



## **Ingenio La Margarita, S.A. de C.V.**

*Sistema de Gestión de la Calidad e Inocuidad*

### **RESULTADOS DE LA IMPLEMENTACION DEL KEY-LINE (LÍNEA CLAVE) EN LAS PARCELAS AGRICOLAS DEL INGENIO LA MARGARITA.**

El Ingenio La Margarita en la zafra 2017/2018 se cosecho una superficie de 19,153.640 hectáreas con un tonelaje de 1, 118,274.976 toneladas métricas de caña, dando un rendimiento de 58.40 toneladas de caña por hectárea.

El 90 % de la superficie total que comprende la zona de abasto del Ingenio la Margarita es ondulado. El objetivo principal en la implementación de este sistema es corregir la erosión de los suelos para su regeneración. Por lo que en el presente trabajo se mostraran los resultados que se obtuvieron, en la corrección de la erosión, componentes que influyen en el rendimiento de campo y la operación de la cosecha.

En el ingenio la Margarita se cosecharon con el método KEY-LINE en la zafra 2017 / 2018, una superficie de 51.96 hectáreas, superficie que se evaluó y presentaremos los resultados en la EXPOATAM 2018. Para la zafra 2018/2019 se establecieron con este método 75.58 hectáreas y sumadas a las del ciclo anterior nos da un total de 127-54 hectáreas superficie que ha sido muestra clave para comprobar con datos medibles que el sistema funciona, convencer y ofrecer a los productores una alternativa eficaz para la corrección inmediata de la erosión de los suelos como primer objetivo. Los resultados se observaron en la regeneración de los suelos, así como el incremento en la producción, por lo que se dio a conocer y se demostró a los productores que esta es una iniciativa de mayor prioridad para beneficio de sus tierras, por lo que concluimos con resultados que este método KEY-LINE es idóneo para seguirlo implementando en el cultivo de caña y restaurar rápidamente suelos degradados y blindarlos a los efectos de las erosiones y sequias. La adopción generalizada de los principios de key line (línea clave) es seguramente el cambio más práctico y rentable que la agricultura debería adoptar para lograr superar el cambio climático.

**Palabra Clave: Método Línea Clave**

**Pedro Munive Xahuantitla.  
José Luis Jiménez Castro.  
INGENIO LA MARGARITA, S.A DE C.V.**

## IMPLEMENTATION RESULTS OF THE KEY-LINE IN THE AGRICULTURAL GROUNDS OF PLANT LA MARGARITA

The 2017/2018 harvest period in the Plant La margarita a total of 19,153.640 hectares harvested with a total of 1,118, 274.976 metric tons of sugar cane were produced, giving us a an estimated 58.40 tons of sugar cane per hectare.

A total of 90% of the total production surface in the zone of the La Margarita Plant in undulated or ripply. the prime objective for implementing this system is to correct the erosion of the soil and to help regeneration. In this project we will be able to demonstrate the results that we obtained in regards to erosion correction, components that influence the performance of the soil and the harvest operations.

In the 2017/2018 the sugar harvest was done using the method KEY-LINE. A total surface used for this method was 51.96 hectares, which has now been evaluated and we will present the results during the EXPOATAM 2018. In the sugar harvest period 2018/2019 we were able to implement this method to 75.58 hectares and were added to the past harvest cycle giving us a total surface of 127.54 hectares as a key template to prove with measurable data that this system works. This will help to offer and convince other producers that there is an efficient alternative for the immediate correction of soil erosion as our primary objective. The obtained results were evident during the regeneration of soils, as well as the increment in production, which allow to show and demonstrate to the producers that this initiative as its main priority will benefit their lands. The conclusive results obtained using this method KEY-LINE are convincing prove that the system should continued to be implemented in the sugar cane harvest to help with the rapid restoration of degraded soils and shield them from the effects of draught and erosion. The generalized adoption of the principles of the KEY LINE is surely the most practical and profitable change that our agricultural industry should adopt to overcome climate change.

