

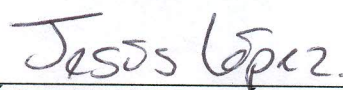
Ciudad Obregón, Sonora, a 30 de Mayo de 2014.

Instituto Tecnológico de Sonora
P r e s e n t e.

El que suscribe JESÚS ALEJANDRO LÓPEZ NÚÑEZ, por medio del presente manifiesto bajo protesta de decir verdad, que soy autor y titular de los derechos de propiedad intelectual tanto morales como patrimoniales, sobre la obra titulada: **“USO EFICIENTE DEL AGUA EN RIEGO POR MELGAS CON DOS Y TRES PORTAÑUELAS”**. en lo sucesivo “LA OBRA”, misma que constituye el trabajo de tesis que desarrolle para obtener el grado de Ingeniero Civil en ésta casa de estudios, y en tal carácter autorizo al Instituto Tecnológico de Sonora, en adelante “EL INSTITUTO”, para que efectúe la divulgación, publicación, comunicación pública, distribución y reproducción, así como la digitalización de la misma, con fines académicos o propios del objeto del Instituto, es decir, sin fines de lucro, por lo que la presente autorización la extiendo de forma gratuita.

Para efectos de lo anterior, EL INSTITUTO deberá reconocer en todo momento mi autoría y otorgarme el crédito correspondiente en todas las actividades mencionadas anteriormente de LA OBRA.

De igual forma, libero de toda responsabilidad a EL INSTITUTO por cualquier demanda o reclamación que se llegase a formular por cualquier persona, física o moral, que se considere con derechos sobre los resultados derivados de la presente autorización, o por cualquier violación a los derechos de autor y propiedad intelectual que cometa el suscrito frente a terceros con motivo de la presente autorización y del contenido mismo de la obra.


JESÚS ALEJANDRO LÓPEZ NÚÑEZ
(Nombre y firma del autor)



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SONORA
Educar para Trascender

**“USO EFICIENTE DEL AGUA EN RIEGO POR MELGAS
CON DOS Y TRES PORTAÑUELAS.”**

TESIS
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

PRESENTA:

JESÚS ALEJANDRO LÓPEZ NÚÑEZ

Junio de 2014

Cd. Obregón, Sonora

DEDICATORIAS

A mi madre:

Laura Elena, por haberme dado el regalo de la vida y ser mi mayor ejemplo a seguir, por ser la mujer más luchona, trabajadora, amistosa, inteligente, por ser siempre esa persona que está junto a mí pase lo que pase, por haber puesto su confianza en mí y brindarme su apoyo en todo momento, por eso y más, mamá te dedico mi trabajo con mucho cariño, te amo mamá.

A mi abuela:

Lupita, por ser un gran pilar en mi vida, por darme esa fuerza de seguir adelante, siempre dándome un consejo para no darme por vencido, abuelita sabes que te amo.

A mi hermano:

Iván, por haberme apoyado en todo momento, por sus sabios consejos, sus valores, por brindarme esa motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, por siempre estar junto a mí y brindarme su apoyo muchas veces poniéndose en el papel de padre, pero más que nada por su amor y confianza, te amo hermano.

A mi tía:

Mercedes, por haberme apoyado durante toda mi carrera y compartir conmigo su experiencia y sabiduría, por ser una segunda madre para mí y por todas esas palabras de aliento que me ayudaron a salir adelante.

A mis tíos y primos:

Por su apoyo incondicional, siempre tratando de ayudarme en todo lo relacionado con mi vida tanto personal como profesional, dándome consejos y tratando de orientarme para seguir mis metas.

A mis amigos:

Porque siempre he contado con ellos para todo, por el apoyo incondicional, porque estuvieron conmigo en los momentos más difíciles y por todas las palabras de aliento.

AGRADECIMIENTOS

A mi madre:

Laura Elena, por siempre luchar para darnos lo mejor a mi hermano y a mí, por enseñarnos valores y siempre hacer lo correcto y no bajar los brazos ante ninguna situación, por eso le doy gracias a ella más que a nadie.

A mi asesor:

Dr. Luis Carlos Valdéz, por su apoyo, paciencia y colaboración en la realización de este proyecto, por compartir su tiempo, sus conocimientos y sus buenos consejos.

A mis maestros de práctica profesional:

Gloria Isabel Bojórquez, Guadalupe Ayón, Roberto Gamboa, por su apoyo, interés y disponibilidad en este proyecto, por su atención y dedicación.

A los ingenieros del programa RIGRAT:

Martín Murillo, José Ángel Félix y los demás integrantes del programa, gracias por recibirme como una parte más en su equipo de trabajo y por su apoyo en la realización de este proyecto.

A mis maestros:

A todos mis maestros que me brindaron su apoyo y conocimiento que fue adquirido durante mi formación profesional, por su paciencia y dedicación, gracias.

A mis compañeros:

Por hacer pasar esos ratos de estrés y presión en ratos de alegría y risas, gracias.

Al ITSON: gracias por el espacio, las oportunidades, las experiencias...y lo más importante, los recuerdos.

Y finalmente, **gracias a ti**, que has tomado un poco de tu tiempo para dar lectura a este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

Dedicatorias.....	ii
Agradecimientos.....	iii
Índice general.....	iv
Índice de Figuras.....	vi
Índice de Tablas.....	vii
Resumen.....	viii
Capítulo I. Introducción.....	9
1.1 Antecedentes.....	9
1.2 Planteamiento del problema.....	11
1.3 Objetivos.....	12
1.3.1 General.....	12
1.3.2 Específicos.....	12
1.4 Justificación.....	12
1.5 Limitaciones.....	13
Capítulo II. Marco teórico.....	14
2.1. Disponibilidad del agua.....	14
2.1.1. Usos del agua en el Estado de Sonora.....	16
2.1.2. Uso agrícola del agua.....	17
2.1.3. Causas del mal uso del agua.....	17
2.2. Riego por gravedad.....	18
2.2.1. Método de riego por surcos.....	19
2.2.2. Método de riego por melgas.....	19
2.3. Uso eficiente del riego por melgas.....	21
2.4. Manejo eficiente del riego por melgas.....	21
2.5. Alternativa de uso eficiente del agua en riego por melgas.....	22
2.5.1. Riego por melgas con dos y tres portañuelas.....	22
2.5.2. Riego por melgas a tres riegos de auxilio.....	23
Capítulo III. Método.....	24
3.1. Tipo de investigación.....	24

3.2. Ubicación del objeto.....	24
3.3. Caracterización del sitio.....	25
3.4. Tratamientos evaluados.....	26
3.5. Materiales y método.....	26
3.6. Procedimiento.....	26
• Lámina de riego aplicada.....	27
• Eficiencia del requerimiento.....	28
• Coeficiente de uniformidad de Christiansen.....	29
Capítulo IV. Resultados.....	31
4.1. Lámina de riego aplicada.....	31
4.2. Eficiencia del requerimiento.....	32
4.3. Coeficiente de uniformidad de Christiansen.....	33
Capítulo V. Conclusiones y Recomendaciones.....	34
5.1 Conclusiones.....	34
5.2 Recomendaciones.....	35
Referencias.....	36
Anexos.....	38
Apéndices.....	39
Glosario de fotos.....	42

