

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



IMPERMEABILIZACION DE CANALES

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA

RAMIRO GERARDO IBARRA GONZALEZ

MONTERREY, N. L.

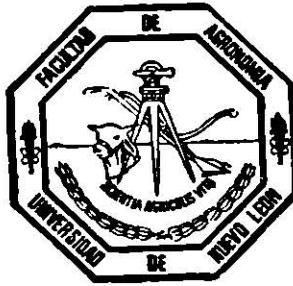
AGOSTO DE 1980

T
TC930
I2
c.1



1080061605

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA



IMPERMEABILIZACION DE CANALES

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA

RAMIRO GERARDO IBARRA GONZALEZ

MONTERREY, N.L.

AGOSTO DE 1980.

T
TC930
I2



Biblioteca Central
Magna Solidaridad

F. TESIS



UANL
FONDO
TESIS LICENCIATURA

A MIS PADRES:

SR. RAMIRO IBARRA HERNANDEZ
SRA. ADELA GONZALEZ DE IBARRA.

Con profundo cariño y respeto
porque con sus sabios consejos
y sin escatimar esfuerzos me
labraron un porvenir.

A MIS HERMANOS:

NORMA ELVA
MA. DEL CARMEN
JOSE EDUARDO

Por la unión, entrega y
cariño mostrado a través
de los años.

A MIS ABUELOS:

ALFONSO

HILARIA *

HUMBERTO *

ROSA

A MIS TIOS

A MIS PRIMOS.

Depto de Investigación

A MI ASESOR:

ING. AGR. BENJAMIN IBARRA RUIZ

Por su colaboración
en la realización de
este trabajo.

A MIS MAESTROS:

Que gracias a su orientación
y a sus recomendaciones me -
fue posible la realización -
del presente trabajo.

A MIS COMPAÑEROS:

Por haber convivido
una etapa importante
de mi vida.

A MIS AMIGOS:

ING. CIVIL VICTOR M. SEPULVEDA G.

ING. AGR. ROLANDO GUERRA V.

BIOL. SERGIO GONZALEZ G.

A quienes considero mis
hermanos.

I N D I C E

	Pags.
INTRODUCCION	1
LITERATURA REVISADA	2
MATERIALES Y METODOS	14
RESULTADOS	20
DISCUSION	31
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	33
RESUMEN	34
BIBLIOGRAFIA	35

INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

T A B L A

P A G I N A

1	Pérdidas de agua por infiltración para los diferentes tratamientos durante el mes de Abril de 1979, Marín, N.L.	21
2	Pérdidas de agua por infiltración para los diferentes tratamientos durante el mes de Mayo de - 1979, Marín, N.L.	22
3	Pérdidas de agua por infiltración para los diferentes tratamientos durante el mes de Junio de 1979, Marín, N.L.	23
4	Pérdidas de agua por infiltración para los diferentes tratamientos durante el mes de Julio de 1979, Marín, N.L.	24
5	Pérdidas de agua por infiltración para los diferentes tratamientos durante el mes de Agosto de 1979, Marín, N.L.	25

T A B L A

P A G I N A

6	Pérdidas de agua por infiltración para los diferentes tratamientos durante el mes de Septiembre de 1979, Marín, N.L.	26
7	Pérdida de agua promedio por infiltración durante el desarrollo del experimento para los diferentes tratamientos, Marín, N.L.	27
8	Análisis de Varianza para el cálculo de las pérdidas por infiltración en canales para los distintos tratamientos.	29
9	Características del suelo donde se realizó la prueba de impermeabilización e canales, 1979 Marín, N.L.	30

FIGURA

P A G I N A

1	Pérdida de Agua por infiltración durante el desarrollo del experimento para los diferentes tratamiento, Marín, N.L.	28
---	---	----

INTRODUCCION.

En los sistemas de canales de distribución las pérdidas por filtración y por operación son problemas continuos para los proyectistas, para los administradores de los distritos de riego y para los usuarios del agua. El proyectista debe dar a los canales una capacidad suficiente que considere a estas pérdidas y los operadores también deben derivar gastos adicionales en ciertas partes del sistema, para garantizar así gastos suficientes en los tramos de agua abajo - en toda la red de canales laterales.

Además, los operadores deben entenderse con problemas técnicos y legales complejos, que se producen cuando las pérdidas por filtración, causan el ascenso de los niveles freáticos en las tierras de labor adyacentes al canal. Por estos motivos y considerando el papel tan importante que juega el agua para la agricultura, se hace necesario tratar de encontrar métodos o técnicas que nos permitan ayudar a solucionar éstos problemas de infiltración causantes de la pérdida - de grandes volúmenes de agua.

Es importante, además de tratar de solucionar estos problemas - considerar las condiciones económicas del campesino en general por - esta razón las técnicas a desarrollar deben de ser bastante accesibles para ellos. Tratando de utilizar materiales impermeabilizantes económicos que además garanticen resultados satisfactorios.

Considerando estos factores, el presente trabajo se realizó con materiales impermeabilizantes económicos, de fácil manejo y con técnicas de aplicación bastante sencillas que ayudan a reducir los costos de mano de obra especializada en el desarrollo de la aplicación de dichas técnicas, que además mostraron buenos resultados en la solución de estos problemas de infiltración que nos permitirán un mejor aprovechamiento del agua en la agricultura.

LITERATURA REVISADA

Básicamente, el riego es una operación agrícola, que sirve para satisfacer las necesidades de agua de las plantas. Para los agricultores es un requisito indispensable para lograr buenas cosechas en climas secos, junto con la aplicación de fertilizantes, el control de malas hierbas y las plagas destructivas, las labores de cultivo y un buen drenaje. El riego no tiene resultados por sí sólo, sino que afecta provechosa o desfavorablemente a las otras operaciones, dependiendo de la habilidad con la que se aplica. Por ejemplo, el riego puede funcionar en armonía con el sistema de drenaje, para proporcionar un suelo húmedo y aireado, ideal para las raíces de las plantas, o bien puede sobrecargar el sistema de drenaje y, a la larga destruirlo de modo similar, el agua aplicada correctamente hace que los nutrientes estén al alcance de las plantas, mientras que el agua aplicada en exceso lixivia los nutrientes del suelo.

En muchos países, las tierras agrícolas se encuentran muy alejadas de las fuentes de agua, por lo que su transporte requiere obras de ingeniería enormes y costosas; sin embargo, los medios de transporte solo son importantes en lo que se refiere al modo en que afecta la disponibilidad el costo y la cantidad de agua y el punto hasta el que su presencia física obstaculiza las labores de labranza. (2).

En los suelos del Norte de México, formados en su mayoría bajo el proceso Pedogénico de clasificación, con una precipitación pluvial oscilante entre 250 y 500 milímetros anuales, se encuentran los suelos castaños o chesnut y los suelos in-situ de montañas con vegetación raquílica (3). Tanto en un caso como en otro se pueden apreciar dos horizontes predominantes en el perfil de estos suelos, el horizonte "A" y el horizonte "C". El primero de profundidad variable de reacción alcalina, de bajo contenido de materia orgánica y presentando muy a menudo CaCO_3 Libre. El segundo, una roca sedimentaria de naturaleza calcárea con diversos grados de intemperización y generalmente muy permeable.