**Keyword: Key Line Method**

**Pedro Munive Xahuantitla.  
José Luis Jiménez Castro.  
INGENIO LA MARGARITA, S.A DE C.V.**

## INTRODUCCION.

El Ingenio La Margarita en la zafra 2017/2018 se cosecho una superficie de 19,153.640 hectáreas con un tonelaje de 1, 118,274.976 toneladas métricas de caña, dando un rendimiento de 58.40 toneladas de caña por hectárea.

El 90 % de la superficie total que comprende la zona de abasto del Ingenio la Margarita es como se había comentado anteriormente ondulado, sus suelos presentan lomeríos de poca altura con pendientes moderadas, con suelos delgados a medios de profundidad, de textura franco arenosa, motivo por el cual se presentan erosiones en sus tres tipos Eólica, Hídrica y Mecánica, causando desgaste acelerado de los suelos provocando que los campos se vuelvan menos productivos

El Ingenio La Margarita como una alternativa para evitar que se incremente este tipo de erosión y degradación acelerada del suelo y aprovechar al máximo las precipitaciones que se presentan cada vez más escasas y en diferentes temporadas del año a consecuencia de la variabilidad del clima y principalmente al Cambio Climático. Se implementa en el programa de siembras ciclo 2016/2018. Siembras con el Método KEY-LINE (Línea-Clave) con una superficie sembrada y cosechada de 51-86 hectáreas se tienen los resultados de la producción toneladas de caña por hectárea así como también la demostración de la eliminación de la erosión o pérdida de suelo en comparación con las siembras tradicionales. Para la cosecha de la zafra 2018-2019 se tienen sembradas 75-58 hectáreas, por lo tanto para la zafra 2018-2019 se tienen por cosechar 127-44 hectáreas entre socas y plantillas respectivamente, es importante mencionar que se tiene proyectado continuar con este tipo de siembra con el método key line ( línea clave ) con un programa de 100-00 hectáreas para la siembras 2018-2020 y de esta manera incrementar cada ciclo de siembras. Es importante mencionar que el establecimiento de este nuevo patrón de siembra que se ha establecido en las parcelas agrícolas del Ingenio La Margarita ha presentado excelentes resultados en el incremento de la producción, así como en la regeneración de los suelos por que se ha controlado el problema tan fuerte de la erosión, nos ha enseñado también a tener un manejo responsable de las tierras utilizadas en el cultivo de la caña en donde se ha establecido el sistema Key-Line; Con el establecimiento de este proyecto se ha logrado el aprovechamiento de los recursos hídricos a su máximo potencial y se ha regenerado la profundidad de los suelos.

Los parámetros que se evaluaron en el siguiente trabajo para la obtención de los resultados que presentamos con el actual trabajo son los siguientes; primeramente demostraremos que se evito la erosión de los suelos por la lluvia, como es la profundidad de los suelos, humedad y desarrollo de la base radicular de las cepas de caña y como segundo los factores que determina la producción como son la longitud de los tallos, diámetro, numero de cepas y tallos por cepa con esto demostramos que este método KEY-LINE es idóneo para implementarlo en el cultivo de caña y restaurar rápidamente suelos degradados y blindarlos a los efectos de las erosiones y sequia, ya que combina la captación y conservación del agua con técnicas de regeneración de tierras; además el cultivo en línea clave, busca aprovechar al máximo los recursos hídricos y devolver al suelo su profundidad y fertilidad y por lo tanto favorecer en el incremento de la producción.

## **Justificación.**

Uno de los aspectos fundamentales en el desarrollo de cualquier actividad agrícola es la capacidad para manejar los recursos hídricos disponibles aunados a las áreas o zona de temporal y mantener el suelo en buenas condiciones. Desarrollar un suelo fértil y biológicamente activo que tenga la capacidad de retener el agua, es donde ahí se puede utilizar esta herramienta key-line ya que esta metodología se basa principalmente en contrarrestar la creciente erosión y degradación de los suelos, y asegurar la sustentabilidad de la producción agrícola y por consiguiente aumentar la producción de las cosechas por lo que es interesante evaluar y demostrar con resultados todos los beneficios que implica el utilizar este sistema en nuestro caso en el cultivo de la caña, tanto en la conservación de los suelos como los rendimientos de toneladas de caña sobre hectárea.

