
Mejora en los métodos de riego de un rancho agrícola

Pablo Abihú Marrufo Ortega, Enrique Barrón López, Mario Ramírez Barrera, Francisco García Heredia, Gwendolyne Peraza Mercado

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

RESUMEN

La realización de este proyecto surge por la necesidad de un grupo de personas que vieron que la producción de alfalfa estaba disminuyendo cada año. La alfalfa es un forraje que ha sido sembrado por muchos años en México, y a pesar de que esta planta se ha manipulado a lo largo del tiempo, aun existen sectores agricultores que no aprovechan al máximo las bondades de la tierra y de esta semilla. La alfalfa tiene distintas aplicaciones, que van desde la alimentación del ganado, hasta la elaboración de medicina. La hipótesis planteada en este proyecto pretende demostrar que los métodos de riego están directamente vinculados con la producción total de alfalfa. Es por eso que el objetivo primordial de esta investigación, es demostrar que mediante la correcta aplicación de métodos de riego adecuados para cada tipo de suelo, se podrá incrementar la producción de alfalfa, esto debido a que con la correcta administración de los recursos se lograra que cada riego logre generar el mayor crecimiento posible en la planta y el correcto desarrollo de la misma, por lo que con esto se podrá conseguir un aprovechamiento generoso de los recursos del suelo y del medio ambiente. La implementación de dichas mejoras se aplicaran mediante la elaboración de un plan de riego pensado para cada grupo similar de suelo, mismo que será elaborado basado en la medición análisis de ciertos parámetros como la evapotranspiración, la capacidad de infiltración del suelo, le tipo de suelo el pH de la tierra. Se procedió a realizar la aplicación de dicho plan de riego, con la intención de demostrar que las mediciones y el análisis estaban correctos. Al seguir este plan específico, se obtuvieron resultados parciales favorables, los cuales indican que al final de la temporada de producción se habrá obtenido el incremento total propuesto en los objetivos.

Palabras clave: Alfalfa, Sistema de riego.

INTRODUCCIÓN

El Rancho San Isidro fue fundado en 1955. Es importante destacar que desde las fechas de su fundación ese lugar se ha dirigido y enfocado al ámbito de la ganadería y la agricultura, este patrimonio siempre ha sido el sustento de la familia por al menos dos generaciones.

En un principio se enfocaron a la crianza de ganado ovino, porcino y vacuno, y a la agricultura de diversas hortalizas y granos, sin embargo hace aproximadamente 20 años se empezaron a dedicar

exclusivamente a la siembra de alfalfa. Durante ese tiempo el rancho ha tenido épocas de abundancia y otras de decadencia. En el año 2000 cambió la dinámica de siembra y crianza de ganado, fue entonces cuando los dueños supieron que debían tomar una decisión importante y optaron por únicamente quedarse con la alfalfa como sustento y el ganado vacuno. Con el transcurrir de los años observaron que su decisión era atinada, sin embargo del 2004 al 2008 se tuvieron que parar las actividades y el terreno quedó inutilizado por primera vez en cincuenta años.

En el año 2008 se reactivaron los procesos de producción de alfalfa y se adquirió ganado ovino. Durante el año mencionado no se obtuvieron ganancias, esto debido a que el proyecto de restauración del Rancho estaba en su etapa de inversión, pero la actividad en general se había reanudado, lo cual era lo que se tenía pronosticado y se estaba generando lo esperado en cuanto a producción, lo cual había estado planeado desde un principio.

Incluso se realizó la siembra de una huerta que incluía tomates, calabazas, pepinos, sandías y chiles. Al año siguiente la producción de alfalfa se normalizó y se empezaron a obtener retribuciones, fue hasta entonces que se empezó a recuperar la inversión, a pesar de esto, en el año 2011 las ganancias disminuyeron en un 30%. Considerando que anualmente con las puras ventas de alfalfa se conseguían aproximadamente 350,000 pesos al año de utilidad, ese 30% que se vieron reducidas las ganancias significó una disminución de la utilidad anual de 105,000 pesos.

Procesos

En este punto se muestran las etapas del proceso actual utilizado en el rancho agrícola que consta básicamente de 8 fases (figura 1), las cuales son descritas a continuación:

Riego de Sembradío.- La persona encargada de este procedimiento, que en lo subsecuente será referido como “El regador”, se asegura de que las melgas de alfalfa se rieguen, mediante la técnica del riego por pozas o riego de inundación.

Mantenimiento de máquinas.- Dicho mantenimiento se lleva a cabo cada

temporada antes del inicio de las actividades, de forma que sea un mantenimiento preventivo, además se les aplica un segundo mantenimiento cuando se considera necesario.

Compra de suministros.- Hay que abastecerse de alambre para pacas, combustible, neumáticos, grasa, aceite, etc. Esto con el fin de contar con todo lo necesario para el arranque de actividades.

Corte de alfalfa.- Se utiliza la maquina cortadora para realizar los cortes a la alfalfa madura.

Alimentación de ganado.- Se utilizan los primeros cortes para la exclusiva alimentación de los animales.

Henificación de alfalfa.- Una vez listo el corte, se procede a empaquetar las líneas de alfalfa.

Recolección de pacas.- Se contrata a una compañía externa para que realice la recolección y acomodo o se carga entre los integrantes del grupo de trabajo del rancho.

Venta y distribución de producto.- Los compradores van y recogen las pacas en camiones de carga. Adicionalmente Se realizan ventas pequeñas, en donde se recolectan las pacas en remolques.

Como parte de la explicación, se decidió incluir un mapeo denominado de segundo nivel (figuras 2 y 3). Esto con la intención de que pudiese quedar más detallado cada uno de los subprocesos, y que de esta manera se lograra una mejor comprensión de las actividades.



Fig. 1. Macro Mapa del proceso: Muestra las etapas básicas de la producción.

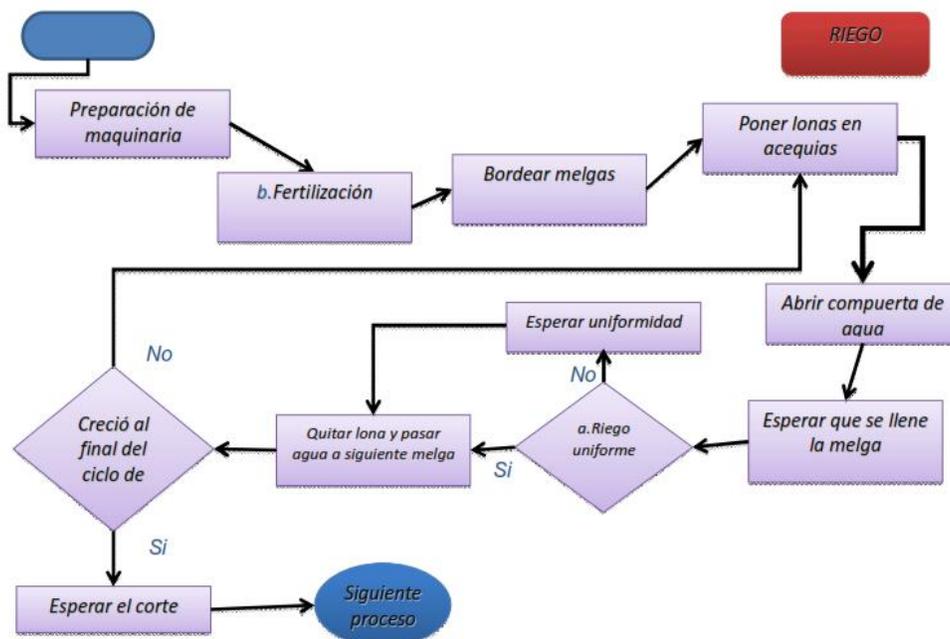


Fig. 2. Mapa de Segundo Nivel; Etapa de Riego.