ÍNDICE DE FIGURAS

No.	Nombre	Página
1	Estadísticas del agua en México 2011.....	10
2	Balance de agua en México.....	15
3	Disponibilidad relativa en la región noroeste.....	16
4	Ubicación de la parcela Mateo Buitimea Ramírez.....	25

ÍNDICE DE TABLAS

No.	Nombre	Página
1	Textura del suelo.....	26
2	Láminas de riego aplicadas.....	32
3	Capacidad de campo y punto de marchitamiento permanente por estrato.....	32
4	Lámina de riego requerida por estrato.....	32
5	Eficiencia del requerimiento.....	33
6	Coeficientes de uniformidad de Christiansen.....	33

RESUMEN

En la actualidad, la agricultura es la actividad económica que más agua demanda ejerciendo una gran presión sobre la disponibilidad natural de la misma tanto en cantidad como en calidad. Debido a la gran problemática de sequía con que se vive en las zonas áridas y semiáridas con baja disponibilidad del recurso; se buscan nuevas alternativas para hacer un mejor uso eficiente del agua y una de ellas es el riego por melgas con dos y tres portañuelas, con la cual se busca aumentar la eficiencia del riego y ahorrar agua. En base a lo anterior, se planteó hacer un estudio, cuyo objetivo es evaluar la eficiencia del riego y la uniformidad de aplicación con dos diferentes tratamientos (dos y tres portañuelas) en melgas con 220 m longitud y un ancho de aproximadamente 20 m en cultivo de trigo variedad cirno c2008. En los resultados obtenidos se observa que lámina de riego aplicada y la eficiencia del requerimiento es mejor en el tratamiento con tres portañuelas comparado con dos portañuelas, por lo que se recomienda el uso de tres portañuelas por melga.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La agricultura es la actividad que más agua demanda, datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) dicen que menos del 20% de este total llega a la planta; el resto es un inmenso desperdicio que, además, transporta residuos con sustancias tóxicas que inevitablemente van a parar a los ríos. La relación directa entre recursos hídricos y producción de alimentos es crítica para una población en constante crecimiento (Almiron, s.f.).

De Santa Olalla, López y Calera (2005) mencionan que en algunos países en vías de desarrollo y en zonas áridas, el uso del agua en la agricultura supera el 90%. Logrando regar unos 260 millones de hectárea; donde se obtiene el 40% del

conjunto de alimentos y fibras producidas, utilizando una superficie de, aproximadamente, el 17% del total de tierras aradas.

Actualmente la agricultura ejerce una presión sobre la disponibilidad natural de agua, tanto en cantidad como en calidad (Castañón, 2000).

En México se cuenta con un territorio nacional de 198 millones de hectáreas de las cuales 145 millones se dedican a la actividad agropecuaria. Cerca de 30 millones de hectáreas son tierras de cultivo y 115 millones son de agostadero. Además, los bosques y selvas cubren 45.5 millones de hectáreas. (SAGARPA, 2007). Según la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, 2012), en el país, el 77% del agua se utiliza en la agricultura; 14%, en el abastecimiento público; 5%, en las termoeléctricas y 4%, en la industria (ver Figura 1).

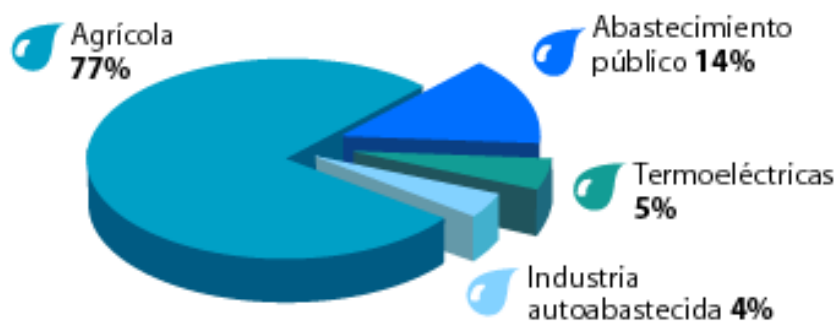


Figura 1. Estadísticas del agua en México 2012.

Fuente: SEMARNAT, 2012.

Por otra parte, el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA, 2010) menciona que la superficie de riego en el país es de 6.5 millones de hectáreas distribuidas en 85 distritos de riego.

Según la CONAGUA (2012), en el Estado de Sonora se encuentran 6 distritos de riego los cuales son el 018 (Colonias Yaquis), 037 (Altar Pitiquito Caborca), 038 (Río Mayo), 041 (Río Yaqui), 051 (Costa de Hermosillo) y 084 (Guaymas) los

cuales en conjunto suman una superficie de riego de 493,334 ha en el estado, aplicándose en la mayoría de esta superficie el sistema de riego por gravedad.

Ciudad Obregón es la cabecera del municipio de Cajeme, es la segunda ciudad en tamaño e importancia del Estado de Sonora (México) y cuenta con el segundo distrito de riego más importante a nivel nacional. Es una ciudad cuya principal actividad económica ha sido la agricultura, la cual, se realiza extensamente en el Valle del Yaqui, el cual está situado al sur de la ciudad, contando con uno de los sistemas de riego más importantes del país. Sin embargo, en estos momentos el agua es un problema debido a las variaciones en la cantidad y distribución de las lluvias, lo que da lugar a períodos de sequía que afectan la producción de los cultivos (González et al. 2005). En 1997 se observó una drástica reducción en la captación promedio de agua en el sistema de presas, registrándose en el 2004 el nivel de almacenamiento más bajo de la historia, lo cual trajo como consecuencia la reducción de superficies de siembra (Cortés et al. 2011).

Un estudio realizado por el IMTA (2010) informa que en el riego por gravedad se tiene una eficiencia de conducción del 45 al 60% y de aplicación a la parcela del orden del 60% aproximadamente teniendo una baja eficiencia en el uso del agua por medio de este sistema de riego el cual, lamentablemente, es el más utilizado por los productores agrícolas de la región.

1.2 Planteamiento del problema

En el Estado de Sonora, uno de los principales problemas es la falta de agua, debido a la sequía que cada año se hace presente por la falta de precipitaciones, estas hacen que los mantos acuíferos no se abastezcan lo necesario provocando su agotamiento por la sobre explotación. Así mismo, las presas de la región no recolectan la cantidad de agua necesaria para el abastecimiento de agua a los seres humanos, el abastecimiento de agua al ganado de la región, el riego de valles y jardines, entre muchas otras necesidades del ser humano.

¿Con la aplicación del agua con dos y tres portañuelas en melgas se logrará una mejor distribución del agua?

En el Estado de Sonora, la agricultura es la principal actividad primaria, sin embargo el aprovechamiento del agua para riego en las parcelas es deficiente, ya que sólo se alcanza una eficiencia del 37%, presentándose grandes desperdicios por escurrimiento superficial y percolación profunda. Siendo la principal causa el sistema de riego por gravedad que es el sistema más utilizado en la región (IMTA, 2010).

1.3 Objetivos

1.3.1 General

Comparar la eficiencia del riego y uniformidad de aplicación en melgas con dos y tres portañuelas.

1.3.2 Específicos

- Determinar la lámina de riego aplicada por tratamiento.
- Evaluar la eficiencia del riego por melgas con dos y tres portañuelas.
- Evaluar el coeficiente de uniformidad de aplicación del agua por tratamiento.