Comparando a groso modo la magnitud de las pérdidas de agua por evaporación, con la magnitud de las pérdidas de agua por infiltración de las regiones arriba citadas, se puede citar una capacidad de evaporación de 3000 milímetros anuales y una capacidad de infiltración de 100 metros anuales es decir la capacidad de infiltración es aproximadamente de 30 a 40 veces mayor que la capacidad de evaporación (13).

Las características de permeabilidad de la mayor parte de los suelos del Norte del País, descritas anteriormente así como la distancia por la que hay que conducir el agua por medio de canales sin revestir, ya sea a nivel de grandes obras de riego, como a nivel parcelario, dan por resultado que las pérdidas de agua por infiltración en los canales sean de gran importancia.

Métodos de Medición de las Pérdidas.

Se han utilizado cuatro métodos principales para estimar o medir filtraciones y pérdidas por operación con sistemas de distribuciones normalmente las estimaciones se hacen con la determinación de "entradas-salidas", empleando registros de derivaciones y entregas que hace el distrito. Este planteamiento proporciona una estimación de las pérdidas totales por operación sufridas en el transcurso de un ciclo y que incluye filtraciones en el canal, desbordamientos, entregas excesivas y aportaciones o pérdidas por aforos de poca precisión. Las estimaciones de entradas y salidas generalmente expresan a las pérdidas como un porcentaje del gasto total de un sistema completo, o de tramos del mismo.

Cuando la pérdida de un sistema se expresa en esta forma, es difícil relacionarla con las pérdidas en otros sistemas. Los valores de pérdidas de agua que se publican y que están basados en un porcentaje del gasto total, rara vez incluye datos sobre el tamaño de canales, tipos de suelos y duración de los ciclos de riego. Actualmente con las crecientes demandas de agua es importante que las pérdidas -

de varios distritos sean comparadas y que sea definida la magnitud de cada parte de las pérdidas por operación con objeto de ayudar en la decisión de prioridades para llevar a cabo ciertas mejoras

El segundo método de estimación de las pérdidas de agua, es un refinamiento con relación al primero, porque se basa en los aforos hechos en ciertos tramos de un canal determinando gastos de entradas y salidas. Este método elimina algunas de las variables indefinidas de el primer método, pero la falta de precisión de las técnicas y medición de agua continúa siendo un problema principal especialmente en los sistemas de riego más antiguos.

Por esta razón las pérdidas determinadas con este método frecuentemente se basan en mediciones del gasto total haciendo aforos con molinete de corrientes naturales y en canales. Las entregas o derivaciones de agua se miden aforando con molinete, con vertedores y con estructuras lo que tiene una precisión dudosa. Un cambio pequeño en el nivel del agua de un canal, durante la medición de los gastos de descarga pueden causar errores lo suficientemente grandes para que originen que no se registre una parte o el total de las pérdidas. Esta condición es particularmente cierta cuando las pérdidas son mayores del 10% del volumen de escurrimiento total en el canal.

Sin embargo, este tipo de medición tiene su mérito en canales que sufren grandes pérdidas en donde se prueban largos tramos de canal y cuando las pérdidas por filtración, son un porcentaje significativo del volumen total.

Un tercer método de medición, consiste en almacenar o represar agua en el canal hasta un nivel aproximado del tirante de operación y después de registrar o medir periodicamente el descenso de la superficie libre del agua en el transcurso del tiempo.

Este método es el mas preciso, pero para hacer las mediciones, los canales grandes deben dejarse sin operar casi dos semanas.

En los canales principales las mediciones deben hacerse antes - o después del ciclo del riego y la velocidad de la filtración probablemente difiera entonces del promedio para el ciclo. Como los va--sos y lagos tienen en general pérdidas por filtración mucho menores que los canales, la pérdida medida almacenando agua puede ser menor que la habría cuando queda influenciado por las corrientes cercanas al fondo del canal. Si el tramo en que se almacena agua es largo, - la velocidad promedio de filtración que se mida, no identificará a - cualquiera de las zonas de grandes pérdidas en el tramo de almacenamiento.

El cuarto método de medición de pérdidas por filtración en canales, consistente en hacer mediciones en varios puntos con un pequeño medidor que mide la filtración que se pasa por una pequeña área. -- Hay diversas variantes en el tipo de diseño de este medidor. Robinson y Rohwer, describieron dos modelos. Como las velocidades de fil--traciones varían mucho entre un punto y otro se deben hacer muchas - mediciones en toda la longitud de un canal para obtener un valor pro--medio aceptable (15).

Brockway y Worstell presentaron un método para estimar estadis--ticamente el número necesario de medidores de filtración necesarios para un tramo dado en el canal y que se aproximen al verdadero valor. El medidor de filtración puede ser utilizado en muchos canales en o--peración lo cual amplía el tiempo durante el que pueden medirse las pérdidas. Con este método también se localizarán los tramos con pér--didas grandes, pero no puede emplearse en canales con paredes roco--sas o pedregosas, ni en canales en los que la velocidad del agua sea mayor de 6m/seg. (15).

La capacidad conductiva de los canales, en muchos casos, sé al-

tera con el transcurso del tiempo. Tal alteración es debida generalmente al desarrollo de vegetaciones acuáticas y al depósito de azolves que reducen la capacidad o bien se aumenta la sección de los canales, por el arrastre del material que forma los terrenos en que -- están excavados, ocasionado por la corriente.

Además sucede que el gasto que recibe un canal no se conserva -- sino va disminuyendo debido a la pérdida de agua por filtración y -- por evaporación durante la conducción.

Refiriéndose a la pérdida de agua por filtración el Dr. Elwood-Mend, dijo: "El agua que se filtra en la tierra bien sea de los canales o de los vasos de almacenamiento es una de las más importantes -- fuentes de desperdicio en el regadío". El valor del agua perdida va -- ría de acuerdo con las condiciones de cada caso, por tanto hay que -- tomar los datos necesarios en cada lugar, para poder hacer las estimaciones correspondientes que permitan elegir las soluciones, que -- sean razonablemente económicas, para evitar dicha pérdida. Es fácil darse cuenta de la magnitud del problema que ocasiona la obstrucción parcial o total de los canales, si se considera tanto los daños que se causan, como la pérdida del adecuado aprovechamiento del agua.

Cuando un canal esta parcialmente obstruído, se trata de forzar el gasto, operando el canal con un tirante mayor que el considerado -- en su proyecto, esto hace que aumente el ancho de la superficie del agua en canales trapeciales, lo cual produce una mayor evaporación -- también se aumente el perímetro mojado por tanto la filtración. Además al disminuir el bordo libre, crece el peligro de ruptura de los bordos.

Las roturas ocasionan doble daño; pues hay que repararlas y la inundación que se causa en los terrenos adyacentes al canal trae -- serios perjuicios, como es perder las cosechas de las sementeras.