A continuación se encuentra la segunda parte del mapeo del proceso del segundo nivel.

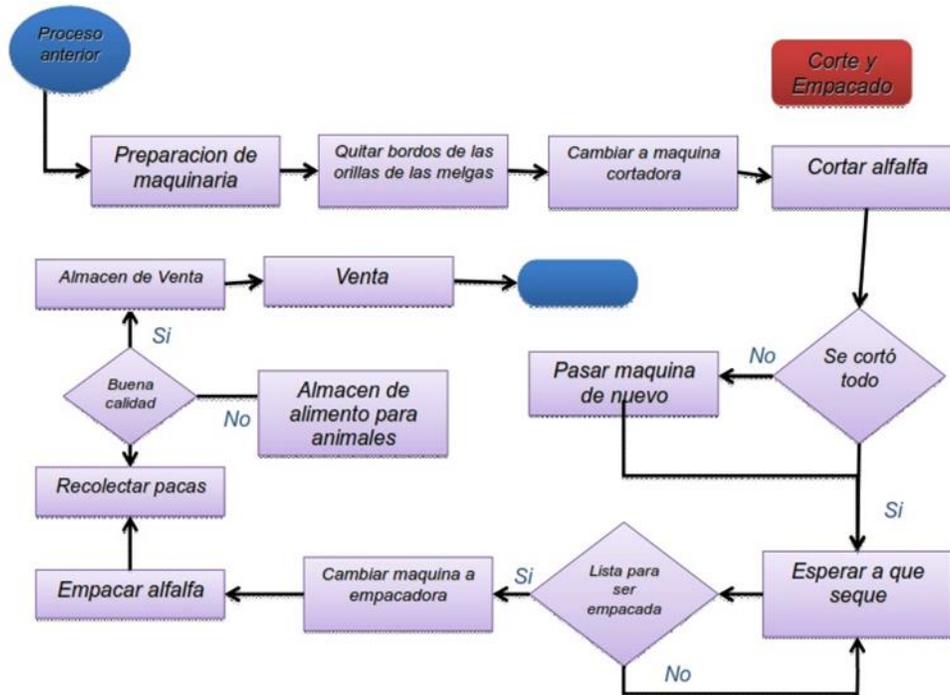


Fig. 3. Mapa de segundo nivel; Etapa Corte y empacado.

La técnica del mapeo de procesos se realizó en colaboración con todos los involucrados en el proceso, para obtener una ilustración más eficiente y apegada a la realidad (figuras 1-3).

El supervisor y los consejeros comentan que la falta de riego es uno de los factores más importantes, porque al no tener un riego uniforme a lo largo de las melgas, entonces no habrá un crecimiento uniforme de la alfalfa, lo cual provoca que se vaya desperdiciando la henificación potencial.

Una de las causas principales de la baja producción se le atribuye al clima, ya que las fuertes heladas provocaron daños masivos a los sembradíos en todo el estado de chihuahua en el año 2011. Pese a esto, esta causa será despreciada ya que los

fenómenos climáticos son ajenos a nuestro alcance.

Método de Riego

El método de riego utilizado es el denominado de inundación por gravedad, en donde el agua se suministra por medio de acequias a terrenos distribuidos en melgas.

Melgas

El terreno entre dos diques se llama tablar, banda, faja o simplemente melga. Este sistema de riego se adapta bien a todos los tipos de suelo irrigables, pero operan mejor en los suelos de textura media. Los cultivos que se explotan con este método son los cereales, la alfalfa, los pastos, etc. Es altamente eficiente, pero requiere un buen

trabajo previo de nivelación (Villanueva, 2010).

El uso de este tipo de método de riego se ha venido usando desde que el rancho empezó a sembrar y cosechar alfalfa; dicho método era el sugerido y utilizado en ese momento, y hasta la actualidad sigue siendo uno de los sistemas más utilizados en México (Espinoza y Ramos, s.f.)

A pesar de que es uno de los sistemas que proporciona un rendimiento del uso del agua menor en comparación con otros métodos, es el método más adecuado para superficies planas y con una pendiente adecuada para riego por gravedad.

El rancho está distribuido actualmente en 2 áreas, una constituida de 56 melgas y la otra de 81 melgas. En la siguiente imagen están resaltadas ambas áreas sembradas, en donde se ha anotado el número de melgas para cada área.

El Rancho San Isidro cuenta con 3 pozos para bombeo de agua, los cuales cuentan con bombas sumergibles con una capacidad de suministro de entre 21 y 30 Litros por segundo.



Fig. 4. Vista satelital con distribución de melgas sembradas.

Pozos

El pozo 1 el cual es el más antiguo en el rancho, tiene una descarga de 4 pulgadas y suministra en promedio 21 litros por segundo. El pozo 2 tiene una antigüedad de 10 años y tiene una capacidad de suministro de 32 litros por segundo y tiene un tubo descarga de 6 pulgadas de diámetro. El pozo 3 tiene una antigüedad de 5 años y tiene una capacidad de suministro de agua de 21 litros por segundo., con un tubo de descarga de 4 pulgadas (figura 5).



Pozo 1



Pozo 2



Pozo 3

Fig. 5. Pozos de agua

El Rancho San Isidro ubicado en el estado de Chihuahua cuenta con los recursos necesarios para obtener los máximos beneficios posibles si se logran optimizar los procesos. Sin embargo, actualmente se encuentra en un estado de permanencia, es decir se mantiene en el mismo nivel, y su crecimiento está estancado debido a que la producción de pacas de alfalfa tiene una tendencia a la baja. Aparentemente el único problema es el bajo volumen de producción, pero se han identificado más problemas de los que a simple vista se pueden notar.

Actualmente hay una productividad de un 50% por debajo de la capacidad

máxima de volumen de producción, por lo cual se quiere lograr el aumento del 30% de productividad sobre el volumen actual, con la intención de al menos regresar a la producción que se consiguió en el año anterior (2010). Adicionalmente se ha identificado una gran cantidad de fuga de efectivo, al tener gastos innecesarios.

Para la realización de este estudio se analizaron los datos del historial con el que cuenta el Rancho San Isidro para los años 2009, 2010 y 2011. En la figura 6 se muestra la producción de los años mencionados, así como la proyección del volumen esperado para el presente año.