## **Objetivo Principal**

- Las zonas seca, transición y humedad del área que abastece de caña de azúcar al ingenio presentan altos índices de desertificación y erosión del suelo; por lo que es importante actuar inmediatamente para evitar que se siga erosionando y degradando nuestro suelo, por lo que presentamos como objetivo principal el resultado de la regeneración del suelo con la implementación de este sistema key-line en nuestras siembras ciclo 2016-2018 con una superficie total de 51-86 hectáreas.

## **Objetivos Secundarios:**

- Evaluar los componentes del rendimiento toneladas por hectárea como son la longitud, diámetro de los tallos y número de tallos por cepa.
- Evaluar las propiedades Biológicas ya que se reactiva con mayor rapidez la actividad microbiana y por lo tanto se recupera la profundidad y fertilidad de los suelos.
- Desarrollo radicular.

## **REVISION DE LITERATURA.**

### **KEYLINE O (LINEA CLAVE)**

El agua es factor determinante en la producción de alimentos en cualquier propiedad y a cualquier escala. Cuanta más agua de lluvia puedan capturar y retener nuestros suelos, menos dependeremos de fuentes externas de agua y menos tendremos que regar.

La metodología de diseño de espacios que desarrolló P.A. Yeomans en Australia en los años 50, denominada Keyline o Línea Clave, recuperada y difundida en Iberia por Darren Doherty, es una combinación magistral de conservación de agua y regeneración de praderas y suelos. Los objetivos incluyen: blindar los suelos ante los efectos de la sequía o de las lluvias intensas, distribuir el agua de forma homogénea y convertir los suelos en grandes almacenes de agua y sumideros de carbono en forma de vida... todo ello creando espacios hermosos y armoniosos para el disfrute de quienes los frecuentan. Yeomans asegura que la adopción generalizada de los principios de keyline (línea clave) es probablemente el cambio más práctico y rentable que la agricultura debería adoptar para lograr superar el cambio climático. También describe un sistema de contorno amplificado, con rasgos específicos para controlar la escorrentía de lluvia y permitir el riego por inundación rápida del terreno ondulado y sin la necesidad de terrazas.

Su mayor potencial es en zonas de temporal, pues el método considera la construcción de bordos para almacenamiento de agua, apoyándose en la topografía del terreno, se hacen canales de conducción para dirigir el agua de lluvia hacia el bordo o bordos construidos.

El método de keyline sirve para definir en un predio las áreas de captación de agua, áreas de infiltración, áreas de riego, ubicación de canales, caminos, líneas de arboles etc. Siguiendo los principios, se puede diseñar cualquier unidad de producción, del tamaño que sea, e incluso, puede usarse en la planeación de centros de población y ciudades.

El empleo del método de la línea clave en una parcela agrícola implica simplemente hacer el surcado paralelo a la línea clave, tanto hacia arriba como hacia abajo de la misma. De esta forma, se garantiza que el recorrido del agua de lluvia o (riego) se moverá de las vertientes a las laderas del terreno.

El propósito del patrón de cultivo de una parcela con el método keyline, es dirigir hacia las partes altas del terreno el agua de lluvia, que se infiltre y almacene en el suelo.

### QUÉ ES DISEÑO EN LÍNEA CLAVE.

El diseño y planificación Línea Clave prevé primero el descubrimiento y luego el desarrollo de cada uno de los recursos renovables del terreno, con el objetivo de producir un estado de equilibrio que será de acuerdo a la forma del terreno, el clima y el suelo. La idea básica es hacer a la naturaleza que asista y ayude al productor, en lugar de que se embarque en un conflicto con la naturaleza, con su consiguiente pérdida económica.

