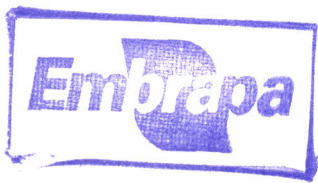


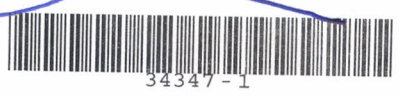


DISEÑO DE UN SISTEMA PERMANENTE DE EVALUACION, Y PROPOSICION DE PESQUISAS PARA DESARROLLAR TECNOLOGIAS DE MANTENIMIENTO DE LA CAPACIDAD PRODUCTIVA DE LOS SUELOS CULTIVADOS EN LOS PROYECTOS DE IRRIGACION Y EN EL SECANO DEL VALLE DEL RIO SAN FRANCISCO.

Dr. Luis A. Gurovich  
Consultor en Manejo de Suelo y Agua  
IICA-EMBRAPA/CPATSA.  
1979



~~Diseño de un sistema  
1979 FI - 5856~~



Diseño de un sistema permanente de evaluación, y proposición de pesquisas para desarrollar tecnologías de mantenimiento de la capacidad productiva de los suelos cultivados, en los proyectos de irrigación y en el secano del Valle del Rio San Francisco.

Dr. Luis A. Gurovich  
Consultor en Manejo de Suelos y Agua  
IICA-EMBRAPA/CPATSA.

1979

### INTRODUCCION:

Los efectos destructivos del cultivo continuo e intensivo, bajo condiciones de irrigación, sobre la productividad de muchos suelos, ha sido tan drástico, que, muchas veces han surgido dudas acerca de la posibilidad real de desarrollar una agricultura exitosa durante un tiempo prolongado en condiciones áridas y semi-áridas. En la mayor parte de las ocasiones, estos efectos han derivado de condiciones de saturación, casi siempre asociados con una concentración excesiva de sales, dentro del perfil del suelo, en la zona de desarrollo radicular de los cultivos. (Kovda, 1973).

Si estas condiciones de saturación y salinización del suelo se mantienen sin ningún tipo de manejo preventivo o correctivo, se llega inevitablemente a una situación en que el suelo no puede producir ningún tipo de vegetación útil. A lo largo de la Historia de las Civilizaciones, muchos pueblos han desaparecido como resultado de la falta de alimentos, que en un momento fueron producidos en sus valles irrigados, los cuales, por efecto del cultivo intensivo sin operaciones de manejo adecuadas, se salinizaron hasta hacerse inproductivos. (Fukuda, 1976; Gurovich, 1979).

En muchos lugares del mundo, hoy en día el deterioro de la capacidad productiva de los suelos de zonas áridas y semi-áridas cultivados bajo irrigación, aún se mantiene con una extensión y velocidad significativas. El costo de habilitación de tierras vírgenes de zonas áridas, para su incorporación al riego, es muy elevado, por la necesidad de obras hidráulicas de almacenamiento, derivación y conducción de aguas, la necesidad de construcción y organización de

infraestructura de producción y la capacitación y financiamiento del personal técnico y los productores. La inversión realizada puede resultar de alta rentabilidad, solamente si la vida útil del proyecto de irrigación puede mantenerse por muchos años, o sea, puede sustentarse una agricultura permanente. La rentabilidad de un proyecto de irrigación no será adecuada y puede significar en realidad un despilfarro de recursos, si se produce un deterioro de la capacidad productiva del suelo y el proyecto debe ser abandonado total o parcialmente, porque su productividad ha disminuido significativamente, aparte del problema social que se genera con la aprobación relacionada con las actividades agrícolas del proyecto. (Luthin, 1975).

Sin embargo, en base al conocimiento acumulado en los últimos 50 años, la agricultura de riego en zonas áridas puede ser permanente, siempre que exista una selección adecuada del tipo de suelo, de la calidad del agua usada para irrigar, de los cultivos (especies y variedades) y del manejo del suelo y el agua. Un factor clave de manejo es el drenaje, que debe desarrollarse siempre asociado a la irrigación.