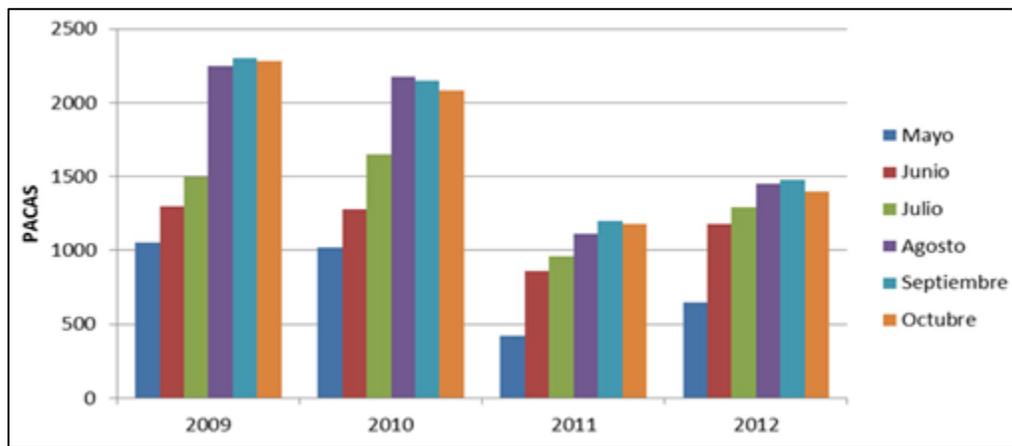


Figura 6. Producción por año.

Como se puede observar en la gráfica de la producción, los volúmenes en los primeros dos años fueron más altos que el que se presentó en el 2011, cuando el volumen de producción fue de los más bajos presentados en cualquier año. Además uno de los puntos clave que se pudieron observar es que la producción no está regularizada y además en el 2010 tuvo un comportamiento similar a una curva normal, sin embargo lo que se está intentando es que para el 2012 se

logre regularizar la producción y que los volúmenes se estandaricen para cualquier periodo.

Para la realización de este proyecto se están considerando los problemas principales considerados como parte del impacto principal, mismos que se identificaron mediante la realización de un mapeo del proceso. El cual es mostrado en las figuras 1-3. Se trata de incrementar la

producción de pacas de alfalfa mediante el mejoramiento de métodos de riego usando la metodología DMAIC, con el fin de obtener procesos más eficientes, estandarizados y controlados logrando un 30% de incremento en la producción anual, en comparación con el año inmediato anterior. Aproximándose así a los volúmenes de años anteriores.

MATERIALES Y MÉTODOS

En este capítulo se describen los materiales y metodos que se van a emplear en la medición de capacidad de infiltración del suelo, en el cálculo del pH de la tierra, así como aquellos aparatos para la medición de humedad y temperatura del suelo y del medio ambiente.

El equipo y maquinaria que se va a utilizar es el siguiente:

Termohigrómetro.- Se usara un Termohigrómetro para suelo y , para poder medir la humedad que hay en el suelo y en el ambiente.

Medidor de pH.- Se utilizara este aparato para determinar el pH en las distintas áreas del terreno sembrado.



Fig. 7. Medidor de Humedad, Ph y Luz.

Cuestionario.-Se aplicara un cuestionario a las personas involucradas en los distintos aspectos del proceso de riego, corte y henificación de la alfalfa.

Entrevista.-Se necesita realizar una entrevista al dueño del rancho y a su asesor.

Tractor.-Se utilizará un tractor para poder trabajar la tierra y realizar las distintas actividades necesarias para poder producir las pacas de alfalfa.

Máquina cortadora.- Esta maquina se utilizara para realizar los cortes necesarios en las melgas de alfalfa.



Fig. 8. Cortadora de alfalfa.

Máquina henificadora.- Esta maquina será utilizada para realizar el empaque de la alfalfa cortada en las melgas. También conocida como máquina empacadora.



Fig. 9. Máquina henificadora Hesston 4590

Máquina niveladora.- Esta máquina es también conocida como pala para tractor y es utilizada para quitar los bordos en la entrada de las melgas, para darle acceso al tractor a poder realizar sus actividades de corte y empaque.



Fig. 10. Máquina niveladora

Bordero.- Se utiliza la máquina para levantar bordos para tapar las melgas y que se puedan realizar el riego sin que se drene el agua.



Fig. 11. Máquina para levantar bordos.

Metodología DMAI.- La metodología que se utilizara para la realización de este proyecto y la cual se ha estado usando desde el inicio del proyecto ha sido la metodología DMAIC, misma que ha sido utilizada en proyectos de mejora de calidad Seis Sigma, en este caso será utilizado para el desarrollo de un proyecto que busca el incremento de la producción. Sin embargo las herramientas utilizadas son aplicables para la mayoría de los casos. Adicionalmente, es preciso destacar que se seguirá la metodología respetando los pasos sugeridos y marcados por a metodología, pero no se seguirán exclusivamente las herramientas sugeridas en los proyectos de control de calidad.

Las etapas de la metodología se mencionan a continuación.

➤ **Definir**

Esta etapa ha sido desarrollada en el capítulo 1 en donde se definieron los objetivos generales y particulares. Además se definieron los requerimientos y las expectativas de este proyecto. Otra de las herramientas utilizadas fue el mapeo de proceso y se ha documentado en dicho

capítulo. (Ver figuras 1-3). Se realizó una definición del problema.

➤ **Medir**

Esta etapa es considerada dentro de las actividades que se realizan para la medición de los distintos parámetros necesarios para la determinación del plan de trabajo. Estas mediciones serán efectuadas para determinar cuál es el estado actual y así poder utilizar dicha información para obtener resultados del plan de riego que será sugerido. Esta etapa incluye la medición del pH, la medición del terreno, el tipo de textura del suelo, la capacidad de infiltración, entre otros de los parámetros descritos más adelante.

➤ **Analizar**

Para analizar será utilizada la herramienta “cinco por qué’s”, adicionalmente se utilizara una evaluación de lluvia de ideas para determinar la causa raíz, como parte del consenso. Será necesario además determinar que es lo que se va a efectuar para desarrollar las mejoras, con lo cual después de analizar y evaluar cada uno de los parámetros medidos, se procederá a utilizar cada uno de esos datos en una conjunción para elaborar el mejor proyecto.

➤ **Mejorar**

La mejora que será propuesta después del análisis de los datos medidos, será la elaboración de un plan de riego, con el cual se propone como mejora, el cambio en el método de riego, y en los procesos actuales de trabajo. Finalmente se medirá el impacto de la mejora propuesta y se comparará el resultado con las proyecciones

de la etapa definir de manera parcial, para dar paso a la implementación definitiva del plan de riego y su efecto en la producción total.

➤ **Controlar**

Será implementado en su totalidad el plan de riego y al observar los resultados, se deberá proceder a efectuar un plan de control para mantener el seguimiento de las reglas establecidas para el cumplimiento del método de riego mejorado. Con dichas recomendaciones y con las actividades enseñadas, se podrá identificar rápidamente cuando un problema se empieza a mostrar.

Cinco Por qué’ s.- Se aplicara la herramienta *5 por qué* con la intención de conocer los pensamientos e ideas que tienen las personas involucradas en el proceso de henificación de la alfalfa.

Primero se entrevistara a los involucrados y posteriormente se realizara una mesa redonda para llegar a un consenso del por qué creen que se está obteniendo una baja producción de dicho forraje.

Medir el pH del suelo.- Para medir el pH de la tierra sembrada se realizara un muestreo de 9 lotes diferentes los cuales han sido designados según el área en que están ubicadas y con inspección visual se determinaron los tipos de tierra que en apariencia lucían similares para poder determinar las áreas limítrofes a considerar. A continuación se muestra la distribución:



Fig. 12. Distribución de lotes para medición de PH.

Las mediciones deberán ser realizadas en 3 puntos diferentes de cada lote, es decir se tomaran una al principio del lote, otra en el centro y una al final del lote.

El procedimiento se realizara introduciendo el medir de pH tres cuartas partes de las sondas, esto con la intención de tomar una medida adecuada y consistente en todas las zonas.