Conservar el agua es cada vez mas importante en zonas donde la lluvia es limitada a consecuencia del cambio climático, por esta razón debemos aprovechar al máximo los recursos hídricos considerando los siguientes puntos.

- 1.- Observación de la lluvia en el terreno
- 2.- Trabajar el agua de arriba hacia abajo
- 3.- Retenerla e infiltrarla
- 4.- Planear una ruta para el sobre flujo del agua
- 5.- Crear una esponja viviente.

Cada vez que un campesino voltea su tierra destruye su biología y origina la rápida oxidación de su materia orgánica, perdiendo así el potencial biológico que le aporta la fertilidad tan necesaria para sus cultivos, además de provocar la inexorable erosión y pérdida de su único patrimonio sus tierras. Es justamente en este punto donde el diseño hidrológico adquiere su verdadera dimensión.

### FORMAS Y PATRONES DEL PAISAJE EN LINEA CLAVE

#### **Ladera Principal:**

A gran escala, una ladera principal se le conoce como cordillera o cumbre ( montañas entrelazadas entre sí ) y en cualquier terreno es la cima de una serie de laderas enlazadas entre sí, o la cima de los cerros o colinas que rodean el paisaje. La ladera principal demarca el área de captación de lluvia y la línea que corre a lo largo de su cresta es el parte - aguas que determina la dirección de las escorrentías.

#### **Ladera Primaria:**

Es cualquiera de los lados en declive desde un monte, cerro o colina, que proviene de una ladera principal. El patrón de las curvas alongadas de los contornos de la ladera principal, alejado de su centro, cambia a una serie de curvas mas planas que revelan el patrón de las laderas primarias a un costado de la ladera principal. Cuanto más cerradas sean las curvas, los contornos estarán mas juntos, indicando la frontera con las vertientes primarias.

**Vertiente Primaria:**

Es el declive o sitio por donde corre el agua, es el resultado de la intrusión de una ladera dentro de otra ladera. El área de captación de una vertiente primaria esta demarcada por el parte - aguas a lo largo de la ladera principal y el parte - aguas de las laderas primarias a cada lado de ellas.

**Meseta:** Es una llanura o planicie extensa y elevada a cierta altitud sobre el nivel del mar; emerge un relieve en el paisaje, este puede ser un cerro, montaña o meseta. Los patrones de contorno de las mesetas, los cerros y los estanques son idénticos, se dibujan como curvas elongadas cerradas y la única manera de distinguirlos en un plano es por medio de las cotas asignadas a cada curva o, en algunos casos, los mapas marcan las depresiones con líneas punteadas.

**LA GEOMETRÍA DE LA LINEA CLAVE**

El sistema de cultivo perfeccionado por Yeomans incluye otro importante factor, la geometría del terreno. Esto se basa en los varios patrones hechos por las líneas de nivel en el terreno, que son coherentes en un determinado grado para cada una de las pendientes clasificadas en Lineaclave. Quizás podemos comenzar nuestra explicación de esta forma.

Las lluvias fuertes causarán en ocasiones que el agua fluya sobre la totalidad de la superficie del terreno, y el movimiento del agua es por el camino más directo ladera abajo desde la cresta primaria hasta el valle debajo de esta.

**PATRONES DE LA TOPOGRAFIA:**

Cuanto más altas son las crestas de las montañas, la altura y pendientes de las líneas claves en las vertientes primarias van a tender a ser más altas y pronunciadas. El arroyo es el límite de sus vertientes primarias tributarias. Las laderas primarias terminan donde colinda con el patrón de la vertiente debajo de ellas.

Las escorrentías sobre la cresta principal y las partes altas de las laderas primarias fluyen a las vertientes primarias por el camino más rápido y la ruta más empinada. La estabilidad y permanencia de los paisajes naturales depende enormemente de la fertilidad y de las fuerzas de las vertientes para resistir la fuerza del agua que escurre.