Algunas veces, por estas roturas salen las vegetaciones acuáticas desarrolladas en el canal, van a depositarse en los drenajes obstruyéndolos y el agua permanece en los terrenos disolviendo las sales de los mismos. Al evaporarse ésta, se precipitan las sales volviendo los terrenos salitrosos. El encharcamiento del agua en los terrenos puede secar a los árboles, lo que si siempre es lamentable lo es mas cuando se trata de frutales. Etcheverry ha establecido que para que los canales trabajen bien deben cumplir con los siguientes requisitos:

Los canales deben ser practicamente impermeables para evitar -- las pérdidas por filtración y sus consecuencias:

La elevación del nivel freático en los terrenos adyacentes lo -- que ocasiona el ensalitramiento en los mismos. Su costo no debe ser excesivo. Debe evitarse en lo posible las perforaciones es que hacen los animales que tienen hábito de excavar hoyos. Pocas veces si no es que ninguna todos los canales de un sistema tienen todas esas características, la relativa importancia de cada una de ellas depende de las circunstancias en cada caso (15).

Uso de Materiales Impermeabilizantes para Reducir la Infiltración.

Sodio.-

Para estabilizar los materiales térreos y reducir su permeabilidad se usan varias sustancias. Los suelos saturados de sodio son -- menos permeables que los saturados por otros iones como el calcio. -- Por eso, a veces se han tratado con sal algunos revestimientos, particularmente para depósitos. La efectividad de los tratamientos con sal es un tanto incierta depende en parte de la naturaleza de material tratado. Se ha reportado también que el silicato de sodio a da -- do buenos resultados para estabilizar suelos arenosos y proporcionar mejor basamento para estructuras pesadas. Aunque los pocos ensayos al respecto no resultaron prometedores no puede aseverarse que tenga ningún valor el silicato de sodio (11).

Para incrementar el volumen de escurrimiento por unidad de superficie en cuencas de captación, Cluff y Dutt (3). Aplicaron el principio de la dispersión o defloculación del suelo causada por sodio, con el objeto de disminuir las pérdidas por infiltración. Con tal propósito, estos investigadores seleccionaron dos sitios de 4,000 m² cada uno. El primero fué tratado con cloruro de sodio (NaCl, sal de mesa). Después de 7 precipitaciones que produjeron 74mm. de lluvia, se obtuvo que el lote tratado dió un escurrimiento del 10.3%, mientras que en el lote no tratado el escurrimiento fué de 0.4% es decir el volumen de escurrimiento aumento 25 veces debido al empleo de NaCl. Cabe hacer notar que la aplicación NaCl se hizo sin eliminar la vegetación natural propia en un área de 200mm. de precipitación pluvial, localizada cerca de Tucson, Arizona.

En Israel, Hillel Et. al (5). Han logrado obtener más del 70% de escurrimiento en terrenos a los que se aplica carbonato de sodio (Na₂CO₃) en una solución al 10% de razón de 45 Kg/ha. asperjado sobre pequeñas áreas aclaradas y pulidas de un suelo de textura migajón-arcillosa.

Las investigación sobre suelos tratados con sales químicas dispersantes merece continuarse ya que ofrece grandes posibilidades de trabajo, pero presenta importantes incógnitas que resolver, tales como durabilidad de los tratamientos, efectos de los diferentes tipos de sales y en dosificación en áreas tratadas. (13).

Aceite Combustible.-

Se ha empleado también aceite combustible para estabilizar y reducir la permeabilidad de los materiales del lecho de los canales. En algunas partes este tratamiento ha dado buenos resultados. De los ensayos hechos por los autores se desprende que el aceite combustible reduce considerablemente la permeabilidad y aumenta marcadamente la estabilidad en los materiales arenosos; sin embargo la permeabilidad

persiste y en grado bastante fuerte y el revestimiento queda susceptible a la erosión (11).

Bentonita.-

En lugares en que no se dispone de material térreo adecuado puede importarse la Bentonita para revestimiento de canales y depósitos se le puede emplear como cal de enlucido o superficial sobre el material del lecho o se puede incorporar a este material en la proporción del 20% del peso de la mezcla (11).

De experimentos realizados por Velasco en la cual utilizó arcilla mineral de tipo expandible (Bentonita) con objeto de poder determinar la eficiencia de esta arcilla mineral como impermeabilizante - en condiciones altamente permeables, se usó un suelo de textura arena migajón cuyos contenidos de arcilla, limo y arena fueron 5,11 y - 84% respectivamente.

El mineral fué fraccionado para obtener agregados de los siguientes diámetros: 0.053, 0.105, 0.500, 1.00 y 2.00 milímetros. Cada uno de los diámetros especificados fueron probados en las dosis - de 2, 4, 6 y 8 grs/40 cm², siendo esta superficie la sección p_{armeá} metro utilizado. Las diversas cantidades de Bentonita fueron mezcladas con el suelo hasta una profundidad de un centímetro (12).

Mazurak (7) estudió el papel de las diferentes arcillas minerales con respecto a formación de agregados concluyendo que bajo la mayoría de condiciones las arcillas con elevadas superficie de expansión (Bentonita) parecen causar mayor cantidad de agregados que contenidos iguales de arcilla con baja superficie de expansión (Kaolin_ita). Con relación a la atracción existente entre partículas individuales deshidratadas de arcillas. Baver (1) sugiere que la fuerza - de cohesión mantiene íntimamente unidas a las partículas y que estas fuerzas de cohesión son ejercidas con mayor intensidad, de acuerdo -

con la orientación de las partículas, para ofrecer mayor superficie - de contacto entre ellas y que en el caso de deshidratación total de - partículas de arcilla el sistema es muy lentamente reversible y la re - hidratación de estos coloides es incrementada muy lentamente con el - tiempo (12).

En el año de 1959, Dirmeyer expuso unas indicaciones para los mé - todos de dispersión, utilizando la Bentonita que es una arcilla mont - morillonítica que se incrementa con la humedad, su volumen original - desde 8 a 12 veces por lo tanto que sirve para impermeabilizar los ca - nales tanto de tierra como de piedra.

El método de dispersión se utiliza sobre todo en canales areno - sos que tenga una pendiente apropiada para permitir el empantanado -- del agua y con taludes y lecho que responde a la acción del rastrillo de forma que se pueda hacer que la Bentonita penetre en el terreno en lugar de formar una capa superficial.

La sección de la acequia debe ser represada, ya sea por una es - tructura impermeable ya existente o por medio de una presa temporal - construida con tierra.

La Bentonita utilizada deberá tener contenido de pequeñas partí - culas de piedra o arena de menos del 7% y una mezcla coloidal será re - presada, por encima de la línea superior del perfil mojado, durante - un espacio de tiempo de duración igual o superior a las 48 horas. Una vez que se ha obtenido la profundidad máxima por el represado, los ta - ludes y el lecho del canal serán removidos por medio de un rastrillo, disco o instrumento similar. Esta operación se repetirá, por lo me - nos dos veces al día durante uno o dos días, de manera que produzca - el mínimo posible de embarrado (6).

