramientas de trabajo.	3 discos con diámetro de 711 mm y espesor de 6.35mm	8 cuerpos tipo "C"	Una sección delantera de 10 discos dentados, una sección trasera de 10 discos lisos (discos de 609.9 mm de diámetro y 4 mm de espesor).	4 unidades de siembra.
Peso del implemento (Kg)	542	618	674	841
Tipo de acoplamiento	Montado, enganche de tres puntos, categoría 2.			

Además, también se utilizó como fuente de potencia para los implementos un tractor John Deere 6403, 2WD y que cuenta con una potencia nominal del motor de 73 KW.

3.3. Medición del consumo de combustible.

El consumo del combustible solo fue registrado en dos años, 2016 y 2017. Este fue medido con un medidor de flujo S-004 BAICO; que contiene dos sensores, uno que mide el flujo de entrada al motor y el otro que mide el flujo de retorno al tanque del combustible. Estos sensores envían señales a un registrador de datos Log Book 360 (IOtech). El consumo neto se obtiene calculando la diferencia entre los impulsos del flujo de entrada y el flujo del retorno para después multiplicarlos por la constante de calibración (3.09). Referenciándolo a la superficie trabajada para obtenerlo en unidades de Lha^{-1} .

3.4. Determinación del rendimiento del cultivo.

Para realizar la medición, se colocó un marco (0.25m de largo por 0.25m de ancho) en el suelo y se cortó la materia que se encontraba dentro de esa área; posteriormente se pesó como forraje verde, enseguida, esa materia ya pesada se deshidrató a una temperatura de 70°C durante un tiempo de 72 horas hasta que quedó sin ningún rastro de humedad, por lo que su peso se mantuvo constante. Ya deshidratada la muestra, se pesó para obtener el dato de peso de la materia seca del cultivo, para poder realizar el cálculo de rendimiento por hectárea.

3.5. Cálculo de costos fijos del tractor e implementos.

Depreciación.

Este es la pérdida en valor y capacidad de servicio que resulta del desgaste natural del equipo por su antigüedad como por la oxidación, daños accidentales, corrosión, entre otros.

$$D = \frac{C - S}{L}$$

Donde:

D = Depreciación anual.

C = Valor a nuevo del equipo.

S = Valor residual del equipo al final de su vida útil, que se obtiene multiplicando el valor a nuevo del equipo por el porcentaje de depreciación.

L = Años de vida útil del equipo.

El porcentaje de depreciación se toma como un 10% que se aplica generalmente cuando no se conoce el valor residual del equipo.

Interés.

Este es un factor fijo, lo que indica que es independiente del uso anual, por lo que se calculan de la siguiente manera.

$$I = C * (i)$$

Donde:

I = Cargo de interés anual.

C = Valor a nuevo del equipo.

i = Porcentaje de interés.

En este caso, el porcentaje del interés es tomado del método de línea recta, correspondiente a los años de vida útil de la maquinaria, como se está tomando 10 años de duración, corresponde a un 10% de interés.

Impuesto.

Varían ampliamente según como sea determinado por los gobiernos. Por lo que se puede estimar de la siguiente manera:

$$\text{Imp} = C * (\% \text{Imp})$$

Donde:

Imp = Es el cargo de Impuestos anuales.

C = Corresponde al valor a nuevo del tractor.

$\% \text{Imp}$ = Es el porcentaje de impuesto que se aplica; y en este caso, el 2% es el valor que se utiliza, considerándolo sobre el valor monetario del tractor.

Seguro.

Este costo es dependiente de la decisión del propietario, puede que él contrate algún tipo de seguro o él mismo tenga las posibilidades de correr un cierto riesgo al no

asegurarlos. En cualquiera que sea la decisión, al momento de realizar los cálculos, éste costo debe ser cargado en proporción anual al valor inicial de la maquinaria.

$$\text{Seg} = C * (\% \text{Seg})$$

Donde:

Seg = Es el cargo de seguro aplicable anualmente.