1.4 Justificación

En el 2010 el IMTA da a conocer sobre la baja eficiencia del uso del agua en el riego por gravedad el cual ha originado problemas de drenaje deficiente y salinización de los suelos en diferente grado en aproximadamente el 23% de la

superficie regada. También cita que los métodos de riegos utilizados en el país para la aplicación del agua a las parcelas son los de gravedad en un 90%.

Debido a la falta de adecuación tecnológica y a los problemas que causa el método de riego por gravedad se pretende proponer mejora a los métodos de riego para hacer un uso más adecuado del agua.

De esta manera se podrán aplicar parte de los conocimientos adquiridos e investigar otras técnicas, adquirir nuevos conocimientos, aplicar nuevos métodos. Además esta mejora permitirá obtener un uso del agua apropiada en el riego para incrementar el desarrollo de la economía de los productores agrícolas en el Valle del Yaqui.

1.5 Limitaciones

- Falta de comunicación con el regador durante el riego.
- Los regadores no tienen conocimiento alguno sobre el uso eficiente del agua en los métodos de riego.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Disponibilidad del agua

La disponibilidad del agua de una región o país depende del balance de agua, esto es, del volumen que se recibe por precipitación y de lo que se pierde por la evaporación de los cuerpos de agua y por la evapotranspiración de la vegetación. El volumen restante puede dirigirse hacia la recarga de los acuíferos o escurrir superficialmente. Debido a que la distribución de la precipitación y de la evapotranspiración varía notablemente, la disponibilidad de recursos hídricos muestra diferencias muy importantes en las distintas regiones del planeta (SEMARNAT, 2012).

En México, el volumen promedio de agua que se obtiene por precipitación cada año es de 1,489 kilómetros cúbicos; no obstante, la mayor parte, alrededor de 1,089 kilómetros cúbicos (73.1%), regresa a la atmósfera por evapotranspiración.

De esta forma, el balance general muestra que la disponibilidad natural media de México es de 460 kilómetros cúbicos de agua en promedio al año (ver Figura 2), valor superior al de la mayoría de los países europeos, pero muy inferior si se compara con el de Estados Unidos (3,051 km³), Canadá (2,902 km³) o Brasil (8,233 km³) (SEMARNAT, 2012).

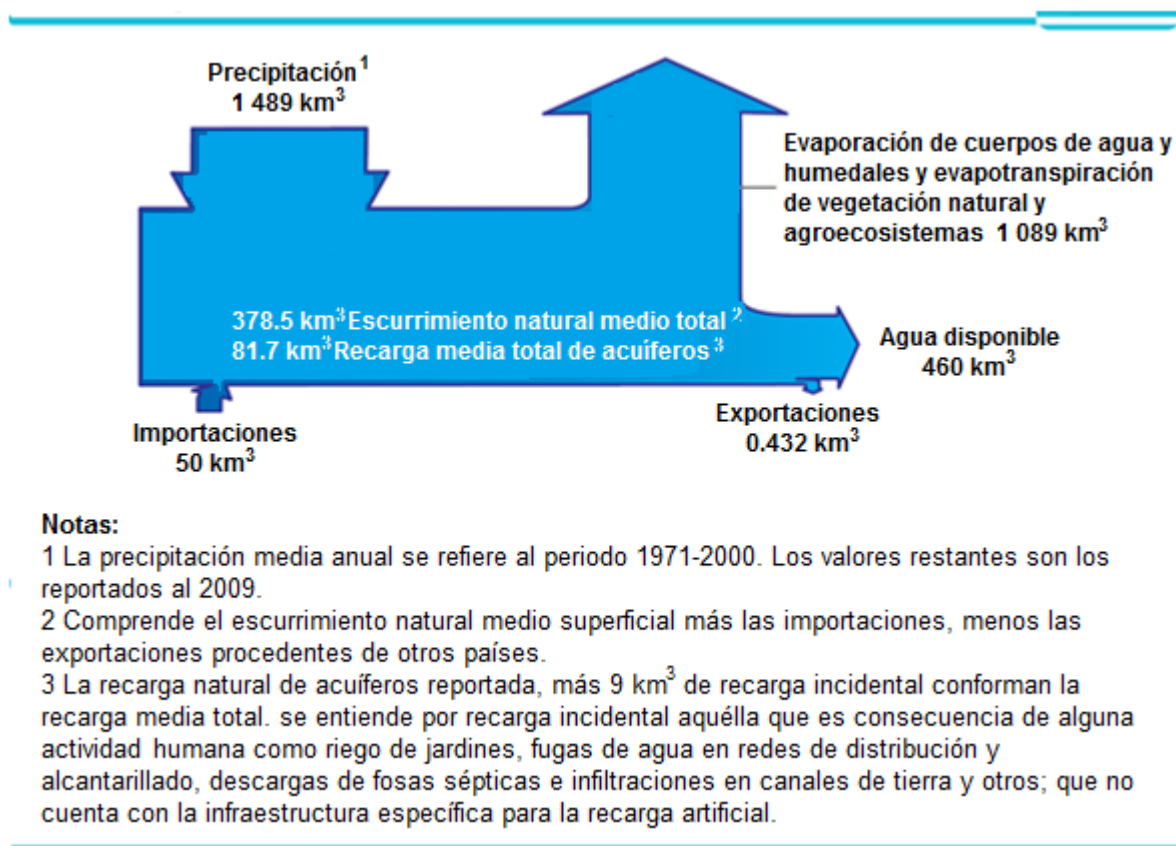


Figura 2. Balance de agua en México.

Fuente: SEMARNAT, (2012).

En el 2008 la Comisión Estatal del Agua (CEA) informa sobre la disponibilidad del agua en la Región Noroeste, la cual está distribuida de manera irregular, pues mientras que en las cuencas del sur y del este de la región se concentra el 88% del agua superficial, el 12% restante se distribuye en el 60% del territorio estatal.

En la Figura 3 se puede apreciar los límites de las poligonales de las cuencas, la disponibilidad de agua superficial, tanto de la Región Hidrológica 8 Sonora Norte,

como de la 9 Sonora Sur; así como la clasificación que obtuvieron: déficit en rojo y disponibilidad en verde. Cabe mencionar que la disponibilidad de agua con la que cuenta el Estado de Sonora está distribuida entre distintos usos económicos y de confort para la calidad de vida de sus habitantes.