Arcillas.-

Para colocar estos revestimientos, se limpia perfectamente el canal de hierbas y basura, a continuación se humedece con una lluvia fina los taludes y la plantilla, antes de que se hayan secado completamente, se esparce arcilla Bentonítica a razón de más o menos 5 Kg./m². Con rastras de discos se revuelve la arcilla con el material -- del terreno donde el canal está excavado, procurando que la profundidad removida sea de 6 a 8 cms. Y se termina con un afinamiento a mano (8).

Concreto.-

Revestimiento con concreto. Los revestimientos de concreto son muy resistentes a la erosión, lo cual permite cuando se dispone de desnivel suficiente usar con seguridad velocidades grandes, si el agua no lleva arenas, lo que hace que se reduzca la excavación.

Esta reducción en el costo de la excavación puede llegar a equivaler al costo del revestimiento, siendo revestido mas ventajoso, - pues se reduce las pérdidas de agua por filtración y evaporación. - Ya que al reducirse la sección la superficie líquida expuesta a la acción solar también se reduce. En terrenos con ángulo de fricción pequeño, también se pueden tener una economía en la excavación al - reducir la inclinación de los taludes sin temor a deslizamientos. - La pérdida de agua en los canales revestidos de concreto, varía ampliamente de acuerdo con la calidad del concreto y especialmente -- por las grietas debidas a las variaciones de temperaturas y la falta de impermeabilidad de las juntas, esto constituye la causa principal de la filtración por la cual, la conservación en buen estado de los revestimientos es esencial para que den un servicio eficiente. Se considera que una pérdida de agua de 15 litros por metro -- cuadrado durante 24 horas no es alarmante. Por otro lado es sabido que la inversión inicial para un revestimiento de concreto es elevada y esto limita su empleo.

En climas fríos hay que tomar precauciones especiales pues la formación de hielo ocasiona la desintegración del concreto (8).

Gunita.-

La Gunita se hace con una mezcla de arena y cemento, que con presión neumática se lleva por una manguera a un chiflón donde llega otra manguera con agua también a presión. Revueltos en el chiflón los tres materiales se arrojan contra la superficie que se va a recubrir. El término Gunita que se emplea es impropio, pues corresponde a una compañía que usa este procedimiento con un equipo especial, el nombre conveniente sería mortero arrojado neumáticamente en inglés hay el término "Scheterete". Existen muchos canales de riego revestidos con este método, contruido por estados y por particulares y tanto principales como secundarios; los cuales exigen inmovilidad de la superficie revisada para evitar agrietamientos. Se han empleado espesores muy delgados que varían del 12-38 mm. Con objeto de abaratar este revestimiento, se hizo un tramo de prueba en uno de los canales del sistema "Gila", utilizando como material inerte suelo arenoso que se encuentra a lo largo del canal; pero los resultados no fueron satisfactorios ya que se ocasionaban con frecuencia desarreglos en el equipo (8).

Suelo-Cemento.-

Durante los últimos 25 años un instrumento nuevo y útil ha sido desarrollado por diseñadores y constructoras de presas y depósitos y otras estructuras de control de agua: Suelo-Cemento, el cual ha sido utilizado con éxito como material de pavimentación en los Estados Unidos y otros países por más de 40 años, está mejorando un número de problemas encontrados típicamente (14).

El empleo del cemento con el material del suelo para hacer las pistas de aterrizaje y las superficies de rodamientos en carreteras secundarias, hizo pensar en emplear el procedimiento para revestir -

canales. La compactación en los canales se dificulta por la superficie inclinada de los taludes y por esto no es conveniente usar las mezclas secas que se usan en los caminos y pistas de aterrizaje que necesitan una considerable compactación. Se usan mezclas plásticas cuya relativa compactación se puede obtener con el solo peso de equipo que se usa en los revestimientos con concreto. La ventaja principal del Suelo-Cemento es su bajo costo, debido al empleo del material del suelo con material inerte, pero no todos los suelos arenosos son preferibles a los arcillosos o con limo. La posibilidad de usar un laboratorio. En los suelos utilizables estas pruebas deben fijar la cantidad de cemento necesaria, para endurecer el suelo que se trata y obtener la máxima efectividad del cemento. Solo hay que poner más cemento que el indicado en las pruebas por la dificultad mayor que existe en el campo, de conseguir buenas mezclas y más aún en el caso en que el material del suelo sea arcilloso, las proporciones definidas se fijan en el campo teniendo como base las indicadas por las pruebas de laboratorio (8).

MATERIALES Y METODOS.

El presente trabajo se llevó a cabo en el Campo Agrícola Experimental de Marín, Nuevo León perteneciente a la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L.

A continuación se hace una descripción de los materiales utilizados así como la metodología utilizada en el campo.

Bentonita.-

Arcilla coloidal (Silicato de Aluminio) que contiene montmorillonita. Existe en dos variedades.

(1) Bentonita Sódica (Wyoming o del Oeste)
que tiene gran capacidad de esponjamiento en agua.

(2) Bentonita Cálcica (Del sur)
Con insignificante propiedad de esponjamiento.

Propiedades: (Wyoming) color claro a crema, polvo impalpable forma suspensiones coloidales en agua con fuerte propiedades tixotrópicas, no tóxico, no combustible.

Procedencia: Estados Unidos (Wyoming, Mississippi, Texas), Canada, Italia, U.R.S.S.

Envases: Sacos de papel, barriles a granel en vagones.

Usos: Lodos de perforación en pozos petrolíferos; agente ligerante - en arenas de fundición y en formación de pastillas de mineral de hierro, cemento para paredes de canales, cemento para tuberías de entubación en pozos de petróleo, espesante en grasas lubricantes y composiciones incombustibles, cosméticos, agentes decolorantes, relleno de cerámica, refractarios y recubrimiento de papel, modificadores de asfalto, abrillantadores y abrasivos, aditivo de alimento (4).

La aplicación de este material se hizo necesario hacer una mez-

cla de (Bentonita-suelo) en relación de 1:1 teniendo en cuenta que se debería aplicar 6 5 Kg. de Bentonita por metrocuadrado, y que el suelo debería ser del mismo material del propio canal, en el cual se realizaron las pruebas. Una vez que la mezcla se preparó se distribuyó por todo el canal procurando hacerlo más uniformemente posible. Posteriormente para lograr un mejor adherencia de las partículas al suelo se hace necesario humedecer toda la superficie tratada a lo largo de los canales, que con tal motivo se tuvo la necesidad de ayudarlos con un costal de ixtle o bien con una regadera de jardín para no remover mucho la superficie tratada al entrar en contacto el golpe de agua.

Ceniza de Sosa.-

(Cárbonate Sódico Anhidro, Sosa calcinada) Na_2CO_3

Propiedades: Es el carbonato sódico bruto que se expende en el comercio, polvo o terrenos de color blanco grisáceo con un contenido hasta el 99% de carbonato sódico, soluble en agua, insoluble en alcohol, no combustible y no tóxico.