C = Es el precio inicial del equipo.

%Seg = correspondiente al porcentaje de seguros aplicable anualmente cuyo valor es tomado como un 0.5%.

Almacenaje.

Se ha determinado que un lugar adecuado para almacenamiento puede ser construido y sostener su manutención por alrededor de un 2% del valor a nuevo del equipo que será almacenado. Por lo que en estos cálculos se propone utilizar este porcentaje.

$$A = C * (\%A)$$

Donde:

A = Es el valor del costo de almacenaje.

C = Es el valor inicial del equipo.

%A = Es el porcentaje que se aplica sobre el valor a nuevo del equipo; en este apartado se utiliza un 2% estimado.

3.6. Cálculo de costos variables del tractor e implementos.

Combustible.

Una forma de poder calcularlo, es basándose en las pruebas Nebraska, donde se determina que el factor adecuado es un 2.43% sobre la potencia del tractor.

$$Com = P * cQ * p$$

Donde:

P = Potencia del tractor en kilowatt (kW).

cQ = Corresponde al porcentaje de 2.43% en unidades de kilowatt-hora/litro (Kwh/L).

p = Es el precio del litro de combustible.

Lubricantes.

La lubricación requiere ciertos materiales y mano de obra que van aumentando proporcionalmente con el uso del tractor. Una regla sencilla para su cálculo es hacer la suposición que el aceite y los costos de lubricación para un tractor son igual al 15% del costo del combustible.

$$Lub = p * (\%Lub)$$

Donde:

Lub = Es el costo de los lubricantes aplicable.

p = Es el costo del combustible.

% Lub = Es el porcentaje de la utilización de lubricantes considerado en un 15%.

Reparaciones.

Este costo debe incluir el costo de las refacciones, sueldos de las personas encargadas de realizarlos, entre otros; pero el valor más aceptado para estos costos, es un 10% del valor a nuevo de un equipo.

$$Rep = C * (\%Rep)$$

Donde:

Rep = Corresponde al costo de reparaciones.

C = Pertenece al costo inicial del equipo cuando es adquirido.

% Rep = Es el porcentaje correspondiente a las reparaciones, estimado en un 10%.

Costo de mano de obra del operador.

Estos costos corresponden al salario del operador de la maquinaria y equipos utilizados, de tal forma que se determina de la siguiente manera:

$$Op = Qj * Hj$$

Donde:

Op = corresponde al costo de un operador.

Qj = Este valor es igual al salario de jornada un operador de maquinaria.

Hj = Son las horas que dure la jornada de trabajo.

5.7. Comparación de costos entre sistemas.

En el Cuadro (2), se muestra los conceptos donde se capturan los datos para el cálculo para hacer la comparación de los costos de los sistemas. Se ha puesto cada sistema seguido de sus componentes y a la vez, seguirá el costo de cada uno para al final obtener los costos por sistema y hacer la comparación.

Cuadro 2. Conceptos para la comparación de costos:

Sistema	Componentes	Costo de componentes	Costo total de sistema
Convencional	A. Discos		
	Rastra		
	Sembradora		
Cinceles	A. Cinceles		
	Rastra		
	Sembradora		
Siembra directa	Sembradora		

IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

En el Cuadro (3) se muestran los costos del tractor e implementos. Para este trabajo, se realizó una cotización en una distribuidora de John Deere en septiembre de 2019

Cuadro 3. Precios del tractor e implementos a septiembre de 2019:

Costos de maquinaria e implementos (pesos)		Promedio de uso horas /año
Tractor John Deere 6403	750,000.00	1000
Arado de discos ARHK 3	67,000.00	200
Arado de cinceles JD610	62,000.00	200
Rastra RI2024	45,000.00	160
Sembradora JD Max Emerge	460,000.00	80

En el Cuadro (4), se pueden ver los datos que resultan del cálculo del combustible, donde se tomaron datos de consumo de combustible que fueron medidos en López Vázquez *et al.*, (2019). Donde el costo de combustible tendrá variaciones para cada implemento.