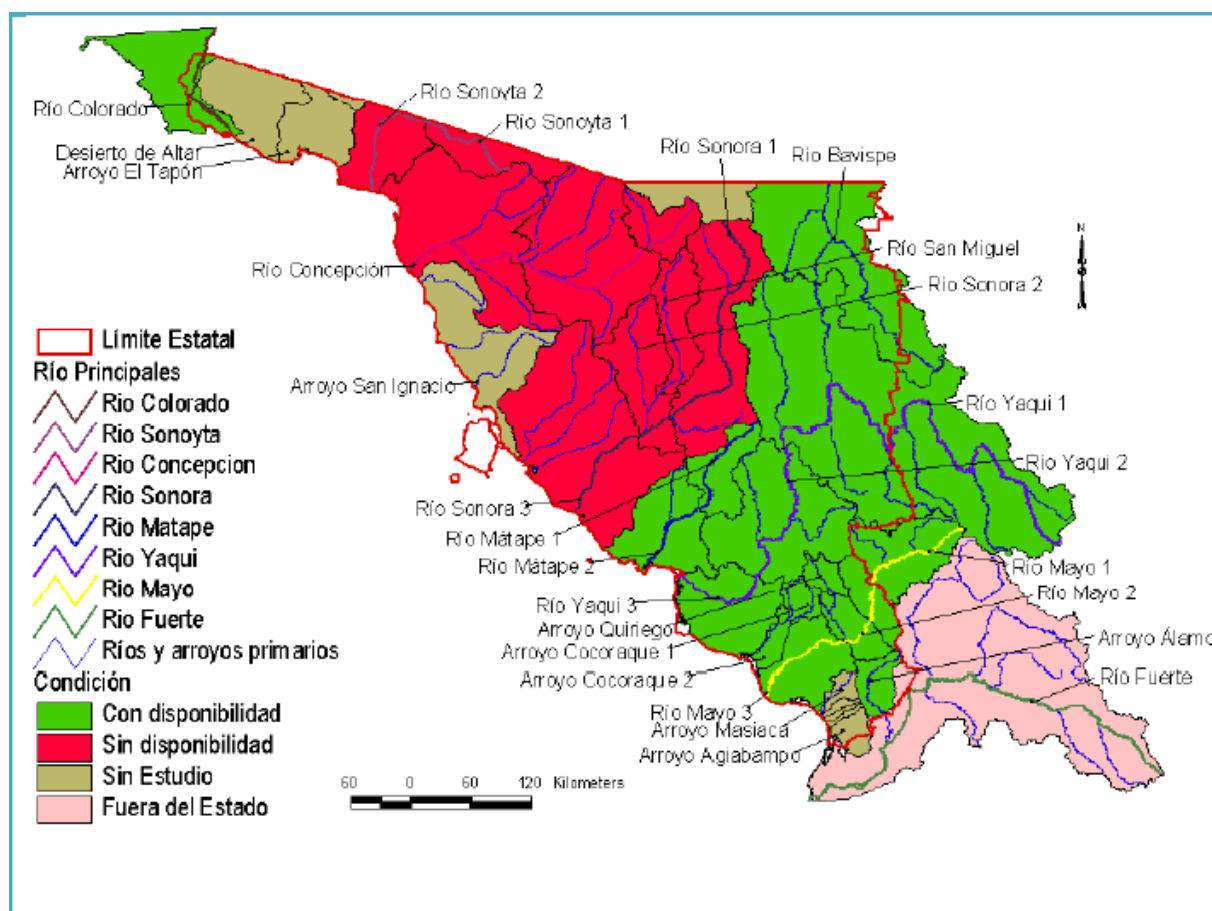


Figura 3. Disponibilidad relativa en la región noroeste.

Fuente: CEA, (2008).

2.1.1. Usos del agua en el Estado de Sonora

Según la CEA (2008), el volumen total concesionado dentro del Estado de Sonora para usos consuntivos y no consuntivos es de 6,741.1 hm³/año; de este volumen, el 42% corresponde a volúmenes de agua subterránea y el 58% a volúmenes de agua superficial. Del volumen concesionado para usos consuntivos (6,575 hm³), el 92.7% se encuentra concesionado al uso agrícola, el 5.3% se encuentra

concesionado al uso doméstico, el 1% se encuentra concesionado a la industria autoabastecida y el 1% restante se encuentra concesionado al uso pecuario y otros.

2.1.2. Uso agrícola del agua

La agricultura es la actividad que más agua demanda, actualmente la agricultura ejerce una presión sobre la disponibilidad natural de agua, tanto en cantidad como en calidad (Castañón, 2000).

En el Estado de Sonora se encuentran 6 distritos de riego los cuales en conjunto suman una superficie de riego de 493,334 hectáreas en el estado, de las cuales 22,794 hectáreas pertenecen al Distrito de Riego 018 (Colonias Yaquis) aplicándose en la mayoría de esta superficie el sistema de riego por gravedad (CONAGUA, 2012).

La distribución de los métodos de riegos utilizados en la región para aplicar el agua a las parcelas son los de gravedad en alrededor de un 90% de la superficie y los presurizados en el restante 10% (IMTA, 2010).

Cabe mencionar que al utilizar el método de riego por gravedad se tiene una eficiencia del uso del agua muy baja, la cual puede ser provocada debido, desde un principio, al mal diseño del sistema de riego o por un mal manejo del agua por parte del regador causando grandes desperdicios.

2.1.3. Causas del mal uso del agua

Los principales problemas que enfrentan los productores agrícolas en las áreas de riego por gravedad en México y en el mundo, es la baja eficiencia y deficiente uniformidad con que se aplica el agua. El primero repercute en la sustentabilidad

del recurso y el segundo impacta en forma negativa en el desarrollo de los cultivos y, por lo tanto, en los ingresos del productor.

En el riego por gravedad la eficiencia de conducción en promedio a nivel nacional varía del 45 al 60% y la de aplicación es del orden del 60% aproximadamente (IMTA, 2010). Además, a los cultivos se les aplica una lámina de riego superior a la que la planta necesita por cuestiones de asegurar la productividad, lo que hace que se desperdicie aun más agua.

La baja eficiencia del uso del agua en el riego por gravedad y/o abundantes precipitaciones han originado problemas de drenaje deficiente y salinización de los suelos en diferente grado en aproximadamente el 23% de la superficie regada, lo que conlleva a utilizar cada vez más agua en los próximos regadíos (IMTA, 2010).

2.2. Riego por gravedad

Es el más antiguo de los métodos de riego y el único que no precisa aporte de energía. En el riego por gravedad, el agua avanza a lo largo de la parcela movida por la energía gravitatoria y, al mismo tiempo, se va infiltrando. Es el único de los métodos tradicionales que utiliza la superficie del suelo para la distribución del agua. Por ello éste debe estar bien preparado y nivelado, para que el movimiento del agua no encuentre obstáculos o diferencias de cualquier tipo y pueda ser regular.

En este método las necesidades energéticas son prácticamente nulas, lo que puede ser decisivo con ciertos condicionantes económicos. Por un lado, necesita mayor cantidad de mano de obra, comparándolo con los otros métodos, en condiciones de mayor esfuerzo físico. Por otro lado, las pérdidas de agua pueden ser importantes, tanto por evaporación como por roturas e infiltración, durante el transporte del agua, cuando éste, como suele ser tradicional, se efectúa por

estructuras hidráulicas de conducción al aire libre, con muchos años de uso y mal conservadas (Castañón, 2000).

Los dos métodos de riego por gravedad más difundidos en la práctica son por surcos y por melgas.

2.2.1. Método de riego por surcos

En este riego, sólo una parte del suelo recibe directamente el agua, que corre por el fondo del surco, mientras el cultivo se encuentra en los lomos. La infiltración bidimensional, vertical y lateral, aporta la humedad a la zona de raíces desde ambos lados, siendo recomendable que se unan las zonas mojadas. Si ésto no se produce se debe a que la separación entre surcos es demasiado grande. Dicha separación dependerá del tipo de terreno.