Obtención: Proceso Solvay de Amoníaco y Sosa.

Impurezas: Cloruro Sódico, Sulfato Sódico, Carbonato Cálculo, Bicarbonato Sódico y Carbonato Magnésico.

Grados: 58. ligera 58% densa, extra ligera, natural refinada.

Envases: A granel en vagones o camiones, cajas, barriles y sacos.

Usos: Manufactura de vidrio, productos químicos, elaboración de pulpa y papel, compuestos de sodio, jabones y detergentes tratamiento del agua, producción de aluminio, procesos textiles, preparados de lavado, refinado de petróleo cierre de escapes de estanques (Los iones de sodios se unen a las partículas de arcilla) (4).

Para la aplicación de este tratamiento se hizo necesario hacer una mezcla de agua caliente y ceniza de tal manera de formar una so

lución acuosa en la cual se tendría que diluir 20 Gr. de ceniza por cada litro de agua. Esta concentración es la cantidad requerida por metro cuadrado a tratar.

Para lograr una mejor homogeneidad en la concentración, se realizó toda la mezcla sobre una barrica de 200 Lts. y posteriormente se tomaron las cantidades que se necesitaban para distribuirlas sobre los canales a tratar. Además para aplicar esta solución sobre los canales se utilizó una regadera para jardín y así lograr distribuir el tratamiento uniformemente sobre la superficie de los canales sobre los cuales se trabajó.

Suelo-Cemento.-

El suelo-cemento es una mezcla de cemento con el suelo de la subrasante del canal y con agua. El revestimiento se hace mezclando cemento y suelo en una capa de 4 a 6 pulgadas de espesor, con una relación de 14% hasta 16%. Esta mezcla puede hacerse por dos métodos:

- (1) La mezcla seca. En este caso el cemento se distribuyó sobre la superficie de la subrasante y se mezcla completamente con el suelo con disco (o sacrifer). Después se asperja una cantidad previamente determinada de agua sobre la superficie tratada y nuevamente se mezcla con el suelo. Por último, la mezcla se compacta y se empareja para determinar el revestimiento.
- (2) La mezcla plástica. En este caso el suelo para mezclarse se quita del canal y se mezcla con agua y cemento en una revolvedora que se corra a lo largo del canal. El suelo-cemento mezclado es después vaciado a mano o por una forma deslizante jalada por tractor sobre la subrasante para formar el revestimiento.

El revestimiento del suelo-cemento es algo costoso y a no ser en suelos arenosos, raramente produce un revestimiento satisfactorio.

Se necesita un amplio trabajo de laboratorio, tanto como para preparar el revestimiento como durante su construcción. Generalmente esto es muy costoso y con frecuencia no puede estar disponible - para obras pequeñas. El revestimiento de suelo-cemento solo debe - considerarse para regiones en donde no puedan obtenerse con un costo razonable los agregados gruesos para el concreto y donde la subrasante del canal este formada por el suelo arenoso y de preferencia por un suelo de arena gruesa para la explicación de este tratamiento se tomaron de base los trabajos realizados por la Oficina de Recuperación de los Estados Unidos y de la Asociación de Cemento Portland la cual señala que para lograr una mezcla típica se requiere alrededor del 10% de cemento y 10% de agua, por peso de suelo seco, aunque las cantidades pueden variar desde un 7% hasta un 14%.

Es necesario señalar que la forma en que se preparó este tratamiento, fue de la llamada "Mezcla Plástica", pues el suelo subrasante fue sacado del canal y mezclado con el cemento en forma manual, utilizando palas en lugar de revolvedoras.

Además se distribuyó también de manera manual, utilizando para ello botes de 20 litros, teniendo la precaución de formar una capa uniforme de la mezcla sobre el canal o canales a tratar.

Cloruro de Sodio (Sal).-

En este tratamiento se utilizó sal común (comestible) y su manera de aplicación fue muy sencilla pues su aplicación fue directa sobre la superficie a tratar, asperjándola de forma manual a lo largo de los canales, tomando en cuenta que se requería aplicar una cantidad de 900 gs. por metro cuadrado. Posteriormente después de haber asperjado la sal sobre los canales se humedecieron las particular del suelo y así lograr una capa impermeable sobre la superficie del canal.

Aceite Quemado.-

En este tratamiento utilizamos solo aceite automotriz quemado. En esta forma el objetivo principal era formar una capa impermeable que impiediera el paso de agua hacia capas inferiores reduciendo -- así las pérdidas por infiltración. Para su aplicación se hizo necesario humedecer previamente los canales para que el aceite se pudiera distribuir con mayor facilidad y uniformidad sobre dicha superficie, pues de caso contrario con el suelo seco el aceite no se distribuye uniformemente pues forma manchones y además quedan claros -- de superficie sin tratar.

La cantidad que se aplicó fue de 800 ml. por metro cuadrado y para ayudarnos en la aplicación se utilizó estopa que una vez empapada de aceite y al momento de aplicar el aceite de manera que chapoteado lo distribuya uniformemente sin dejar manchones ni claros.

Testigo.-

En este caso los canales no se trataron de ninguna manera, pues solo se trabajaron con sus propias características y propiedades -- del suelo en cuestión.

El desarrollo de los tratamientos antes mencionados, se llevaron a cabo en canales que tuvieron las siguientes dimensiones: Se tuvo un largo de 5 metros por un ancho de .7 metros, distribuidos de la siguiente manera: De un total de 30 canales se dividieron en 6 bloques correspondientes a cada uno de los tratamientos de los cuales en cada bloque estaba constituido por 5 repeticiones (5 canales) por tratamiento. Teniendo en cuenta dicho acomodo el análisis estadístico de este experimento se trabajó sobre un "diseño de bloques -- al azar".

En la alimentación de los canales se utilizaron sifones de 1 1/2 pulgadas de diámetro para lograr con ello un gasto constante. La recopilación de datos se llevó a cabo tomando mediciones una vez por -- mes.

El método utilizado para determinar las pérdidas de agua por infiltración fue el de entradas y salidas. El dispositivo de medición fue un aforador Parshall.

Costo de materiales:

Bentonita	\$ 6.00 kilogramo
Ceniza de sosa	\$ 1.00 Kilogramo
Suelo-Cemento	\$ 1.00 Kilogramo
Cloruro de sodio	\$ 0.90 Kilogramo
Aceite quemado	\$ 0.50 litro

Nota: La cotización de los materiales es con respecto al mes de marzo de 1979.

RESULTADOS.

A continuación, se presentan los resultados de las pruebas de -- "Impermeabilización en canales", realizadas en el campo experimental - de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L., localizado en el municipio de Marín, N.L.

En las tablas de la 1-6. Se reportan la pérdida de agua por infiltración para las 5 repeticiones realizadas durante los meses de -- abril a septiembre de 1979.

La tabla 7. Reporta los promedios de la pérdida de agua por infiltración durante los meses de abril a septiembre de 1979.

La tabla 8. Reporta el análisis de varianza para las pérdidas - de agua por infiltración para los diferentes tratamientos.