Una vez tomada la lectura se anotara en una tabla para compilar toda la información y analizarla posteriormente.

Medir la capacidad de infiltración del suelo.- Una de las mediciones importantes para saber cómo se realizara el plan de riego, es la determinación de la capacidad de infiltración del suelo. Para poder realizar estos cálculos se realizará una comparación entre la tabla que relaciona el tipo de suelo y la capacidad de infiltración, misma que se muestra a continuación.

Tabla 1. Infiltración del suelo (Fuente: Adaptado de Luque et al., 1985).

	Arenoso	Arenoso franco	Franco arenoso	Franco	Franco limoso	Arcilloso
Capacidad de campo (%)	6	11	16	22	25	35
Punto de marchitez (%)	3	6	8	10	13	17
Infiltración (mm/hora)	150	50	20	12,5	7,5	5
Densidad aparente	1,70	1,60	1,50	1,40	1,35	1,25
Agua disponible (mm/dm)	5	8	12	16	20	24

Determinar el tipo de textura del suelo.- Es importante saber el tipo de textura de las distintas zonas de riego, esto porque dependiendo de cada textura se tendrá una capacidad de almacenamiento de agua diferente es decir que “la textura afecta la capacidad de retención de agua: un suelo arcilloso puede almacenar unos 200 mm de

agua por metro, uno franco retendrá unos 160 mm por metro, y uno arenoso puede almacenar alrededor de 60 mm por metro”.

Para determinar la textura existen varios métodos, sin embargo para efectos de este proyecto se utilizaran dos métodos en

particular, los cuales se harán paralelamente para comparar ambos resultados.

El primer método consiste en determinar el tipo de textura mediante la formación de formas con el suelo

Se tiene tomar un poco de tierra con las manos y con un poco de agua amasar la tierra, formando lodo, una vez amasado si termina luciendo como alguna de las formas mostradas en la figura de abajo, entonces se podrá ubicar el tipo de textura que corresponderá a la descripción la tabla.

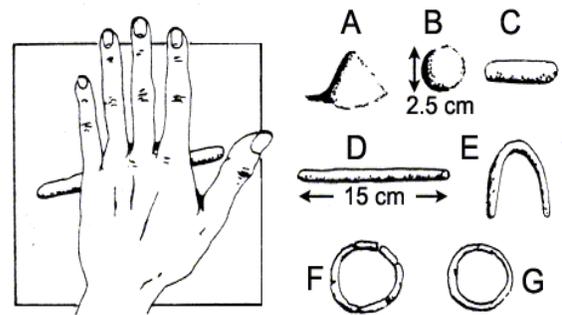


Fig. 13. Figuras a realizar con el método de amasado de lodo

En la tabla 2 contiene la descripción del tipo de textura del suelo. Entre paréntesis se encuentra la letra correspondiente a las formas de la figura 13.

Tabla 2. Textura del suelo.

Arenoso (A)*	La tierra permanece suelta y con granos separados; sólo se puede amontonar en una pirámide.
Franco arenoso (B)	La tierra contiene suficiente limo y arcilla para tener cierta cohesión; se puede moldear para formar una bola que se desmorona fácilmente.
Franco limoso (C)	Lo mismo que el franco arenoso, pero se puede moldear la tierra rodándola con la mano para formar un cilindro grueso y corto.
Franco (D)	Cantidades casi iguales de arena, limo y arcilla, hacen que la tierra se pueda rodar con la mano para formar un cilindro de 15 cm de largo, que se quiebra al doblarlo.
Franco arcilloso (E)	Igual que el suelo franco, aunque el cilindro se puede doblar en U (pero no más allá) sin que se rompa.
Arcilloso ligero (F)	Se puede moldear la tierra en un anillo que se agrieta.
Arcilloso pesado (G)	Se puede formar un círculo con la tierra sin que se agriete.

El segundo método a utilizar será el método del tacto, es decir por medio de una serie de pasos se determinará el tipo de textura que tiene el suelo con la siguiente técnica:

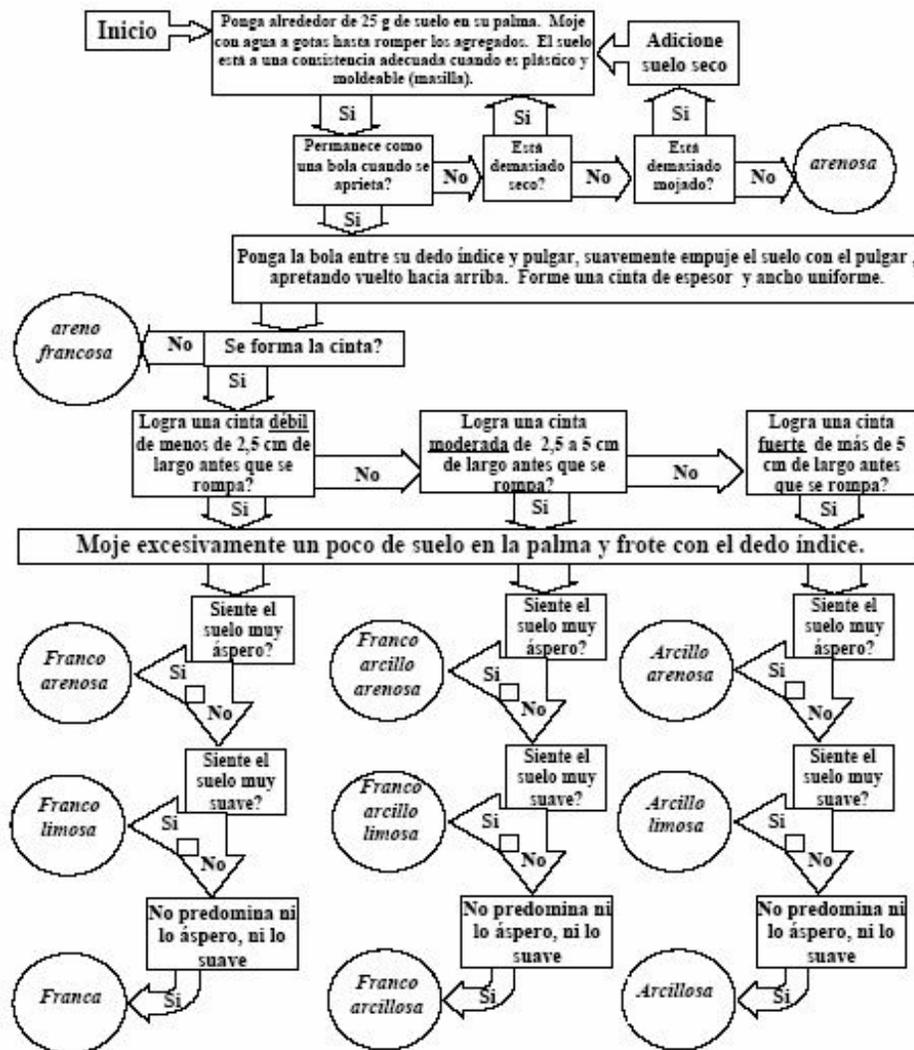


Fig. 14. Descripción del método para determinar el tipo de textura (Bell et al., 2011).

Con esta técnica alternativa, se podrá llevar paralelo pero al mismo tiempo que se realizan las formas sugeridas por la técnica anterior. Una vez determinado el tipo de suelo, se debe proceder a calcular la evapotranspiración.