Cuadro 4. Capacidad de trabajo y consumo de combustible para los distintos implementos utilizados

Equipo Variable	Arado de discos	Arado de cinceles	Rastra de discos	Sembradora
Ancho de trabajo (m)	0.8	2.20	2.25	2.7
Velocidad (km/h)	4	3.96	4.40	4.57
Combustible (l/ha)	28.35	22.2	14.5	11.07
Capacidad de trabajo (ha/h)	0.25	0.69	0.79	0.98
Capacidad de trabajo (h/ha)	3.90	1.43	1.26	1.01
Combustible (l/h)	7.25	15.47	11.48	10.92

En el Cuadro (5), se plasman los cálculos de los costos fijos del tractor JD6403, para el caso de cada labor, estos resultados serán los mismos en relación a todas las labores que se realicen con el tractor, por lo que en los siguientes apartados donde se mostrarán los cuadros de los costos por cada labor, ya solo se presentarán los costos variables que son los que sí tienen difieren en cada labor principalmente por el volumen de combustible requerido por labor lo que hace variar el costo del combustible por hectárea según la labor a realizar.

Cuadro 5. Costos fijos del tractor JD 6403

Costos fijos del tractor		
Concepto	Pesos por año	Pesos por hora
Depreciación	67,500.00	67.50
Impuestos	15,000.00	15.00
Almacenaje	15,000.00	15.00
Seguro	3,750.00	3.75
Intereses	75,000.00	75.00
Costos fijos totales	176,250.00	176.25

En los Cuadros (6), (7) y (8) están los cálculos de costos variables del tractor JD 6403 y costos fijos del arado de discos ARHK-3. La suma de estos dos costos resulta en los costos totales por hectárea para la labor de aradura con discos.

Cuadro 6. Costos variables del tractor JD 6403 en la labor con arado de discos

Costos variables de tractor	
Concepto	Pesos por hora
Combustible	7.26
Lubricantes	3.15
Reparación	75.00
Operador	37.50
Costos variables totales	122.91

Cuadro 7. Costos fijos del arado de discos ARHK-3

Concepto	Pesos por año	Pesos por hora
Depreciación	6,030.00	30.15
Impuestos	1,340.00	6.70
Almacenaje	1,340.00	6.70
Seguro	335.00	1.68
Intereses	6,700.00	33.50
Costos fijos totales	15,745.00	78.73

Cuadro 8. Costos totales para la labor con arado de discos

Costos totales del tractor (pesos por hora)	299.16
Costos totales del arado discos (pesos por hora)	78.73
Costos totales de labor con arado de discos (pesos por hora)	377.88
Costos totales de labor con arado de discos (pesos por hectarea)	1,476.10

Como resultado de costo total para esta labor se obtuvo \$1,476.10 por cada hectárea trabajada.

En relación a la labor que involucra al tractor JD 6403 y a la rastra de discos RI 2420 los resultados de costos variables del tractor para esta labor y los costos fijos de la rastra que sumados serán los costos totales para la labor de rastreo, se plasman en los Cuadros (9), (10) y (11):

Cuadro 9. Costos variables del tractor JD 6403 para la labor de rastreo

Concepto	Pesos por hora
Combustible	11.48
Lubricantes	3.15
Reparación	75.00
Operador	37.50
Costos variables totales	127.13

Cuadro 10. Costos fijos para la rastra RI 2420

Concepto	Pesos por año	Pesos por hora
Depreciación	4,050.00	25.31
Impuestos	900.00	5.63
Almacenaje	900.00	5.63
Seguro	225.00	1.41
Intereses	4,500.00	28.13
Costos fijos totales	10,575.00	66.09

Cuadro 11. Costos totales para la labor de rastreo

Costos totales del tractor en la labor con rastra de discos (pesos por hora)	303.38
Costos totales de la rastra de discos (pesos por hora)	66.09
Costos totales de labor de rastreo con discos (pesos por hora)	369.48
Costos totales de labor de rastreo con discos (pesos por hectárea)	466.51

El costo total para la labor de rastreo con discos es de \$466.51 para cada hectárea que es trabajada.