La figura 1. Representa la variación de las pérdidas de agua -- promedio durante el desarrollo del presente trabajo.

La tabla 9. Representa el análisis de suelo en el cual se realizó el experimento.

TABLA 1. Pérdidas de agua por infiltración para los diferentes tratamientos durante el mes de abril de 1979. Marín, N. L.

TRATAMIENTO	Rep.	PERDIDA (l)
SUELO CEMENTO	1	0
	2	0
	3	0
	4	6.1285
	5	3.1836
SAL	1	3.1836
	2	3.6516
	3	0
	4	9.5248
	5	11.5145
ACEITE QUEMADO	1	6.1285
	2	13.1754
	3	6.1585
	4	3.6516
	5	18.0944
CENIZA DE SOSA	1	3.3963
	2	14.9108
	3	7.0479
	4	14.9108
	5	8.2525
BENTONITA	1	0
	2	6.1285
	3	7.8629
	4	5.0925
	5	0
TESTIGO	1	6.1285
	2	21.0625
	3	7.8629
	4	14.9108
	5	29.6645

Depto. de

Geología

TABLA 2. Perdidas de agua por infiltración para los diferentes tratamientos durante el mes de mayo de 1979. Marin, N. L.

TRATAMIENTO	Rep	PERDIDA (l)
SUELO CEMENTO	1	2.7488
	2	2.9449
	3	3.1836
	4	5.0925
	5	12.2736
SAL	1	8.7773
	2	18.2689
	3	14.6173
	4	2.7488
	5	6.1285
ACEITE QUEMADO	1	11.2210
	2	0
	3	9.5248
	4	9.5248
	5	2.9449
CENIZA DE SOSA	1	6.1285
	2	6.1285
	3	2.9449
	4	6.1285
	5	6.5799
BENTONITA	1	7.0479
	2	6.1285
	3	14.0611
	4	6.1285
	5	7.8629
TESTIGO	1	6.1285
	2	2.9449
	3	10.2315
	4	7.0479
	5	10.8775

TABLA 3 . Perdidas de agua por infiltración para los diferentes tratamientos durante el mes de junio de 1979. Marin, N. L.

TRATAMIENTO	Rep.	PERDIDA (l)
SUELO CEMENTO	1	21.0393
	2	14.9108
	3	21.0393
	4	11.2210
	5	11.0410
S A L	1	2.9449
	2	0
	3	14.9108
	4	0
	5	23.4881
ACEITE QUEMADO	1	9.5248
	2	21.0393
	3	17.0060
	4	13.1764
	5	0
CENIZA DE SOSA	1	18.2689
	2	0
	3	23.5360
	4	20.1397
	5	10.8775
BENTONITA	1	14.9108
	2	10.2315
	3	7.0479
	4	28.1105
	5	8.6252
TESTIGO	1	6.1285
	2	14.9108
	3	14.9108
	4	7.8629
	5	21.4881

TABLA 4 . Perdidas de agua por infiltración para los diferentes tratamientos durante el mes de julio de 1979. Marin, N. L.

TRATAMIENTO	Rep.	PERDIDA (/)
SUELO CEMENTO	1	12.2736
	2	18.0944
	3	11.2210
	4	8.0374
	5	13.1764
S A L	1	5.0925
	2	10.8715
	3	0
	4	3.6515
	5	16.4881
ACEITE QUEMADO	1	11.2210
	2	15.9252
	3	2.3437
	4	11.2210
	5	12.2736
CENIZA DE SOSA	1	10.2315
	2	2.9449
	3	9.5248
	4	7.0479
	5	0
BENTONITA	1	25.2585
	2	21.0393
	3	14.9108
	4	19.1300
	5	0
TESTIGO	1	13.1764
	2	7.0479
	3	6.1285
	4	14.9108
	5	23.5360

TABLA 5 . Perdidas de agua por infiltración para los diferentes tratamientos durante el mes de agosto de 1979. Marin, N. L.

TRATAMIENTO	Rep.	PERDIDA (l)
SUELO CEMENTO	1	9.5348
	2	17.0060
	3	19.1300
	4	6.1285
	5	5.0925
S A L	1	6.1285
	2	7.0479
	3	0
	4	0
	5	0
ACEITE QUEMADO	1	10.2315
	2	13.1764
	3	11.0611
	4	11.2210
	5	18.0944
CENIZA DE SOSA	1	18.0944
	2	7.8629
	3	8.6252
	4	0
	5	21.9821
BENTONITA	1	0
	2	14.0611
	3	8.6252
	4	3.8296
	5	12.0821
TESTIGO	1	13.3046
	2	11.2210
	3	14.9108
	4	11.2210
	5	23.5360

TABLA 6 . Perdidas de agua por infiltración para los diferentes tratamientos durante el mes de Septiembre de 1979. Marin, N. L.

TRATAMIENTO	Rep.	PERDIDA (l)
SUELO CEMENTO	1	11.2210
	2	10.2315
	3	32.4133
	4	2.9443
	5	10.8775
S A L	1	0
	2	0
	3	0
	4	0
	5	0
ACEITE QUEMADO	1	6.1285
	2	6.5779
	3	6.1285
	4	6.1285
	5	13.1764
CENIZA DE SOSA	1	13.1764
	2	7.0479
	3	14.9108
	4	14.9108
	5	7.0479
BENTONITA	1	14.9108
	2	7.8629
	3	10.8775
	4	0
	5	21.9821
T E S T I G O	1	13.1764
	2	7.0479
	3	7.0479
	4	14.9108
	5	34.2390

TABLA 7 . Pérdida de agua por infiltración durante el desarrollo del experimento para los diferentes tratamientos. Marín, N. L.

TRATAMIENTO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE
SUELO CEMENTO	1.8624	5.2486	15.8502	12.5600	11.3763	13.5375
CLORURO DE SODIO	5.5749	10.1281	8.2687	7.2207	2.6352	0
ACEITE QUEMADO	9.4418	6.6431	12.1493	10.5969	13.3568	7.6283
CENIZA DE SOSA	9.7036	5.5820	14.5644	5.9498	11.3129	11.4187
BENTONITA	3.8167	8.2457	13.7851	16.0677	7.7181	11.1266
TESTIGO	15.9258	7.4460	13.0602	12.9599	14.8386	15.2844

Los valores de esta tabla están expresados en litros .

FIG. 1 . Pérdida de agua por infiltración durante el desarrollo del experimento para los diferentes tratamientos . Marín, N. L.