Cálculo de la evapotranspiración: Potencial y Real.- Para realizar el cálculo de la evapotranspiración, la forma que será utilizada será la más sencilla la cual se hará mediante el uso de la ecuación de Hargreaves. La cual está dada por la siguiente sintaxis.

$$ET0 = 0,0023 (t_{med} + 17,78) R0 * (t_{max} - t_{min})0,5$$

donde: ET0 = evapotranspiración potencial diaria, mm/día

tmed = temperatura media diaria, °C

R0 = Radiación solar extraterrestre, en mm/día (tabulada)

tmax = temperatura diaria máxima

t min = temperatura diaria mínima

La radiación (R0) es tomada de los valores tabulados por el centro meteorológico, para determinada Latitud de la tierra.

La temperatura media diaria (tmed) será obtenida con valores históricos de las páginas meteorológicas, para así proyectar la temperatura aproximada de cada uno de los meses de este año.

La temperatura diaria máxima (tmax) será estimada tomando en cuenta los datos históricos y así tomar la temperatura máxima según el año anterior (2011).

La temperatura diaria mínima (tmin) será estimada tomando en cuenta los datos históricos y así tomar la temperatura máxima según el año anterior (2011).

Cálculo de cantidad de agua a aplicar.- La cantidad de agua que se debe utilizar en el cultivo de la alfalfa es muy importante de calcular, ya que siendo este un forraje que requiere mucho agua se debe procurar que nunca le falta. Por otra parte, es muy importante no exceder la cantidad de agua, o si no se caería en el extremo de empezar a saturar el terreno, con lo cual en lugar de

ayudar al crecimiento se estará provocando que merme la producción.

La cantidad que se debe utilizar no debe sobrepasar el límite de absorción del terreno, por lo cual una vez que se consiga llenar las melgas, se debe retirar el agua, y de ser preciso dejar que empiece a circular el agua y drenarla de la melga, esto con la intención de mantener un nivel de humedad adecuado. Es importante destacar que la cantidad a aplicar y la humedad disponible son conceptos que van de la mano.

En cuanto a los cortes de alfalfa se aplicara el riego calculando que el día que se tenga planeado cortar, el piso permita entrar a la melga. Después de cortar, el requerimiento de agua será bajo, sin embargo no deberá sobrepasar los 5 días después de que se hubiese levantado la alfalfa, pero hay que aplicar una cantidad adicional este caso para asegurar un rápido rebrote. En seguida se explica cómo se medirá la cantidad disponible de agua en el terreno la cual será fundamental para saber cuánta y con qué frecuencia aplicar el agua.

Medición de cantidad disponible de agua en el suelo o humedad del suelo.- Para la medición de la humedad del suelo, se tiene contemplado utilizar varias de las diferentes formas de control de humedad conocidas. El proyecto actual contempla hacer uso de la observación de las plantas y del uso de un tensiómetro, mejor conocido como higrómetro.

El primer método se llevara a cabo mediante una inspección visual, observando la alfalfa, ya que normalmente tiene un color verde claro. Cuando se empiece a oscurecer será un indicador de que le empieza a faltar humedad, se dice que el cambio de

pigmentación es un buen indicador del estrés hídrico. Se debe procurar que la planta no consiga un color oscuro tan evidente, y el riego debe ser aplicado inmediatamente antes de que ocurra marchitamiento.

El método alternativo, será el uso de un higrómetro, con el cual se estará monitoreando la humedad que exista a una profundidad de 15 cm, que es en donde se da la mayor actividad de las raíces. Lo que se requiere es que el consumo del agua disponible no supere del 50% ya que más allá de ese porcentaje, la planta entra en un estado de dormancia con lo cual se pierde rendimiento y aunque se vuelva a regar y empiece a crecer de nuevo, no lo hará con la misma eficiencia. Por eso es importante monitorear la humedad.

Es por eso que se medirá la humedad on el higrómetro después de algunos días después del riego, la cantidad de días será determinada al obtener la capacidad de infiltración y la ET. Se procurara que el medidor no marque por debajo del 50%, para esto las sondas del medidor deben ser enterradas como máximo a tres cuartas partes de su longitud, para poder obtener una medida consistente en tres puntos distintos de cada melga en los diferentes lotes.

Análisis de datos obtenidos y plan de acción.- Una vez que se han obtenido los datos, se deberán analizar para determinar la situación actual y así decidir cuál es el camino que se quiere seguir y que variables se tienen que modificar para lograr obtener el resultado esperado.

Se deberá determinar cuál es el plan de acción en conjunto con los colaboradores del proyecto, porque es importante ver las diferentes perspectivas y así decidir lo más

conveniente para el desarrollo del Rancho Agrícola.

Para la implementación de este proyecto, será necesario evaluar cada uno de los resultados obtenidos en cada uno de los puntos anteriormente mencionados, con la información que se compile, se analizara, evaluara y determinará cuál será el plan específico de riego para cada una de las etapas de lotes.

Implementación.- Se han estado realizando riegos constantes a todas las melgas, procurando lograr un riego uniforme, esto con la intención de evitar que se queden áreas de las melgas sin el riego apropiado. Adicionalmente se ha estado incrementando la cantidad de melgas regadas por día, por lo cual se estará listo para realizar una segunda etapa de riego para antes de que se tenga que cortar y posteriormente empacar la alfalfa.

Una cosa más que se hizo fue agrupar las melgas en familias, esto con la intención de poner a las melgas con las mismas características en una familia determinada, para poder regarlas con los mismos criterios. De estas lograron formar un total de 4 familias, las cuales compartes características similares como el pH, la capacidad de infiltración y la capacidad de retención de agua y la evapotranspiración. Sin embargo hasta no calcular cada uno de estos parámetros no será posible determinar eficientemente cuanta agua y en que momento la necesita la planta, sin embargo el principal indicador para saberlo será el porcentaje de humedad.

Plan de Riego.-

Familia 1

Primer familia con un 6.7 y una capacidad de infiltración de <15mm/hora.

Esta familia deberá de regarse durante únicamente de 1hr 30 min a 1hr 45min, quitando las lonas de la acequia y dejando que se drene el agua.

Familia 2

La segunda familia tiene la característica de tener un pH de 6.8 y una capacidad de infiltración de >15mm/hora<20mm/hr

Siendo una familia muy similar a la anterior pero con una ligera diferencia, el tiempo de riego será también de 1hr 30 min a 1hr 45min dependiendo de la longitud de la melga, pero se tendrá que drenar el agua también.

Familia 3

La tercera familia tiene la característica de tener un ph de 6.9 y una capacidad de infiltración de >20mm/hr<30mm/hr.

Esta es una familia cuya capacidad de infiltración es más rápida que las anteriores, por lo cual debido a su cantidad de retención de agua, se dejara que se riegue por el tiempo que tarde en llenarse y no se drenará sino que se tapara la sangría.

Familia 4

La cuarta familia tiene la característica de tener un ph de 7 o superior y una capacidad de infiltración de >30mm/hr.

Esta es una familia que cuenta con una capacidad de infiltración superior a la media, por lo cual no es necesario dejarle tanto tiempo el agua, es suficiente con el tiempo que tarda en llenarse y después de esto deberá drenarse el agua, para que no se llegue a la saturación de la planta.