Para la labor que involucra al tractor JD6403 y al arado de cinceles JD610 se obtuvieron los siguientes costos mostrados en los Cuadros (12), (13) y (14).

Cuadro 12. Costos variables del tractor JD 6403 para la labor con arado de cinceles

Concepto	Pesos por hora
Combustible	15.47
Lubricantes	3.15
Reparación	75.00
Operador	37.50
Costos variables totales	131.12

Cuadro 13. Costos fijos del arado de cinceles JD 610

Concepto	Pesos por año	Pesos por hora
Depreciación	5,580.00	27.90
Impuestos	1,240.00	6.20
Almacenaje	1,240.00	6.20
Seguro	310.00	1.55
Intereses	6,200.00	31.00
Costos fijos totales	14,570.00	72.85

Cuadro 14. Costos totales para la labor con el arado de cinceles

Costos totales del tractor en la labor con arado de cinceles (pesos por hora)	07.37
Costos totales para el arado de cinceles (pesos por hora)	2.85
Costos totales de labor con arado de cinceles (pesos por hora)	380.22
Costos totales de labor con arado de cinceles (pesos por hectárea)	545.54

Para la labor de aradura con cinceles el un costo total por cada hectárea trabajada es de \$545.54.

Los costos para la labor de siembra se observan en los Cuadros (15), (16) y (17). Estos corresponden a los resultados obtenidos de calcular los costos variables del tractor para esa labor, costos fijos de la sembradora que sumados son los costos totales de la labor de siembra por cada hectárea trabajada.

Cuadro 15. Costos variables del tractor JD 6403 para la labor de siembra

Concepto	pesos / hora
Combustible	10.93
Lubricantes	3.15
Reparación	75.00
Operador	37.50
Costos variables totales	126.58

Cuadro 16. Costos fijos de la sembradora JD Max Emerge

Concepto	Pesos por año	Pesos por hora
Depreciación	41,400.00	517.50
Impuestos	9,200.00	115.00
Almacenaje	9,200.00	115.00
Seguro	2,300.00	28.75
Intereses	46,000.00	575.00
Costos fijos totales	108,100.00	1,351.25

Cuadro 17. Costos totales para la labor de siembra:

Costos totales del tractor en la labor de siembra (pesos por hora)	302.83
Costos totales de la sembradora (peos por hora)	1,351.25
Costos totales de labor de siembra (pesos por hora)	1,654.08
Costos totales de labor de siembra (pesos por hectárea)	1,675.66

Para la labor de la siembra se obtuvo un costo total por hectárea trabajada de \$1,675.66.

En el Cuadro (18), se puede ver los costos de cada labor que compone el sistema, que sumados resultan en los costos totales de cada uno de los tres sistemas de labranza estudiados.

Cuadro 18. Costos totales para cada sistema de labranza:

Sistema	Componentes	Costo de componentes	Costo total de sistema
Labranza convencional	A. Discos	1,476.10	3,618.27
	Rastra	466.51	
	Sembradora	1,675.66	
Labranza vertical	A. Cinceles	454.54	2,596.71
	Rastra	466.51	
	Sembradora	1,675.66	
Cero labranza	Sembradora	1,675.66	1,675.66

Por los resultados obtenidos se puede observar que el sistema de labranza cero, es el menos costo implica, pues se utilizan \$1,657.66 para trabajar una hectárea; seguido del sistema de labranza vertical, que tiene un costo de \$2,596.71 al trabajar una hectárea y finalmente el sistema convencional, que por los resultados obtenidos es el más caro al costar \$3,618.27 por hectárea trabajada.