Castañón (2000), menciona que la forma de los surcos y caballones tiene una influencia sobre la eficiencia del riego por surcos. Este mismo autor, recomienda utilizar este método de riego para plantas sensibles al encharcamiento o al exceso de humedad, así como para cultivos en hileras (algodón, maíz, hortalizas, etc.). Una adecuada eficiencia de riego requiere una pendiente regular del surco, sin la cual no se obtendrá la uniformidad de distribución buscada.

El adecuado manejo del riego por surcos suele requerir mayor cantidad de mano de obra que los otros sistemas de riego por gravedad.

2.2.2. Método de riego por melgas

Las melgas son franjas de terreno rectangulares o en contorno que se forman dividiendo el terreno por medio de bordos para que cada una se riegue independientemente.

Son fajas que tienen un ancho que varía entre 4 y 50 m divididas por bordos paralelos y tienen diferentes longitudes, de tal manera que cada una domina una superficie que fluctúa entre 0.25 a 0.50 ha. La altura de los bordos es de 30 a 60 cm y su ancho de 60 a 120 cm. La pendiente tanto en el sentido longitudinal como en el transversal debe ser nula o ligera para facilitar el avance del agua. Cada faja recibe el agua derivada de una regadera que corre por el extremo superior y el gasto debe ser de una magnitud suficiente para que pueda distribuirse sobre toda la faja sin rebasar la altura de los bordos que la delimitan (De La Peña y Llerena, 2001).

Los mismos autores, mencionan que este método es adecuado para el riego de todos los cultivos que cubren el terreno totalmente y que no reciben labores de cultivo, con excepción del arroz o cualquier otro que crezca con agua estancada. Se suelen regar por este método los cereales menores o granos pequeños y los pastos y también se puede usar para viñedos y huertos de frutales. Se pueden usar en la mayor parte de los suelos, aunque se adapta mejor en aquellos de textura media o pesada con velocidad de infiltración del agua de "baja a moderada", por lo que no es aconsejable para suelos de textura de arena gruesa; tampoco se recomiendan en aquellos donde la infiltración es muy lenta por requerir de un tiempo mayor para la infiltración, con lo que pueden aumentar los desperdicios superficiales.

Rendón (1993) menciona que en el riego por melgas se distinguen cuatro fases:

- a. Avance. Desde el inicio del riego hasta que el frente de avance llega al extremo de la melga.
- b. Almacenamiento. Cuando el agua llega al extremo de la melga y hasta que se corta el agua en la entrada de la melga.
- c. Consumo. Esta fase se inicia cuando se corta el agua de riego y termina cuando se infiltra toda el agua a la entrada de la melga.

- d. Recesión. Desde el momento en que se infiltra toda el agua a la entrada y hasta que desaparece toda el agua en la melga.

La mano de obra requerida es baja y se puede lograr una buena eficiencia de riego si los bordos y regaderas se diseñan y construyen bien. El ancho de las fajas se proyecta de tal manera que pueda desplazarse adecuadamente la maquinaria en la siembra y su recolección (De La Peña y Llerena, 2001).

2.3 Uso eficiente del riego por melgas

Actualmente, en el riego por melgas, la eficiencia del uso del agua a nivel parcelario es alrededor del 50%, siendo ésta muy baja debido ya sea a un mal diseño, o al mal manejo del agua por parte del regador, produciendo pérdidas de agua que no es aprovechada por los cultivos. Una parte de estas pérdidas se deben al escurrimiento superficial (coleos), que se colecta en la red de drenaje, la otra parte, se desperdicia por percolación profunda, que sirve como recarga del manto freático ocasionando que se eleve produciendo serios problemas de drenaje en las zonas de riego (López, s.f.).

2.4. Manejo eficiente del riego por melgas

De La Peña y Llerena (2001), mencionan que el método de riego por melgas se puede usar en la mayor parte de los suelos, aunque se adapta mejor en aquellos de textura media o pesada con velocidad de infiltración del agua de baja a moderada, por lo que no es aconsejable para suelos de textura de arena gruesa; tampoco se recomiendan en aquellos donde la infiltración es muy lenta por requerir de un tiempo mayor para la infiltración, con lo que pueden aumentar los desperdicios por coleos.

Los mismos autores proponen aplicar las siguientes recomendaciones generales para obtener un buen manejo del riego por melgas:

- Pendiente: se limita a terrenos con menos de 0.5%.
- Infiltración básica: menores de 7.62cm/hora.
- Ancho de melgas: menores o igual a 20 m.
- Longitud: variable de 50 a 500 m.
- Altura de bordos: 20 cm.
- Tirante máximo del agua dentro de las melgas: 15 cm.

Cabe mencionar que la mano de obra requerida es baja y se puede lograr una buena eficiencia de riego si los bordos y regaderas se diseñan y construyen bien. Sin embargo, en muchas de las zonas de riego, los regadores hacen su trabajo de manera que, por asegurar la productividad del cultivo, utilizan demasiada agua provocando desperdicios por coleos y percolación profunda.

Este método utiliza, por lo general, una portañuela para todo el riego de la melga, por lo que se propone, como alternativa de tecnificación del riego, utilizar dos y tres portañuelas en distintas melgas para evaluar su comportamiento.

2.5 Alternativa de uso eficiente del agua en riego por melgas

2.5.1. Riego por melgas con dos y tres portañuelas

Se propone tecnificar el método de riego por melgas al utilizar dos y tres portañuelas en el periodo de riego para evaluar las variables de lámina de riego, contenido de humedad y uniformidad del riego de cada melga y compararlas entre sí, para determinar si el rendimiento se ve afectado o beneficiado por las alternativas, además, de verificar si en realidad se hace un buen uso y ahorro del agua mediante esta alternativa.

El manejo del riego seguiría siendo el mismo, sólo con el hecho de que se utilizarán dos y tres portañuelas en diferentes melgas.

2.5.2. Riego por melgas a tres riegos de auxilio

De igual manera, se propone realizar sólo tres riegos de auxilio en las melgas que utilizarán dos y tres portañuelas, esto debido a que se plantea que habrá un ahorro significativo de agua y el cultivo no necesitará un cuarto riego de auxilio como es previsto normalmente.

CAPÍTULO III. MÉTODO

3.1. Tipo de investigación

El presente trabajo se llevó a cabo bajo un estudio de carácter evaluativo, ya que la investigación y la recolección de datos se hicieron en campo, donde los datos son cuantitativos, debido a que la información recopilada se puede clasificar como una variable, ya que ésta depende en su totalidad del comportamiento de los parámetros a evaluar y así poder tener un diseño de estudio de tipo transversal, por el motivo que se realizó la evaluación de las pruebas en un periodo de tiempo determinado (Hernández et al, 2010).

3.2. Ubicación del objeto

El estudio se realizó en la parcela Mateo Buitimea Ramírez localizada dentro del Distrito de Riego 018 (Colonias Yaquis) en la comunidad de Rahum Potam,

municipio de Guaymas, Sonora, con una superficie de siembra aproximada de 6.6 hectáreas de cultivo de trigo variedad cirno c2008, el cuál fue sembrado el 21 de diciembre del 2013 en el ciclo otoño-invierno 2013-2014 (ver Figura 4).



Figura 4. Ubicación de la parcela Mateo Buitimea Ramírez.

Fuente: Google Earth (2009).