Es necesario que se tome en cuenta que para cada una de las familias se debe monitorear el porcentaje de humedad con el que cuenta, porque las tierras con un porcentaje de humedad inferior al 50% estarán a punto de entrar en dormancia debido a la necesidad de agua, por lo cual al llegar a los 55% de humedad en cualquier tierra, se procederá a regar de nueva cuenta a esa familia.

Producción Obtenida.- Hasta el momento se ha observado un incremento en la tasa de crecimiento de la planta en comparación con el año pasado en esta misma etapa de riego. Es decir que en la misma fase que se encuentra este ciclo de riego, la alfalfa ha mostrado un crecimiento más rápido y con una mayor cantidad de ramas por mata. Sin embargo los resultados finales serán mostrados al evaluar la diferencia entre la cantidad de pacas producidas el año pasado y las que se obtengan en este año.

RESULTADOS

Aplicación de la herramienta 5 por qué' s

En seguida se muestra la tabla 3 con el resumen de la información que se obtuvo de la aplicación de la técnica del *5 por qué' s*.

Tabla 3. Resumen

Problema	Por qué #1	Por qué #2	Por qué #3	Por qué #4	Por qué #5
Baja producción de pacas de alfalfa	No se produce suficiente alfalfa	No crece lo suficiente	No se regó suficiente	El empleado no lo hizo	No se dio el tiempo de hacerlo
			No se esperó el suficiente tiempo para volver a regar	Querían que creciera más rápido	Para producir de nuevo
			El clima frío y las heladas le afectaron	Es una planta vulnerable ante fuertes cambios climatológicos	

En esta tabla se observa que la causa del por qué de la baja producción de alfalfa, es atribuida por las personas involucradas, a la mala técnica de riego.

Medir el pH del suelo. - Usando los métodos descritos en el capítulo anterior se procedió a efectuar esta tarea, con la cual se obtuvieron los siguientes resultados.

En la figura 15 se muestra como se mide el pH en un lugar del suelo, en donde podemos ver que la sonda se debe introducir 15 cm dejando así oportunidad de medir los niveles de potencial de hidrogeno que tiene en el área de mayor actividad de las raíces de la planta.

Al medir el pH de la tierra se obtuvieron los siguientes resultados en las diferentes áreas de los sembradíos, para los cuales se tomaron 9 lotes representativos de cada área, datos que se muestran en la siguiente tabla.



Fig. 15. Medidor de pH en uso.

Tabla 4. Datos de nivel de pH por lotes.

Lote #	PH	PH Rendimiento
Lote 1	6.8	6.8 a 7.5
Lote 2	6.9	6.8 a 7.5
Lote 3	7.1	6.8 a 7.5
Lote 4	6.8	6.8 a 7.5
Lote 5	6.9	6.8 a 7.5
Lote 6	7.3	6.8 a 7.5
Lote 7	7	6.8 a 7.5
Lote 8	6.9	6.8 a 7.5
Lote 9	7.1	6.8 a 7.5

Como se puede observar los rangos en los que se encuentra el terreno son consistentes y regulares, por lo cual el pH se encuentra dentro de los rangos estipulados para que el forraje tenga un rendimiento óptimo.

Medir la capacidad de infiltración del suelo.- Usando los métodos descritos en el capítulo anterior se procedió a efectuar esta tarea, con la cual se compararon los resultados del tipo de textura del suelo con la capacidad de infiltración asociada a ese tipo determinado de terreno.



Fig. 16. Lotes de melgas medidos.

En el siguiente cuadro se presentan los límites de los valores para las características texturales de suelos (Luque et al., 1985).

Tabla 5. Características texturales con sus límites

Textura del suelo	Capacidad de almacenamiento de agua útil (mm/dm)		Infiltración básica (mm/hora)		Drenaje	
Arenosos, livianos, sueltos	4 a 10		Mayor de 25		Alto	
Franco, medianos	12 a 16		10 a 25		Mediano	
Arcillosos, pesados, compactos	18 a más		2 a 10		Restringido	

	Arenoso	Arenoso franco	Franco arenoso	Franco	Franco limoso	Arcilloso
Capacidad de campo (%)	6	11	16	22	25	35
Punto de marchitez (%)	3	6	8	10	13	17
Infiltración (mm/hora)	150	50	20	12,5	7,5	5
Densidad aparente	1,70	1,60	1,50	1,40	1,35	1,25
Agua disponible (mm/dm)	5	8	12	16	20	24

Determinar el tipo de textura del suelo.-

Usando los métodos descritos en el capítulo anterior se procedió a efectuar esta tarea, en donde se tomaron muestras representativas de 9 lotes, para determinar en que tipo de suelo se estaba sembrando, y así determinar de acuerdo a cada tipo de textura, las condiciones en las que se debe desarrollar de manera eficiente.

Al realizar el proceso seo obtuvieron los siguientes resultados.

La tabla 6 muestra que todos los lotes tienen el mismo tipo de textura, lo cual es consistente con la tabla 5 en donde los rangos de infiltración para el tipo de textura encontrada son de 10 a 25 mm/hora.

Tabla 6. Tipo de Textura obtenida.

Lote #	Tipo de Textura
Lote 1	Franco
Lote 2	Franco
Lote 3	Franco
Lote 4	Franco
Lote 5	Franco
Lote 6	Franco
Lote 7	Franco
Lote 8	Franco
Lote 9	Franco

Las imágenes a continuación muestran fotografías del procedimiento que se siguió para determinar el tipo de textura del suelo.



Fig. 17. Formación de figuras con lodo

Cálculo de la evapotranspiración: Potencial y Real.- Usando los métodos descritos en el capítulo anterior se procedió a efectuar esta tarea, con la cual se obtuvieron los resultados que se muestran a continuación.

$$ET0 = 0,0023 (tmed + 17,78) R0 * (tmax - tmin)0,5$$

Mediante la ecuación de Hargreaves mostrada arriba, se obtuvieron los valores que se muestran en la Tabla 7

En la tabla 7 se muestran además los valores estacionales de temperatura media, mínima y máxima, los cuales son usados para calcular el valor de ET. La radiación solar fue tomada de la tabla de valores según la latitud, en donde para el municipio de ahumada se tomo la Latitud de 30°.

Tabla 7. Evapotranspiración (mm/día).

Mes	Radiación Solar (Lat 30°)	T media	Tmax	Tmin	Evapotranspiración
Abril	36.8	15	27	3	33.3
Mayo	40	23	39	7	60.0
Junio	41.2	28	40	16	52.1
Julio	40.6	24.5	36	13	45.4
Agosto	38	27.5	37	18	37.6
Septiembre	33.4	23	34	12	34.5
Octubre	27.6	18	32	4	31.8

Cálculo de cantidad de agua a aplicar.-

Con la información que se ha obtenido de los puntos anteriores, se ha determinado que la cantidad de agua que necesita esta en función de la absorción, por esto será importante crear el plan de riego en base a la observación y medición rutinaria. La recomendación es que las melgas deben ser regadas con el pozo de 6 pulgadas y los pozos de 4 pulgadas a una tasa de abastecimiento de 74 litros por segundo con los cuales será necesario dejar el agua únicamente 2 horas por melga, teniendo una variación de ± 20 minutos, dependiendo de la longitud de la faja. Posteriormente se debe drenar el agua mediante la apertura de una de las esquinas donde colindan las melgas, esto con la intención de no sobrepasar la cantidad de absorción de la alfalfa,

Al realizar lo anterior se descubrió que la cantidad de agua que se consumía era menor y el crecimiento de la planta se muestra constante y con un rendimiento que cumple las expectativas. Además que el tiempo consumido en riego es menor.