Los rendimientos obtenidos para el cultivo de avena fueron obtenidos en el trabajo previo de Ordoñez, *et al.*, (2019) del cual se tomaron los datos de rendimiento de avena del ciclo de cultivo 2016. Para poder determinar las utilidades netas obtenidas sobre los rendimientos, se investigó en el mercado local el peso en kg que contiene una paca de avena y el precio al que se ofrece en el mercado local; el peso de la paca y costo puede tener variaciones dependiendo de la presentación de la paca (en un rango de 18 a 22 Kg) y de la temporada en que se venda (que el precio puede oscilar entre \$80 y \$120). Con base en estos datos se utilizó para los cálculos 20 kg en promedio como peso y un costo promedio de \$90.

En el Cuadro 19 se muestran los beneficios totales obtenidas en base a los rendimientos, es quiere decir los que se obtienen del número de pacas que resultan y el precio promedio ya mencionado.

Cuadro 19. Beneficio total en base de los rendimientos del cultivo de avena.

Sistemas	Cero labranza	Labranza convencional	Labranza vertical
Rendimiento en materia seca (toneladas por hectárea)	7.9	8.68	9.64
Numero de pacas por hectárea	395	434	482
Beneficio total (pesos por hectárea)	35, 550.00	39, 060.00	43,380.00

De los resultados del Cuadro (19), se observa que los mayores rendimientos y por lo tanto beneficio total se obtuvo de la labranza vertical seguida de la labranza convencional de la que se obtuvo un 10% menos de rendimiento que la vertical y luego la cero labranza que muestra un 18% menos que la vertical.

En el Cuadro (20) se muestran la proporción que representan los costos de labranza en relación a los beneficios totales. También se calculó el índice de beneficio–costo para cada uno de los sistemas de labranza.

La proporción que representan los costos de labranza en relación a los beneficios es menor en el sistema de cero labranza (4.5%), aumenta a 6% en el de labranza vertical y la mayor proporción (8.6%) corresponde a la labranza convencional.

Cuadro 20. Beneficios y costos de los sistemas de labranza.

Sistemas	Cero labranza	Labranza convencional	Labranza vertical
Concepto			
Beneficios totales (pesos por ha)	37,174.50	41,880.00	43,005.00
Costo de la labranza (pesos por ha)	1,675.66	3,618.27	2,596.71
Costo del resto de labores e insumos del cultivo (pesos por ha)	17, 013.00	17, 013.00	17, 013.00
Costos totales (pesos por ha)	18, 688.66	20, 631.27	19, 609.71
Costo de la labranza (% del beneficio total)	4.5	8.6	6.0
Índice beneficio-costo	1.98	2.02	2.19

El mejor beneficio costo se obtiene con el sistema de labranza vertical que tiene un índice de 2.19 lo que significa que por cada peso invertido en este sistema de producción se obtienen 1.19 pesos de utilidad. Luego le sigue el sistema de labranza convencional con un índice de 2.02 lo que nos da una utilidad de 1.02 pesos por cada peso invertido, finalmente el sistema de cero labranza con un índice de 1.98 lo cual representa una utilidad de 0.98 pesos por cada peso invertido.

Si se analiza en porcentaje en relación al mejor índice de costo beneficio, con el sistema de labranza convencional se gana un 14% menos de utilidad que en labranza vertical. En el caso de cero labranza es 17% menos de utilidad en relación a

la labranza vertical. De aquí se deduce que la labranza convencional solo aventaja a cero labranza con un 3% más de beneficio.

V CONCLUSIONES.

Los resultados de los costos establecen que el sistema de labranza convencional es el que tiene mayores costos de operación de la maquinaria, siendo éste seguido por el sistema de labranza vertical, que nos produce un 28% menos de de costos de operación a comparación del sistema convencional; finalizando con el sistema de cero labranza que nos resulta con costos de operación menores en un 53% comparándose al sistema convencional.