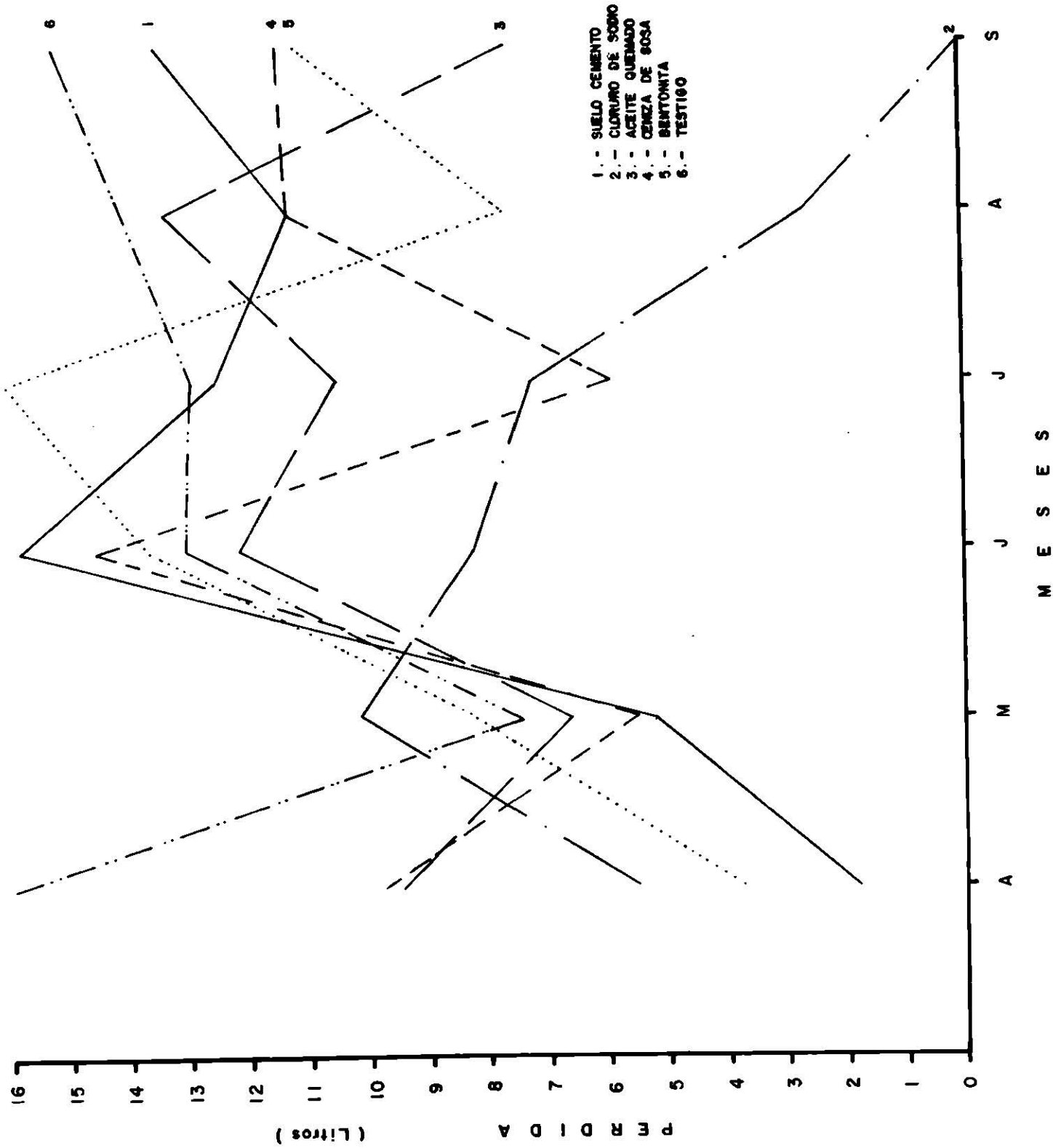


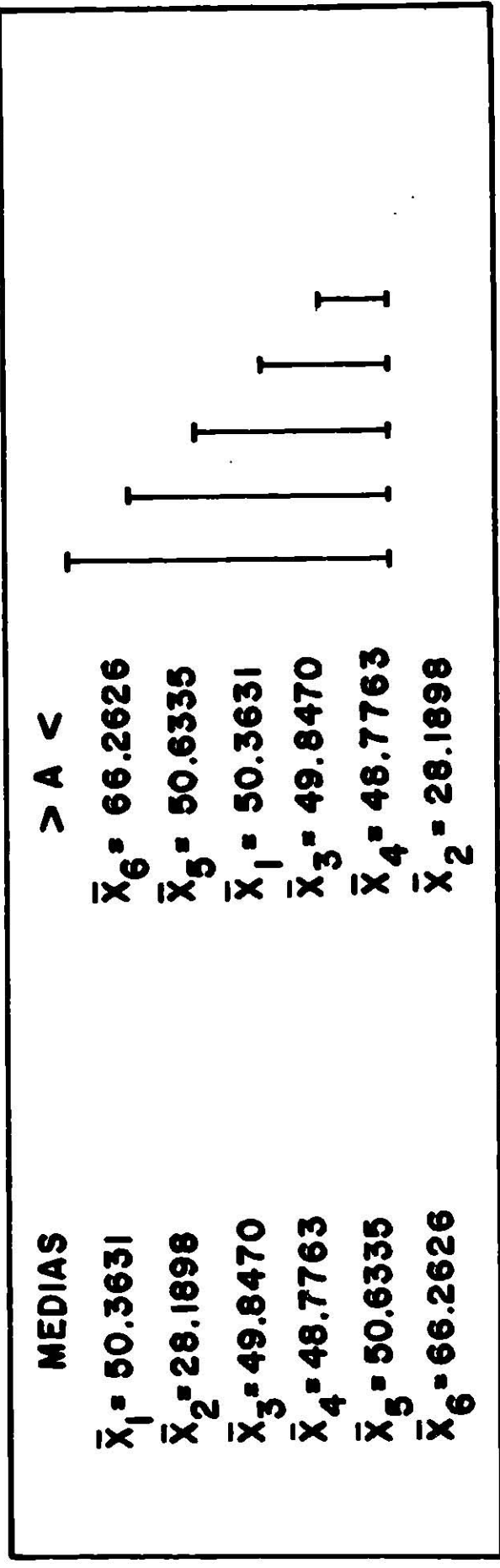
TABLA 8. ANALISIS DE VARIANZA PARA EL CALCULO DE LAS PERDIDAS POR INFILTRACION EN CANALES PARA LOS DISTINTOS TRATAMIENTOS.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F. CAL.	F. TEORICA	
					$\alpha = .05$	
MEDIA TRATAMIENTOS	1	86478.65486	86478.65486	2.7534	2.60	*
BLOQUES	5	4418.11340	883.62268	2.0810	2.60	*
ERROR TOTAL	36	3339.15877	667.831754			
		8022.7675	329.9107			

C.V. = 36.55 %

* SIGNIFICATIVO

PRUEBAS DE MEDIAS (DMS)



T A B L A 9

Características del suelo donde se realizó -
 la prueba de impermeabilización en canales -
 1979, Marín, N.L.