Medición de cantidad disponible de agua o humedad del suelo.- Usando los métodos

descritos en el capítulo anterior se procedió a efectuar esta tarea, misma que es considerada de prevención y además es necesario que se estén realizando evaluaciones rutinarias, diariamente.

Se monitorearon el porcentaje de humedad del terreno en cada una de las melgas organizadas en familia, con lo cual se obtuvieron las siguientes lecturas en la primera inspección realizada mediante el uso del Higrómetro (figura 18), así como mediante la inspección visual, mediante la observación de la pigmentación de la planta (tabla 8).



Fig. 18. Medición con Higrómetro.

Tabla 8. Porcentaje de Humedad (lecturas).

Lote #	Porcentaje de humedad (primera lectura)	Porcentaje de humedad (2 días después)	Porcentaje de humedad (4 días después)
Lote 1	85%	70.0%	60.0%
Lote 2	82%	67.0%	57.0%
Lote 3	80%	65.0%	55.0%
Lote 4	83%	68.0%	58.0%
Lote 5	75%	60.0%	50.0%
Lote 6	75%	60.0%	50.0%
Lote 7	81%	66.0%	56.0%
Lote 8	74%	59.0%	49.0%
Lote 9	79%	64.0%	54.0%

En la tabla 8. Se muestran los porcentajes obtenidos de las lecturas realizadas en los diferentes lotes a los 2 días después de que fueron regados. Donde se puede observar que el porcentaje de humedad aun es alto por lo cual se sabe que aún no esta listo para ser regado de nueva cuenta. En la misma tabla se muestra como al cumplirse exactamente los 5 días de que fueron regados se obtuvieron esos datos.

Según se observa en la tabla anterior el porcentaje de humedad esta entre los limites justos para que se pueda proceder a irrigar agua en las melgas, ya que en este punto será el tiempo justo para que puedan ser abastecidas del fluido sin que pierdan su oportunidad de crecimiento.

Análisis de resultados de proyecto y producción obtenida.- Las cuatro familias en las que se dividió el terreno según sus características similares y sobretodo con la intención de tener un mayor control sobre la implementación del plan de riego. Esta distribución se muestra a continuación en la figura 18.



Fig. 18. Vista satelital del terreno con la distribución en familias.

Plan de Riego.- Se estuvieron realizando los riegos de acuerdo a cada tipo de familia, aunque tomando en cuenta que en realidad las variaciones en cuanto a características eran prácticamente despreciables, lo que se procedió a realizar fue un monitoreo de la frecuencia con que se riega y el tiempo que tardan en regarse. Así como considerar el punto importante de estar verificando que la humedad no bajara a un porcentaje menor del 50%.



Fig. 19. Acequia por donde se conduce el agua a las melgas.

Con el monitoreo adecuado de acuerdo a los patrones establecidos en los puntos anteriores y tomando en cuenta cada uno de los valores de infiltración, evapotranspiración y capacidad de almacenamiento de agua, se pudieron notar los siguientes resultados después de la implementación antes del primer corte.

Familia 1.- En la familia uno se observó un crecimiento latente durante la temporada de riego, y se pudo observar que al cumplir con el plan de riego se generó un crecimiento apropiado y más alto en comparación con esa misma área el año anterior.



Fig. 20. Vista de las Melgas después del primer Riego

Familia 2.- Con el uso y seguimiento del plan de riego propuesto en la unidad anterior, se vieron beneficiados las melgas de esta familia, ya que anteriormente se estaban regando con la misma frecuencia y forma en que los demás grupos de fajas estaban siendo regadas. Es por eso que se pudo observar notoriamente un incremento del forraje tanto en plantas por metro cuadrado, como en tamaño y velocidad de crecimiento de éstas.



Fig. 21. Alfalfa regada antes del corte.

Familia 3.- Esta familia tuvo un comportamiento adecuado y una respuesta satisfactoria de acuerdo a lo que se había pronosticado. Se observó una velocidad de crecimiento de la planta y matas del forraje uniformemente distribuidas a lo largo de las melgas.

Familia 4.- La última familia considerada dentro de los grupos formados para la implementación del plan de riego, demostró responder adecuadamente a lo que se había sugerido en las etapas anteriores.

Después del segundo riego aplicado a todas las familias se puede notar que en específico la familia 4 vio una mejoría notoria (figura 22).



Fig. 22. Sección de la familia 4.

Producción Total obtenida.- Después de haber aplicado la metodología propuesta para la implementación de mejoras en los métodos de riego, se vio un incremento significativo y sobresaliente en el crecimiento de la alfalfa y la producción de la misma. Los resultados de este plan de riego se hacen notar al ver como en el primer corte y empaque se lograron obtener

655 pacas en total de las 4 familias, es decir de las 81 melgas.



Fig. 23. Pacas de alfalfa aun sin recoger.

Con esta producción del primer corte y empaque podemos ver que el pronóstico ha sido adecuado, por lo cual si se continúa con la aplicación del mismo sistema de riego y con el control y monitoreo del crecimiento de la alfalfa, se logrará cumplir con las cantidades que se tienen estimadas para el resto del año. La cantidad proyectada era de 650 y fueron producidas 655.

CONCLUSIONES

Después de haber llevado a cabo el proyecto, con el objetivo exclusivo de demostrar la hipótesis de que mediante el mejoramiento de los métodos de riego se podría incrementar la producción en un 30%, se logró demostrar su certeza, ya que según la propuesta se había pronosticado que para el primer corte y empaque se debía lograr una producción parcial de 650 pacas, y hasta el momento de la conclusión de este proyecto se había conseguido una producción de 655 pacas, lo cual hace que hasta el momento se cumpla con el pronóstico. De continuar con la aplicación de los métodos propuestos, el incremento del 30% sobre el volumen de producción

anual se cumplirá, esto basado en que la tendencia apunta a que la producción será semejante al volumen proyectado.

A pesar de que se ha cumplido el objetivo de la primera parte de este proyecto, es importante que se continúe utilizando cada una de las estrategias y actividades propuestas que se han implementado de manera adecuada hasta este momento. Sin embargo, es importante destacar que no basta solo con el simple hecho de esperar que esta metodología funcione por si sola, sino que es un trabajo en conjunto de todos los involucrados en el proceso, es por eso que de este momento en adelante se deben de inmiscuir de manera activa todos y cada uno de los integrantes de la familia, esto con la intención de que cada uno comprenda y se identifique con esta nueva forma de trabajar. Otra de los aspectos esenciales que deben de comprender, es que entre mejor lleven a cabo las actividades, y entre mas control tengan sobre el seguimiento y atención a los detalles, podrán ver reflejado directamente sobre la producción total el efecto de una implementación eficiente.

Finalmente, una de las recomendaciones finales es que deben de marcarse banderas en las áreas delimitadas o destinadas en la distribución de las melgas, para cada tipo de lote, es decir cada lote que tenga un tipo de pH o característica, deberá estar marcado en el camino con una bandera que indique que esa área del terreno es el lote, y que ese lote tiene el pH correspondiente a esa área, para con esto asegurar que si en el futuro llega alguien que no este familiarizado con el terreno, y se requiere que realice las actividades de riego,

sepa en donde esta ubicada cada familia y que tipo de trato debe obtener.