El costo de todas las labores del sistema de labranza convencional equivale a un 8.6% del total de los beneficios de este sistema. El costo de todas las labores del sistema de labranza vertical representa un 6% de los beneficios totales que se consiguen con este sistema. Los costos de las labores del sistema de labranza cero equivalen solo al 4.5% del total de los beneficios obtenidos con este sistema. Siendo de esta forma el sistema de labranza convencional, el que tiene los costos más elevados en la producción.

En relación a la tasa de beneficio-costo obtenido en la producción, resulta que del sistema de labranza vertical se obtiene un mayor beneficio a comparación de los otros dos sistemas, dejando un índice de ganancia de \$1.19 por cada peso invertido; mientras que es de \$1.02 por cada peso que se invierte con el sistema convencional y finalmente, en el sistema de labranza cero se obtienen 0.98 pesos por cada peso invertido

En las condiciones del estudio realizado, el mejor sistema en relación al beneficio-costo es el de labranza vertical pues tiene una diferencia entre 14% a 17% de mayor beneficio que los otros dos. Los sistemas convencionales y cero labranza tienen un beneficio-costo muy similar entre ellos pues solo existe una diferencia de 3% entre ambos.

VI RESUMEN

Los costos de los sistemas de producción son importantes pues determinan la factibilidad de la actividad agrícola en una región. De los costos de insumos y labores, las actividades de labranza son de los más altos pues demandan mucha energía y los combustibles derivados del petróleo incrementan sus precios continuamente.

El propósito de este trabajo fue calcular y analizar los costos de dos sistemas de labranza de conservación (labranza vertical y labranza cero) para compararlos con los costos de la labranza convencional utilizada normalmente en la región (Sureste del Estado de Coahuila) en la producción del cultivo de avena para forraje seco. Lo anterior con el propósito de establecer el beneficio costo de cada sistema.

Para el cálculo de costos, se utilizaron los datos obtenidos en otros trabajos en la región en los que se midieron el uso de combustible por cada una de las labores de los sistemas estudiados, las capacidades de trabajo con cada implemento y el rendimiento del cultivo en cada sistema. Se investigó el precio del tractor utilizado como fuente de potencia, así como de cada uno de los implementos. a partir de estos datos se calcularon los costos fijos y costos variables de la maquinaria utilizada en cada labor.

Con los costos totales de cada sistema de producción y los beneficios totales de la producción bajo cada sistema se calculó el índice de Beneficio-Costo.

El mejor beneficio costo se obtuvo con el sistema de labranza vertical que tiene un índice de 2.19 lo que significa que por cada peso invertido en este sistema de producción se obtienen 1.19 pesos de utilidad. Luego le sigue el sistema de labranza convencional con un índice de 2.02 lo que nos da una utilidad de 1.02 pesos por cada peso invertido, finalmente el sistema de cero labranza con un índice de 1.98 lo cual representa una utilidad de 0.98 pesos por cada peso invertido.

En relación al mejor índice de costo beneficio, con el sistema de labranza convencional se gana un 14% menos de utilidad que en labranza vertical. En el caso de cero labranza es 17% menos de utilidad en relación a la labranza vertical. De aquí

se deduce que la labranza convencional solo aventaja a cero labranza con un 3% más de beneficio.

En las condiciones del estudio realizado, el mejor sistema en relación al beneficio-costo es el de labranza vertical pues tiene una diferencia entre 14% a 17% de mayor beneficio que los otros dos. Los sistemas convencionales y cero labranza tienen un beneficio-costo muy similar entre ellos pues solo existe una diferencia de 3% entre ambos.

Palabras Clave: Análisis de Beneficio-Costo, Labranza de Conservación, Labranza Convencional, Costo de Labores de Labranza

VII BIBLIOGRAFÍA.