Determinación	Análisis	Clasificación agronómica
Color (Escala Munsell)		Café verduzco brillante
Reacción (Relación suelo-agua 1:2)	pH 8	Alcalino
Textura (Método del hidrómetro)	Arena 12% Limo 38% Arcilla 50%	Arcilloso
Materia Orgánica (Método Walkley y Black)	2.5 %	Media
Nitrógeno Total (Método Kheldahl)	0.12 %	Pobre
Fósforo Aprovechable (Método Olsen)	0.5 ppm	Bajo
Potasio Aprovechable (Método Peech y English)	210 Kg./ha	Medianamente pobre
Salas Solubles (Puente wheatsstone)	Conduc. Elect. 1.8 mmhos/cm a 25 °C	No salino

DISCUSION.

De acuerdo a la tabla 7. Se puede observar que la duración del - suelo cemento como material impermeabilizante es relativa, ya que las pérdidas de agua aumentan considerablemente a partir del tercer mes de instalado el experimento. Lo anterior posiblemente se debió a la pobre relación de suelo-cemento, es decir hay la necesidad de probar -- distintas relaciones de la mezcla con el fin de obtener resultados sa tisfactorios.

Observando los resultados de la tabla 7. Se desprende, que el - uso del cloruro de sodio como material impermeabilizante para reducir pérdidas por infiltración, proporciona resultados satisfactorios, pues además de las bajas cantidades de agua infiltrada, se observa que aumenta su efectividad disminuyendo considerablemente dichas pérdidas a medida que transcurre el tiempo. Pero sería conveniente probar esta misma cantidad del material un tiempo mayor para observar su durabili dad.

Siguiendo con la tabla 7. Se observa que el uso de aceite quema do y de ceniza de sosa utilizados como materiales impermeabilizantes no mostraron resultados satisfactorios ya que las pérdidas fueron con siderables sobre todo a partir del tercer mes de instalado el experi- mento. La causa probable fue que se trabajo que bajas cantidades de ambos materiales por tal motivo sería conveniente realizar pruebas au mentando las dosis de los dos materiales para así observar sus resul- tados.

La bentonita utilizada como material impermeabilizante en este - experimento mostró resultados no convincentes pues las pérdidas por - infiltración son considerables, además su durabilidad es relativa -- pues aumenta la pérdida a partir del segundo mes de instalado el expe rimento.

Considerando su efectividad con respecto al control de las ma las hierbas se observó que de los materiales utilizados como imper meabilizantes, el cloruro de sodio mostró buenos resultados, pues no se hizo necesario practicar deshierbes en los canales en el - - transcurso de este experimento.

Es importante hacer mención que en el tratamiento de suelo-ce mento se mostró un crecimiento de maleza excesivo, a tal grado que superó al desarrollo de malezas del testigo del cual si se espera- ba un desarrollo de maleza considerable. Para el resto de los tra tamientos su efecto sobre la presencia de malas hierbas no fue sa- tisfactorio pues en todos ellos se tuvo que practicar deshierbes - una vez por mes durante el transcurso del experimento.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Considerando las condiciones económicas de la mayoría de los agricultores en México, observando la necesidad de encontrar nuevas técnicas que ayuden a reducir las pérdidas de agua por infiltración en canales y tomando en cuenta los resultados de este experimento se deriva - que:

De los tratamientos utilizados en este experimento el que mejor resultado mostró fue el cloruro de sodio por los siguientes motivos:

1. Reduce considerablemente las pérdidas por infiltración.
2. Posee un mayor lapso de durabilidad en el terreno.
3. Presentó menor incidencia de malas hierbas que los demás tratamientos.
4. Su costo de instalación es bajo y además no requiere de mano de obra especializada.
5. Se recomienda probar diferentes dosis así como alargar el período de observación para todos los tratamientos utilizados en el presente trabajo.

RESUMEN.

El objetivo principal del presente estudio es el de observar - cual de los distintos tratamientos utilizados resulta mejor impermeabilizante para canales no revestidos.

Así como el tratamiento que sea menos costoso y que además no presente problemas de malas hierbas. También se consideró el período de durabilidad de los tratamientos empleados. Para ello se utilizó los siguientes materiales: Bentonita, Ceniza de Sosa, Cloruro de sodio (sal de mesa), Aceite lubricante automotriz (quemado), Suelo-Cemento y un testigo.

Para llevar a cabo dicho trabajo se tomaron mediciones de las pérdidas de agua por infiltración mensualmente por un período de 6 meses consecutivos; la forma de medición fue la de entradas y salidas utilizando para ellos aforadores Parshall.

En forma general se puede concluir que el mejor tratamiento resultó ser el de Cloruro de Sodio que presentó menos pérdida de agua por infiltración, así como menos incidencia de malas hierbas.

BIBLIOGRAFIA.

1. BAVER, L.D., 1961.- Soil Physics
New York, 3a. Edición.
2. BRUCE WITHERS/STANLEY VIPOND.- "El Riego" Diseño y Práctica
1a. Edición, Feb./1978
Editorial Diana.
3. CLUFF C.B./G.R. DUTT., 1966.- Using salt to Increase Irrigation
Water, Progressive Agriculture in Arizona
28 (3) : 12 - 3.
4. GESSNER G. HAWLEY.- "Diccionario de Química y de Productos Químicos", Editorial Omega, 1975.
5. HILLEL, D. ET. AL., 1965.- Runof Inducements in Arid Lands, - -
Annual Research Report. National and University -
Institute of Agricultural Research, Rehovot.
6. ISRAELSEN ORSON PH. D./VAUGAN E. HANSEN PH. D., Principios y Aplicaciones del Riego, 1965.
7. MAZURAK, A.P., 1950.- Agregation of Clay Separates form Bentonite, Kaolinite and Hyorous Mila, SOIL. SCI. SOC. AMER. PROC. 15: 18-24.
8. MEMORANDUM TECNICO # 107, "Conservación de la Capacidad de Conducción de los Canales de Riego", S.A.R.H. 1/11/-1955.
9. PALACIOS V. OSCAR.- Evaluación de las pérdidas por filtración en Canales de tierra. Memorándum técnico # 278. -- S.A.R.H.

Depto de

Irrigación

10. TRUEBA CORONEL S., Hidráulica, Ed. CECSA, 1972.
11. VALVERDE CRUZ RAUL, 1954, U.A.A.A.N., Revestimiento de Canales - en el Distrito de Riego # 26 bajo el Río San Juan, Tamps.
12. VELASCO MOLINA H.A./E. CANTU SALDAÑA, 1969, Efecto de Dosis y -- Fraccionado de agregados de Bentonita sobre la -- disminución de los valores de Conductividad Hi- - dráulica en suelos altamente permeables. Memoria VI Congreso Nacional de Ciencia del Suelo.
13. VELASCO MOLINA H.A.- Cosecha de Lluvia en zonas áridas, Editorial CONACYT.
14. WILDER CARL R.P.E., Suelo-Cemento para Estructuras de Recursos - Hidráulicos.
15. WORSTELL ROBERTO V., "El cálculo de las pérdidas por filtración de los canales", Memorándum técnico # 362, - - - S.A.R.H., Feb./1977.
16. ZIMMERMAN JOSEF D., "El Riego", 1976, Editorial CECSA.

Small, illegible handwritten notes on a piece of paper or tape located in the bottom right corner of the page.