Considerando que la topografía trata de sacar de los terrenos en el menor tiempo posible, captándola en sus crestas para dejarla correr sobre las laderas, que rápidamente la conducen hacia las vertientes en las que no solo se aleja de nuestras tierras sin haber transcurrido el tiempo necesario para empaparlas adecuadamente, sino que también se concentra y forma corrientes cuyo ímpetu y velocidad arrastra miles de toneladas de tierra anualmente. Todo esto debido a que el agua se aleja de nuestras parcelas con la misma eficacia que lo hace en los paisajes naturales.

Para captar con mayor facilidad la importancia de un punto clave en cualquier vertiente basta con estar parado justo en ese sitio (mirando cuesta abajo). Es como estar en el anfiteatro del paisaje, todo parte de este punto, es aquí donde comienzan los arroyos, donde las aguas se " juntan " para iniciar su carrera al mar, donde tiene el menor ímpetu y donde es más fácil controlarlas.

Así como es más fácil apagar un cerillo que un incendio, también es más fácil controlar el agua donde empieza a correr (en el punto clave) que cuando ya formo un arroyo.

## METODO DE TOMA DE DATOS PARA EVALUAR RESULTADOS EN INGENIO LA MARGARITA. S.A. DE C.V.

### MATERIALES:

- Pala derecha.
- Pico.
- Barreta
- Cinta métrica de 5 metros de largo.
- Pie de Rey (Vernier)
- Cubetas.
- Machete.
- 

### METODOLOGIA.

#### **Metodología para Demostrar que se evito la Erosión.**

Se procede a realizar un recorrido por el terreno y se revisa la profundidad en tres puntos de la parcela tratada con el sistema key-line y se comprueba y/o revisa que no presenten roturas los surcos, principalmente donde se localizan las vertientes, aquellas partes que presenten alguna ruptura se comunica al productor para darle mantenimiento. Se toman los datos de profundidad y se anotan para su información, la profundidad se mide desde la parte superficial del terreno hasta la parte donde se desarrolla la fase radicular de la cepa de caña.

#### **Primer paso para determinar la profundidad del suelo:**

- Cuando están localizados los 3 puntos en la parcela trátense con línea clave o siembra tradicional, se procede a tomar los datos en cada punto, se marcan 10 metros lineales y al centro de estos diez metros se realiza un pozo con la ayuda de la pala recta lo mas cercana a la cepa, se mide la raíz y la profundidad del pozo y se observa si habitan organismo vivos, esta cepa se extrae completamente para observar su desarrollo radicular y se toman datos.

#### **Metodología para Evaluar los factores que determinan la producción.**

- De la misma forma que el punto anterior para medir la profundidad del suelo se toman los datos de numero de cepas, altura que comprende de la base de la caña hasta el primer collar visible, tallos por cepa, diámetro, profundidad del desarrollo radicular, elongación de los canutos, numero de canutos por tallo y el largo de las raíces primarias.

#### **Metodología para evaluar el Rendimiento de Campo tons./ha.**

- Una vez programadas las parcelas para su cosecha por el laboratorio químico de campo, las cultivadas con el sistema key-line y las siembras tradicionales se procedió a darle seguimiento en su corte y operación del transporte para saber cuántas toneladas de caña se cosecharon y calcular de acuerdo a la superficie su rendimiento por hectárea.

Otros factores que se evaluaron fueron las labores culturales y la logística para la cosecha.

- Aplicaciones de agroquímicos.
- Mantenimiento del cultivo.

**RESULTADOS:**

En Ingenio la Margarita, se implementa el cultivo con el Método Key-line en las siembras ciclo 2016/2018 para su cosecha en la zafra 2017/2018 como se muestra en el siguiente cuadro.