- Archer**, D., Ardell D., y Reule C. 2008. Economics of Irrigated Continuous Corn under Conventional-Till and No-Till in Northern Colorado. *Agron. J.* 100:1166–1172
- Barrios G.**, Alejandra I., 1996. Costo energético de las operaciones mecanizadas. biblioteca.inia.cl/biblioteca/detalle.php?c=120495&materia=N20&nr=23067&f=1&pagina=1 biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/informativos/NR41410.pdf
- Carter**, M.R. (1994) Conservation Tillage in Temperate Agroecosystems. Lewis, Boca Raton, Florida, 390 pp.
- Carrasco J.**, Abarca P., Catalán A., 2019. Metodología de cálculo de costos de uso de maquinaria agrícola para el cultivo de Maíz. <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/informativos/NR41410.pdf> [09 de noviembre de 2019].
- Chen** , Y., S. Damphousse and H. Li. 2016. Vertical tillage and vertical seeding. The Canadian Society of Bioengineering. 2016 Annual Conference Halifax, Canada.
- FAO / INTA**: “Manual de sistemas de labranza para América Latina”, Boletín de suelos de la FAO, no. 66, 193pp., Roma, Italia, 1992.
- FAO**: Energy Consumption and Input Output Relation in Field Operations, CNRE, Study no. 3, Rome, Italy, 1990.
- Garbers R.** y Chen Y. 2013. Costos Operativos de Maquinaria Agrícola. Dirección Nacional de Contratistas Rurales e Insumos Agrícolas. Subsecretaría de Agricultura.
- Kojima**, M. Drawing a Roadmap for Oil Pricing Reform. In Household Savings in Central Eastern and Southeastern Europe: How Do Poorer Households Save? The World Bank: Washington, DC, USA, 2013.

- Li H.**, Wang X., He J., McHugh A.D., Li W., Gao H., Kuhn N. 2006. The adoption of annual subsoiling as conservation tillage in dryland maize and wheat cultivation in northern China
- Liljedahl J.**, Carleton W., Turnquist P., Smith D., 1984. Tractores, Diseño y Funcionamiento. Ed. Limusa. Primera edición. México. Pp 399-410.
- López A.**, Cadena M., Campos S., Zermeño A., Mendez, M. 2019. Comparison of Energy Used and Effects on Bulk Density and Yield by Tillage Systems in a Semiarid Condition of Mexico. *Agronomy* 9, (189) 1-18
- Rodríguez, R.G.** La simple aritmética de la nueva política de precios de las gasolinas y el diesel. *Economía Informa* 2017, 404, 40–62.
- Monsanto**, 2019, Labranza Cero. <http://descubri.monsanto.com.ar/notas/por-que-la-labranza-cero-o-siembra-directa-es-la-mejor-alternativa-para-el-medioambiente/> [09 de noviembre de 2019].
- Nail E.**, Young D. y Schillinger W. 2006. Diesel and glyphosate price changes benefit the economics of conservation tillage versus traditional tillage.
- Ordoñez M.**, K.D., Cadena Z., M., Campos M., S.G., Zermeño G., A. 2019. Effect of tillage systems on physical properties of a clay loam soil under oats. *Agriculture* 9 (62) 1-14
- Sharma, P.**; Abrol, V.; Sharma, R. Impact of tillage and mulch management on economics, energy requirement and crop performance in maize–wheat rotation in rainfed subhumid inceptisols, India. *Eur. J. Agron.* 2011, 34, 46–51.
- SIAP.** Servicio de Informacion Agroalimentaria y Pesquera. Infografías agroalimentarias. Available online: https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2018/Infografias-2018 (accessed on 30 March 2019).

Sena 2019, Elementos de Máquinas.
https://repositorio.sena.edu.co/sitios/elementos_maquinas/vol12/volumen12.html# [09 de noviembre de 2019].

Steiner, K.G. Conserving Natural Resources and Enhancing Food Security by Adopting No Tillage; Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH: Rossdorf, Germany, 1998.