3.3 Caracterización del sitio

El suelo de la parcela es de textura arcillosa-limosa (ver Tabla 1), y se formaron las melgas con una longitud de 220 m y un ancho de aproximadamente 20 m

divididas en 4 cuadros cada una, con una pendiente de 0.086%. Se seleccionaron dos melgas para la prueba con una superficie de 4,137.32 m².

Tabla 1. *Textura del suelo.*

Muestra	Arena (%)	Arcilla (%)	Limo (%)	Textura
M – 1 0 - 30	0.60	51.32	48.08	Arcillosa-Limosa
M – 1 30 - 60	0.76	49.32	49.92	Arcillosa-Limosa

3.4 Tratamientos evaluados

Los tratamientos que se evaluaron en la parcela fueron dos, que consiste en dos y tres portañuelas por melga.

3.5 Materiales y método

- Cinta métrica
- Cronómetro
- Barrena
- Pala
- Frascos
- Báscula

3.6. Procedimiento

Para realizar esta investigación se tomaron medidas y se recolectaron muestras durante y después de las pruebas de los tratamientos que se aplicaron en las melgas para poder determinar las siguientes variables:

• Lámina de riego de aplicada

Para calcular la lámina de riego aplicada primero se determinó el gasto en la regadera mediante el método del flotador con la siguiente ecuación:

$$Q = V \times A \quad (1)$$

donde,

- Q = Gasto de aplicación, en m³/seg.
- V = Velocidad, en m/seg.
- A = Área de la regadera, en m².

Una vez determinado el gasto de aplicación, se prosiguió a calcular el volumen total aplicado en la melga al multiplicar el gasto aplicado por el tiempo total de riego en la melga con la ecuación 2:

$$Vol = Q \times T \quad (2)$$

donde,

- Vol = Volumen aplicado, en m³.
- Q = Gasto de aplicación, en m³/seg.
- T = Tiempo total de riego, en seg.

Con el volumen total aplicado y el área de la melga se calculó la lámina de riego aplicada (ecuación 3):

$$Lra = \frac{Vol}{A} \quad (3)$$

donde,

- Lra = Lámina de riego aplicada, en cm.
- Vol = Volumen total aplicado en la melga, en m³.

- A = Área de la melga, en m².

• Eficiencia del requerimiento

La eficiencia del requerimiento es la relación de la lámina requerida entre la lámina aplicada (ecuación 4):

$$Ear = \frac{Lrr}{Lra} * 100 \quad (4)$$

donde,

Ear = Eficiencia de aplicación del requerimiento, %;

Lrr = Lámina de riego requerida, en cm

Lra = Lámina de riego aplicada, en cm.

La lámina de riego requerida se calculó con la siguiente ecuación:

$$Lrr = \frac{Cc - Pmp}{100} \times Da \times Pr \quad (5)$$

donde,

- Lrr = Lámina de riego requerida, en cm.
- Cc = Capacidad de campo del suelo, en %.
- Pmp = Punto de marchitamiento permanente, en %.
- Da = Densidad aparente del suelo, en g/cm³.
- Pr = Profundidad radical, en cm.

La capacidad de campo del suelo (Cc) y el punto de marchitamiento permanente (Pmp) se determinaron con los porcentajes de textura y las ecuaciones 6 y 7:

$$Cc = 0.48Arc + 0.162Lim + 0.023Are + 2.62 \quad (6)$$

donde,

- Cc = Capacidad de campo del suelo, en %.
- Arc = Porcentaje de arcilla en el suelo, en %.
- Lim = Porcentaje de limo en el suelo, en %.
- Are = Porcentaje de arena en el suelo, en %.

$$Pmp = 0.302Arc + 0.102Lim + 0.0147Are \quad (7)$$

donde,

- Pmp = Punto de marchitamiento permanente, en %.
- Arc = Porcentaje de arcilla en el suelo, en %.
- Lim = Porcentaje de limo en el suelo, en %.
- Are = Porcentaje de arena en el suelo, en %.

• Coeficiente de uniformidad de Christiansen

Es la distribución espacial del agua infiltrada a lo largo de la parcela, con este parámetro se puede llegar a saber la calidad del riego y así poder calificarlo como malo, satisfactorio o bueno (Hernández et al, 2013), se puede calcular con la ecuación 8 :

$$CUc = \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^N |Xi - \bar{X}|}{N\bar{X}} \right) \times 100 \quad (8)$$

donde,

- CUc = Coeficiente de uniformidad de Christiansen, en %.
- Xi = Porcentaje de humedad en el punto, en %.
- i = 1,2,3...

- N = Numero de puntos donde se conoce la lámina infiltrada.
- $\bar{X}$ = Porcentaje de humedad promedio, en %.

Se determinó el coeficiente de uniformidad de Christiansen en base a los porcentajes de humedad obtenidos mediante los muestreos del suelo que se realizaron a los 6 días después del primer riego de auxilio. La ecuación 9 se utilizó para determinar los porcentajes de humedad del suelo:

$$P_s = \frac{P_{sh} - P_{ss}}{P_{ss}} \times 100 \quad (9)$$

donde,

- P_s = Porcentaje de humedad con respecto al peso del suelo seco, en %.
- P_{sh} = Peso del suelo húmedo, en gr.
- P_{ss} = Peso del suelo seco, en gr.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

4.1. Lámina de riego aplicada

Para determinar esta variable primeramente se calculó el gasto en la regadera que fue de 71.38 lps, el cual se dividió entre los dos tratamientos evaluados, teniendo un gasto de 35.68 lps por melga (ver Apéndice A). Con los tiempos de riego y el gasto por melga se determinó el volumen total de agua aplicado en la prueba con dos y tres portañuelas, resultando 856.32 m³ y 738.58 m³ respectivamente (ver Apéndice B). Las láminas de riego aplicadas (Lra) varían según el número de portañuelas por tratamiento aplicado. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 2, los cuales se determinaron aplicando la ecuación 3 con los volúmenes totales y las áreas de cada tratamiento por melga (ver Apéndice B).

Tabla 2. Láminas de riego aplicadas

Tratamiento	Portañuelas	Volumen (m³)	Área (m²)	Lra (cm)
1	2	856.32	4137.72	20.70
2	3	738.58	4054.55	18.22

En la Tabla 2, se observa que el tratamiento con dos portañuelas se aplicó una lámina de riego aplicada de 20.70 cm, mientras que con tres portañuelas fue de 18.22 cm, habiendo una diferencia entre láminas de 2.48 cm la cual se puede tomar como un ahorro de agua en el tratamiento con tres portañuelas.

4.2. Eficiencia del requerimiento

Con los porcentajes de la textura del suelo (ver Tabla 1) y las ecuaciones 6 y 7 se calcularon la capacidad de campo (Cc) y el punto de marchitamiento permanente (Pmp) para los dos estratos (ver Tabla 3).

Tabla 3. Capacidad de campo y punto de marchitamiento permanente por estrato.

Estrato	Arcilla (%)	Limo (%)	Arena(%)	Cc (%)	Pmp (%)
0 - 30	51.32	48.08	0.6	35.06	20.41
30 - 60	49.32	49.92	0.76	34.40	20.00

Ya con el Cc, el Pmp, la densidad aparente (Da, ver Anexo 1), la profundidad del suelo (Pr, ver Anexo 1) y la ecuación 5 se obtuvo la lámina de riego requerida por estrato (ver Tabla 4).