**SIEMBRAS REALIZADAS EN NOV.-DIC. 2016**

<b>T. ZONA</b>	<b>TEMPORAL</b>	<b>RIEGO</b>	<b>TOTAL</b>	<b>% PENDIENTE</b>
<b>HUMEDA</b>	<b>11.07</b>		<b>11.07</b>	<b>1</b>
<b>SECA</b>	<b>12.91</b>	<b>16.68</b>	<b>29.59</b>	<b>1</b>
<b>TRANSICION</b>	<b>7.05</b>	<b>4.25</b>	<b>11.30</b>	<b>1</b>
<b>TOTAL</b>	<b>31.03</b>	<b>20.93</b>	<b>51.96</b>	<b>1</b>

Cuadro 1. Hectáreas sembradas con el método Key-line

Se evaluaron las siembras que se presentan en el cuadro anterior, primeramente se evaluó la erosión de los suelo así como también los factores que determinan la producción. Como se muestran en los cuadros siguientes:

PROFUNDIDAD DEL SUELO (cm)  
DESARRROLLO DE LAS RAICES PRIMARIAS

<b>T. SIEMBRA</b>	<b>HUMEDA</b>	<b>SECA</b>	<b>TRANSICION</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>KEY-LINE</b>	36.17	35.67	46.00	40.00
<b>TRADICIONAL</b>	33.67	21.67	25.00	26.33

Cuadro 2. Profundidad del suelo.

LARGO DE LA RAIZ (cm)

<b>T. SIEMBRA</b>	<b>HUMEDA</b>	<b>SECA</b>	<b>TRANSICION</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>KEY-LINE</b>	28.83	29.67	31.33	30.00
<b>TRADICIONAL</b>	25.00	16.67	18.00	19.42

Cuadro 3. Largo de la Raíz.



En el presente cuadro mostramos los resultados recabados en el campo de acuerdo a la metodología antes descrita y que son datos determinantes en el rendimiento de campo, estos valores son adicionales al objetivo principal de proteger los suelos contra las erosiones principalmente en este cultivo, por las lluvias ya que por cultura las siembras tradicionales se realizan a favor de las pendientes.

FACTORES QUE DETERMINAN LA PRODUCCION.

T. SIEMBRA	CEPAS	ALTURA	TALLOS	DIAMETRO	ELONGACION	No. CANUTOS
KEY-LINE	19	185.73	110	2.71	11	13
TRADICIONAL	18	171.25	104	2.51	10	12

Cuadro 4. Factores que determinan el rendimiento.

**Evaluación de la siembra tradicional y con el sistema key –line:**

Se programo y se ubico una parcela con la misma superficie de una hectárea que estuvieran juntas y en las mismas condiciones en todos los aspectos para poder evaluar la diferencia de la conservación del suelo y de los rendimientos en campo y se obtuvieron los siguientes datos:

Productora: Piedad Romero

Ejido: Vicente Camalote

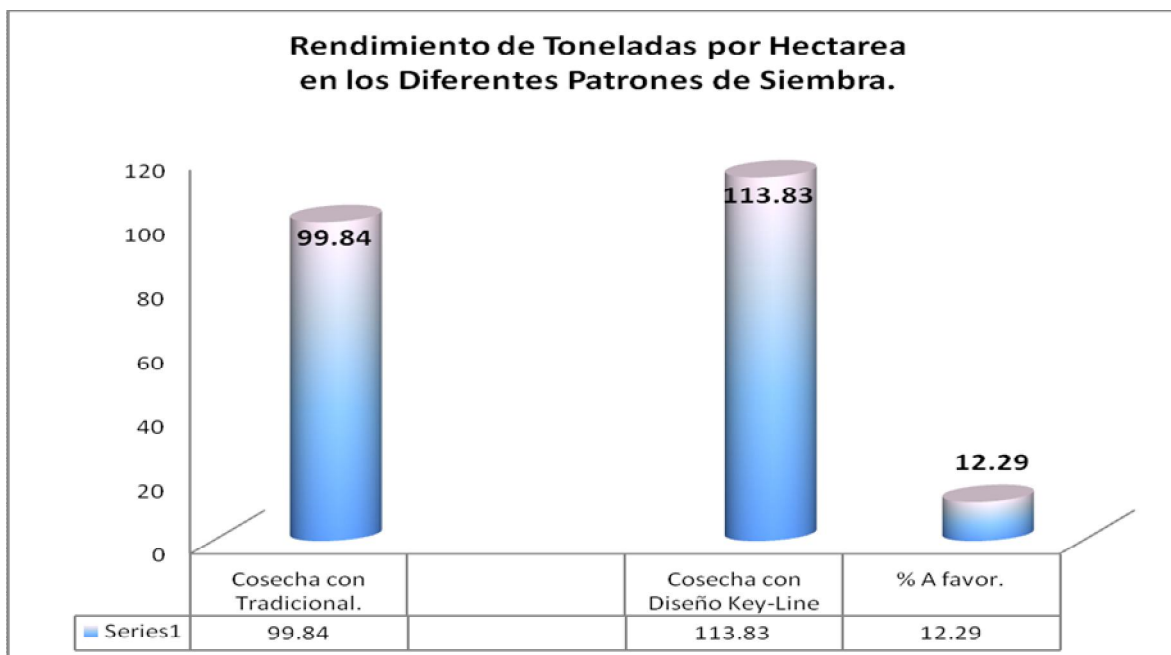
Variedad Cp-72.2086

Superficie: 1 Ha

<u>Cosecha con Tradicional.</u>	<u>Cosecha con Diseño Key-Line</u>
Total de viajes: 4	Total de viajes: 5
Total Ton: 99.84	Total Ton: 113.830

Cuadro 5. Comparativo siembra Tradicional Vs. Siembra key-line.

Se observo que efectivamente se conservo el suelo no hubo roturas en los surcos y además se conservo una profundidad del suelo de 45 centímetros de la parte superficial del suelo hasta el área del desarrollo radicular de las raíces primarias.



Cuadro 6. Grafica de los rendimientos en los diferentes tipo de siembra.

## CONCLUSIONES:

El sistema key line como objetivo principal es proteger los suelos de las erosiones, principalmente de la lluvia con la finalidad de aprovechar también el agua y que la infiltración sea mayor, por lo que concluimos que en el ciclo de siembras 2016/2018 que se cosecharon en la zafra 2017/2018 se obtuvieron buenos resultados tanto en la prevención de la erosión y en el incremento de los rendimiento de campo, ya que las toneladas por hectárea de la siembra tradicional contra la línea clave se observo un incremento del 12 % a favor del key-line.

Los factores que influyen directamente en el tonelaje como son la altura del tallo, su grosor, la elongación de el, así como los tallos por metro lineal, se observo y se midió que favoreció en estos conceptos a la siembra realizada con el Sistema Key-line en relación a la siembra tradicional, tal como lo presentamos en el cuadro factores que afectan la producción.

También concluimos que la logística que se realizo para la cosecha, nos permitió observar y proyectar que es importante considerar el trazado de los caminos en las siguientes siembras a establecer con el patrón key-line para facilitar el corte y saque de la caña, por que se presentaron algunos inconvenientes con el equipo de alce para el saque de la caña, que posteriormente se tenía que subir a los camiones de carga ya que en algunas partes no lograban ingresar al campo para ser cargados por las alzadoras. Cabe mencionar que a pesar de todo lo anterior se realizo la cosecha de las parcelas con el patrón keyline.

## Referencias bibliográficas:

- Gras E. (2009) Cosecha de Agua y Tierra. 173, 174, 175, 176, 177  
 Fattorelli S. (2011) Diseño Hidrológico. 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38  
 Cortes H. (2013) Manual Técnico Diseño Hidrológico del Terreno. 71, 72, 73, 74  
 Hoger H. (2010) Permacultura, Diseño para un Mundo en Descenso Energético. 23, 24, 25, 26  
 Jiménez J. (2009) Manual de conservación de Solo y Agua.