REFERENCIAS

Amendola, R. Castillo, E. Perfiles por País del Recurso Pastura/ Forraje.[Documento electrónico]. Mexico: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Julio 2005[Fecha de Consulta Marzo 2012]. Disponible en:

http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/Counprof/spanishtrad/Mexico_sp/Mexico2_sp.htm

Barigi, C., Itria, C.D., Marble, V.L., Brun, J.M., (1986) Investigación, tecnología y producción de alfalfa. Programa Alfalfa INTA. Proyecto Alfalfa FAO/INTA Arg. 75/006.

Bauder, J.W. (2008). The effects of irrigation water quality, temperature and length of flooding on alfalfa production. The department of land resources and environmental sciences. University of Montana.

Bell, M. Ceja, J. Das, D. Kosina, P. Lafitte, H. R. Turner, G. (s.f.). Identificación de la textura del suelo[Pagina Electrónica].México: Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo.Noviembre 2011[Fecha de consulta: Marzo 2012]. Disponible en: <http://maizedoctor.cimmyt.org/es/metodos-de-medicion/169?task=view>

Bustillo, E. (1995). Alfalfas de alta rentabilidad. Cómo lograrlo. Manual de divulgación técnica. Dekalb Argentina SA.

Bustillo, E. Alfalfa [En línea]. Argentina: Pasturas y Forrajes. Noviembre 2007[Fecha de consulta : Octubre 2011]. Disponible en: <http://www.pasturasyforrajes.com>

Constantino Constantinidis, Bonifica ed Irrigazione. Edagrícola. Ediciones Calderini. Bologna, Italia. 1970. Consultado en http://es.wikipedia.org/wiki/T%C3%A9cnicas_de_regad%C3%ADo

Custodio, E. y Llamas, M. R. 1996. Hidrología Subterránea. Ed. Omega. Barcelona. 2350 p.

Díaz, C. Medir pH del Suelo [Artículo Electrónico]. España: Bonsaimania.com. Agosto 2011[Fecha de consulta: Marzo 2011]. Disponible en:

http://bonsaimania.com/articulos/medir_ph_suelo.htm

Díaz-Zorita, M (1997) Pasturas mixtas templadas. La Fertilización de Cultivos y Pasturas. Cap. Forrajeras, pp 161-173.

Espinoza, J.M ; Ramos, J. L. (s.f.). EL cultivo de alfalfa y su tecnología de manejo. México: Instituto Nacional de investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Fecha de consulta Enero 2012. Disponible en: <http://www.aguascalientes.gob.mx/codagea/produce/fp22.html>

Fernandez, L. Nodulación, inoculantes y métodos de inoculación [Revista Electrónica]. México: Revista Ciencia Hoy. Marzo 2005 [Fecha de consulta: Marzo 2012]. <http://www.cienciahoy.org.ar/ln/hoy85/soja.htm>

Flores, L. F. y Martinez, R. A., Efecto del Método y Aplicación del Agua sobre el rendimiento de la alfalfa. En: Avances de Investigación de forrajes del CIANE. 1978. p. 97.

Hanson, A.A., Barnes, D.K. y Hill, R.R. (1988). Alfalfa and alfalfa improvement. Agronomy Number 29. American Society of Agronomy, Inc. Crop Science Society of America, Inc. Soil Science or America, Inc. Publishers. Madison, Wisconsin.

Hanson, B.R., Bali, K.M. y Sanden, B.L. (2008). Irrigating alfalfa in Arid Regions. Irrigated Alfalfa Management for Mediterranean and Desert Zones. Publication 8293. University of California. Division of Agriculture and Natural Resources.

InfoAgro. Cultivo de alfalfa [En línea]. Mayo 2011[Fecha de consulta:Septiembre 2011]. Disponible en : <http://www.infoagro.com/herbaceos/forrajes/alfalfa.htm>

Instituto Tecnológico de Sonora. 1985. Manual de apuntes de Hidrología Superficial. Cd. Obregón, Sonora. 132 p.

Jones, C and Jacobsen, J (2002) Phosphorus Cycling, Testing and Fertilizer Recommendations. Nutrient Management Module No. 4. Montana State University.

Kizer, M. (2002). Alfalfa Production and Pest Management in Oklahoma. Alfalfa Irrigation. Publication E-826. Oklahoma Cooperative Extension Service. Oklahoma State University.

Latheef, M. A.; Cadeel, J. L.; Berberet, R. C. y Stritake, J. F., Alfalfa forraje yield, stand persistence and weed colonization as influenced by variable first harvest in Oklahoma. In Journal of Production Agriculture. American Society of Agronomy. Vol. 1 No. 2, 1988, April - June, pp. 155-159

Luque, J.A., Paolini, J.D. y Luque J.L. (1985). Riego de forrajeras y pasturas para producción de carne. Editorial Hemisferio Sur S.A.

Montana State University. Irrigation Management. Alfalfa Production. Disponible en: <http://waterquality.montana.edu/docs/irrigation.shtml>

Mueller, S.C., Frate, C.A. y Campbell Matheus, M. (2007). Alfalfa Stand Establishment. Irrigated Alfalfa Management for Mediterranean and Desert Zones. Publication 8290 12/2007. University of California. Division of Agricultural and Natural Resources.

Paricio, Mijares F. J. 1999. Fundamentos de Hidrología de Superficie. Ed. Limusa. México. 303 p.

Patricio Soto O. Manejo de la alfalfa para henificación [Documento electrónico]. Chile: Instituto de investigaciones agropecuarias centro regional de investigación Quilamapu. Mayo 2010[Fecha de consulta: Octubre 2011]. Disponible en: <http://www.inia.cl/medios/quilamapu/pdf/informativos/info43.pdf>

Revista fitotecnia mexicana. Rendimiento de forraje de variedades de alfalfa en dos calendarios de corte [Revista electrónica]. México: Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. Octubre 2006[Fecha de consulta: Septiembre 2011]. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/610/61029413.pdf>

Rivas J. M. A., C. López C., García de los S, G. y Cervantes S. T. Una técnica para producir semilla de alfalfa. Primer encuentro de Investigación y transferencia de tecnología del Sector Agropecuario en el Estado de Puebla. Memorias. 7 y 8 de Abril de 2003. Puebla, Puebla. Disponible en: <http://www.engormix.com/MA-agricultura/pasturas/articulos/una-tecnica-producir-semilla-t1219/089-p0.htm>

Sheaffer, C.C., Tanner, C.B. y Kirkham, M.B. (1988). Alfalfa water relations and irrigation. Alfalfa and alfalfa improvement. Agronomy Number 29. Cap. 11. American Society of Agronomy, Inc.

Crop Science Society of America, Inc. Soil Science or America, Inc. Publishers. Madison, Wisconsin.

Villanueva, I. J. (2010, Noviembre 14). *Scribd*. Retrieved Octubre 15, 2011, from <http://es.scribd.com>

White, J.G.H. (1986) Nodulación y fijación de nitrógeno en alfalfa. Investigación, tecnología y producción de alfalfa. Programa Alfalfa INTA.

Proyecto Alfalfa FAO/INTA Arg. 75/006. Capitulo III pp 60-79.

Zapata, M.A; Peñuñuri, F.J. Manejo de Ranchos [Pagina electrónica]. México: Patronato del centro de investigaciones Pecuarias del Estado de Sonora, A.C. Noviembre 1991[Fecha de consulta: Febrero 2012]. Disponible en:<http://www.patrocipes.org.mx/publicaciones/ranchos/RA0061.php>