Tabla 4. Lámina de riego requerida por estrato.

Estrato	Cc (%)	Pmp (%)	Da (g/cm³)	Pr (cm)	Lrr (cm)
0 - 30	35.06	20.41	1.4	30	6.15
30 - 60	34.40	20.00	1.4	30	6.05

Las dos láminas de riego requeridas se sumaron y se obtuvo una lámina requerida total de 12.20 cm. Con la ecuación 4 y las láminas requerida y aplicada se calculó la eficiencia del requerimiento (ver Tabla 5).

Tabla 5. *Eficiencia del requerimiento.*

Tratamiento	Portañuelas	Lra (cm)	Lrr (cm)	Ear (%)
1	2	20.70	12.20	58.95
2	3	18.22	12.20	66.97

Se observa en la Tabla 5 que existe una mayor eficiencia del requerimiento en el tratamiento con tres portañuelas que con dos, debido a que la lámina de riego aplicada con tres portañuelas es de 18.22 cm teniendo un menor desperdicio de agua que con dos portañuelas ya que la lámina que se requiere es de 12.20 cm. Esto indica que es mejor usar tres portañuelas en vez de dos para que no existan mayores desperdicios de agua.

4.3. Coeficiente de uniformidad de Christiansen

Con los porcentajes de humedad obtenidos del muestreo que se realizó a los 6 días después del primer riego de auxilio (ver Apéndice C) y la ecuación 8 se determinó el coeficiente de uniformidad de Christiansen (CUC) por cada estrato de los tratamientos aplicados (ver Tabla 6).

Tabla 6. *Coeficientes de uniformidad de Christiansen.*

Tratamiento	Portañuelas	Estrato	CUC (%)
1	2	0 - 30	96.54
		30 - 60	94.17
2	3	0 - 30	91.14
		30 - 60	96.34

Los coeficientes de cada estrato resultaron ser mayores a 90 %, lo que indica que la distribución espacial del agua infiltrada se considera como buena según Christiansen, citado por Hernández et al (2013), (ver Anexo 1).

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Se obtuvo una mejor eficiencia del requerimiento y una mejor lámina de riego aplicada en la melga en donde se aplicó el tratamiento con tres portañuelas que con la de dos, logrando un ahorro de agua de 2.48 cm.

La uniformidad de riego alcanzada con dos y tres portañuelas se considera buena según Christiansen, citado por Hernández et al (2013).

Finalmente se concluye que es mejor usar tres portañuelas en el riego por melgas, ya que se puede lograr una mayor eficiencia de riego y un ahorro de agua.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda tener una buena comunicación con el regador para que exista un buen manejo y control de riego para incrementar los ahorros de agua y disminuir los desperdicios, así mismo, es importante dar capacitación a los regadores sobre el manejo del agua en los métodos de riego.

Referencias

- Almiron, E. (s.f.). *El agua como elemento vital en el desarrollo del hombre*. Recuperado el 11 de Febrero del 2014 de http://www.observatoriomercosur.org.uy/libro/el_agua_como_elemento_vital_en_el_desarrollo_del_hombre_17.php.
- Castañón, G. (2000) *Ingeniería del Riego: Utilización racional del agua*. Madrid: International Thomson Editores Spain.
- Comisión Estatal del Agua. (2008). *Estadísticas del Agua en el Estado de Sonora*. Recuperado el 06 de Marzo del 2014 de http://www.ceasonora.gob.mx/archivos/admin/file/Estadisticas_Agua_Sonora_ed2008.pdf
- Comisión Nacional del Agua. (2012). *Subdirección General de Infraestructura Hidroagrícola*. Recuperado el 16 de Febrero del 2014 de <http://www.conagua.gob.mx/atlas/usosdelagua32.html>
- Cortes J., J.; Fuentes D., G.; Ortiz E., J.; Tamayo E., L.; Cortez M., E.; Ortiz Á., A.; Félix V., P.; Armenta C., I. (2011). *Agronomía del trigo en el sur de Sonora*. (Primera edición). Editorial Instituto Nacional de Investigación Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Sonora, México.
- De La Peña de la Torre, I., Llerena V., F. A. (2001). *Manual del Uso y Manejo del Agua de Riego*. México: Futura S.A. Editorial.
- De Santa Olalla Mañas, F. M., López F., P. y Calera B., A. (2005) *Agua y Agronomía*. Barcelona: Ediciones Mundi-Prensa.
- González, L, L. Argentel, N. Zaldívar, R. Ramírez. 2005. *Efecto de la sequía simulada con peg-6000 sobre la germinación y el crecimiento de las plántulas de dos variedades de trigo*. Redalyc cultivos tropicales 26: 49-52
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, M. (2010). *Metodología de la Investigación* (5ta. edición). México: McGraw-Hill / Interamericana Editores, S.A. DE C.V.

Hernández, F., Martínez, R., Elizondo, Fuentes, C., Pérez, P., Rendón, L., Ojeda, W., Antonio H., Rojas, F., Chávez, C., García, F., Carrillo, M. y Ángeles, V. (2013). Curso de capacitación. *Diseño, implementación y seguimiento del riego por gravedad*. Chapingo, México: UACH- Unidad de Servicios Profesionales y Transferencia de Tecnología en Ingeniería Agrícola.

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. (2010). *Riego por Gravedad*. Recuperado el 17 de Marzo del 2014 de http://www.cofupro.org.mx/cofupro/images/contenidoweb/indice/publicacion_esnayarit/FOLLETOS%20Y%20MANUALES/FOLLETOS%20IMTA%202009/folleto%202%20RiegoGravedad.pdf

López A., Jesús E. (s.f.). *Irrigación y Drenaje. Diseño de riego por melgas*. Recuperado el 14 de Marzo del 2014 de https://www.google.com.mx/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=7&cad=rja&uact=8&ved=0CFcQFjAG&url=http%3A%2F%2Firrigacion.weebly.com%2Fuploads%2F4%2F0%2F4%2F7%2F404744%2Funidad_vii_riego_por_melgas.doc&ei=hddtU4yBA8ulogTlwYLoAw&usq=AFQjCNHLvsv4cdqJJzt2hE0Mx0AiUrtYBA&sig2=hnR95LTfhHt3zkEb1YjABQ

Rendón, L., Martínez, R. y Hernández, R. (1993). *II Curso Internacional de Sistemas de Riego (Volumen IV). Riego por melgas*. Chapingo, México: Departamento de Irrigación de la Universidad Autónoma de Chapingo.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (2007). *Programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario y Pesquero*. Recuperado el 12 de Febrero del 2014 de http://www.sagarpa.gob.mx/tramitesyServicios/sms/Documents/sectorial_231107.pdf

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2012). Disponibilidad del agua. *Reservas regionales de agua y balance de agua nacional*. Recuperado el 16 de Febrero del 2014 de http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_12/06_agua/cap6_2.html

Anexo 1. Densidad aparente, profundidad del suelo y parámetros de eficiencia y uniformidad

Densidad aparente del suelo para diferentes texturas.

TEXTURA	RANGO	PROMEDIO
	<i>Da (g/cm³)</i>	
Arenosa	1.50 - 1.80	1.65
Migajón (franco)	1.30 - 1.50	1.40
Arcilloso	1.00 - 1.30	1.15
Orgánico	0.70 - 1.00	0.85

Clasificación de los suelos con base en su profundidad y los cultivos recomendados asociados.

TIPO DE SUELO	PROFUNDIDAD	CULTIVOS RECOMENDADOS
	(cm)	
Delgado	0 - 30	Hortalizas
Somero	30 - 60	Cereales, frijol
Moderadamente profundo	60 - 120	Maíz, Sorgo
Profundo	más de 120	Alfalfa y frutales

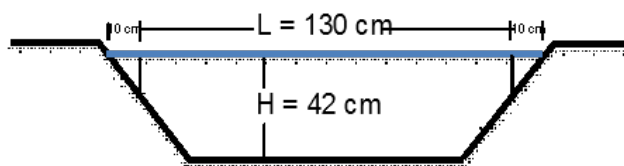
Calidad del riego resultante en base a sus parámetros de eficiencia y uniformidad.

PARÁMETRO	CLASIFICACIÓN DEL RIEGO RESULTANTE		
	MALO	SATISFACTORIO	BUENO
Eficiencia de aplicación, %	< 60	60 a 75	> 75
Eficiencia de aplicación del requerimiento, %	<80	80 a 90	> 90
Coef. de uniformidad de Christiansen, %	<80	80 a 90	> 90

Apéndice A. Gasto en regadera

Método del flotador

Datos: $H = 0.42 \text{ m}$
 $L = 1.30 \text{ m}$



Nota: Se le restan 20 cm a la longitud total (L) del espejo del agua por la carga hidráulica a ambos lados

$d = 10 \text{ m}$

$t_1 = 43.68 \text{ seg}$

$t_2 = 43.27 \text{ seg}$

$t_3 = 43.73 \text{ seg}$

$t =$	43.56	seg
-------	-------	-----

Área = $C \cdot L \cdot H$

donde $C =$	0.67
-------------	------

Área = $(0.67)(1.30\text{m})(0.42\text{m})$

Área = 0.3658 m^2

Vel = $0.85 \cdot (d/t)$

Vel = $(0.85)(10\text{m}/43.56\text{seg})$

Vel = 0.1951 m/seg

$Q = A \cdot \text{Vel}$

$Q = (0.3658\text{m}^2)(0.1951\text{m/seg})$

$Q = 0.07138 \text{ m}^3/\text{seg}$

$Q =$	71.38	lps
-------	-------	-----

Apéndice B. Volúmenes estimados y láminas de riego aplicadas

Gasto en regadera

$$Q = 71.36 \text{ lps}$$

Nota: se divide el gasto de la regadera entre las dos melgas

Gasto por melga

$$Q = 35.68 \text{ lps}$$

• Melga con 2 Portañuelas

$$Q = 35.68 \text{ lps}$$

$$\text{Área} = 4137.72 \text{ m}^2$$

Cuadro	Hora inicio (hrs)	Hora cierre (hrs)	Hora tope (hrs)	Tiempo total (hrs)	Tiempo total (seg)	Gasto (m³/seg)	Volumen (m³)
I	10:20	12:13	11:20	01:53	6780	0.03568	241.91
II	12:13	14:13	01:24	02:00	7200	0.03568	256.90
III	14:13	15:54	15:40	01:41	6060	0.03568	216.22
IV	15:54	17:00	16:28	01:06	3960	0.03568	141.29

Vol. Total = 856.32

Lamina de riego aplicada

$$Lra = \text{Vol}/A = 0.2070 \text{ m}$$

$$Lra = 20.70 \text{ cm}$$

• Melga con 3 Portañuelas

$$Q = 35.68 \text{ lps}$$

$$\text{Área} = 4054.55 \text{ m}^2$$

Cuadro	Hora inicio (hrs)	Hora cierre (hrs)	Hora tope (hrs)	Tiempo total (hrs)	Tiempo total (seg)	Gasto (m³/seg)	Volumen (m³)
I	10:25	11:58	11:05	01:33	5580	0.03568	199.09
II	11:58	13:47	13:24	01:49	6540	0.03568	233.35
III	13:47	15:21	14:54	01:34	5640	0.03568	201.24
IV	15:21	16:10	15:40	00:49	2940	0.03568	104.90

Vol. Total = 738.58

Lamina de riego aplicada

$$Lra = \text{Vol}/A = 0.1822 \text{ m}$$

$$Lra = 18.22 \text{ cm}$$

Apéndice C. Porcentajes de humedad

Muestreo del 17 de febrero del 2014

$$Ps = [(Psh - Pss) / Pss] \times 100$$

Con dos portañueles

Muestra	Profundidad (cm)	Psh + Tara (gr)	Pss + Tara (gr)	Tara (gr)	Psh (gr)	Pss (gr)	Ps (%)
1	0 - 30	124.6	112.7	74.9	49.7	37.8	31.48
	30 - 60	124.2	113.2	75.4	48.8	37.8	29.10
2	0 - 30	114.9	104.7	73.8	41.1	30.9	33.01
	30 - 60	116.7	106	72.1	44.6	33.9	31.56
3	0 - 30	124.2	111.7	73.1	51.1	38.6	32.38
	30 - 60	181	168	129.8	51.2	38.2	34.03
4	0 - 30	199.7	183	135.7	64	47.3	35.31
	30 - 60	168.1	157.5	126.4	41.7	31.1	34.08
5	0 - 30	127.3	118.8	91.8	35.5	27	31.48
	30 - 60	136.2	125	90.3	45.9	34.7	32.28
6	0 - 30	186.9	174.7	136.3	50.6	38.4	31.77
	30 - 60	181.8	170.8	133.3	48.5	37.5	29.33
7	0 - 30	199.4	183	129.1	70.3	53.9	30.43
	30 - 60	185.9	173.2	129.9	56	43.3	29.33

Con tres portañueles

Muestra	Profundidad (cm)	Psh + Tara (gr)	Pss + Tara (gr)	Tara (gr)	Psh	Pss	Ps (%)
1	0 - 30	119.2	107.1	72.5	46.7	34.6	34.97
	30 - 60	115	105.6	75.1	39.9	30.5	30.82
2	0 - 30	105.6	96.5	71.9	33.7	24.6	36.99
	30 - 60	117.2	107.3	76.4	40.8	30.9	32.04
3	0 - 30	119.5	109.1	75.6	43.9	33.5	31.04
	30 - 60	120.1	109.7	75	45.1	34.7	29.97
4	0 - 30	144.3	126.2	73.9	70.4	52.3	34.61
	30 - 60	129.6	115.2	74.2	55.4	41	35.12
5	0 - 30	141.4	126.1	75.5	65.9	50.6	30.24
	30 - 60	124.4	112.8	75.5	48.9	37.3	31.10
6	0 - 30	125.8	114	74.4	51.4	39.6	29.80
	30 - 60	120.7	109.6	73.4	47.3	36.2	30.66
7	0 - 30	128.8	117.1	74.9	53.9	42.2	27.73
	30 - 60	136.2	121.7	75.2	61	46.5	31.18

Glosario de fotos



Parcela Mateo Buitimea Ramírez



Portañuela en melga



Muestreos de suelo con barrena