Entre los principales problemas de deterioro de la capacidad productiva del suelo, como efecto de un cultivo intensivo, pueden mencionarse los siguientes:

1. alteración del microrelieve.
2. compactación del perfil.
3. destrucción de la estabilidad de los agregados superficiales
4. depositación de elementos en suspensión en el agua de riego, sobre la superficie del suelo (arena generalmente).
5. erosión de lámina
6. cambios en la distribución de partículas según tamaño (microestratificación de la textura)
7. alteraciones de la estructura (disminución del volumen de macroporos y de la estabilidad de agregados)
8. disminución de las velocidades de infiltración,
9. disminución de la conductividad hidráulica
10. formación de horizontes impermeables
11. formación de niveles freáticos fijos o fluctuantes
12. cambios en las propiedades térmicas del suelo



13. concentración de sales en el perfil del suelo
14. incremento de las concentraciones de sodio en el complejo de intercambio
15. efectos sobre el pH y el potencial de oxido-reducción
16. variaciones en la microflora y microfauna del suelo
17. inhibición de la descomposición y mineralización de la materia orgánica
18. incremento de la incidencia de organismos fitopatógenos
19. alteración de los ciclos del nitrógeno y otros elementos nutritivos
20. reducción de la profundidad efectiva de enraizamiento de los cultivos

Las operaciones preventivas y correctivas, para evitar el deterioro de la capacidad productiva de los suelos de zonas áridas, bajo cultivo e irrigación intensivas tienen una serie de efectos sobre la dinámica del agua y de los sales. Estas operaciones de manejo pueden resumirse en los siguientes aspectos:

1. Lavado de Sales
2. Drenaje
3. Rehabilitación de suelos sodificados (reemplazo del Na del complejo de intercambio por cationes divalentes)
4. desmineralización de las napas freáticas por dilución.

Una excelente monografía acerca del deterioro de la capacidad productiva de los suelos de zonas áridas y semi-áridas, cultivados bajo irrigación por efecto de manejo deficiente, ha sido publicado por FAO/UNESCO, (1973).

Goes (1976) en un informe para SULENE, presenta algunos valores relevantes al problema de salinización en proyectos de irrigación del Nordeste de Brasil, concluyendo que entre un 20 a 25% de las superficies incorporadas al cultivo en menos de 8 años, ya estaban afectadas por salinización hasta un grado tal, que no podrían seguir siendo cultivadas y fueron abandonadas. La gravedad del problema, en proyectos de irrigación en el Rio Pibanhas, es similar, así Cordeiro y Millar (1978) en un levantamiento realizado en el Proyecto São Gonçalo, encontraron que un 24% de los suelos del área en operación se han sodificado y un 4% presenta además del sodio, un nivel alto de salinidad, generándose este problema en un lapso de 10 años de cultivo aproximadamente.

4

Los proyectos actuales en el v Valle del Rio São Francisco, Bebedouro y Mandacaru, presentan también superficies significativas afectadas con diversos grados de intensidad por problema de drenaje y salinidad (Cooperativas Bebedouro y Mandacaru, información personal), incluso debiendo dejarse sin cultivo algunos btes. Sin embargo, no se ha hecho un levantamiento detallado del problema de salinidad y drenaje en estos proyectos, al nivel realizado en el proyecto São Gonçalo.

En la proposición de pesquisa presentada aquí, se incluye una metodología de evaluación del deterioro en la capacidad productiva de los suelos, la determinación de las causas del deterioro y la determinación de tecnologías para mantener la capacidad productiva de los suelos, tanto a través de normas de operación rutinarias por los colonos, como normas de rehabilitación de suelos afectados por problemas de salinidad.

Este proyecto de pesquisa tiene como objetivo desarrollar las tecnologías de prevención y corrección de problemas de deterioro de la capacidad productiva de los suelos, tanto para proyectos de irrigación, como para suelos de secano incorporados al cultivo, con aplicaciones eventuales de agua de lluvia almacenada o irrigados con métodos no convencionales. Estas tecnologías serán posteriormente puestas a disposición de los organismos de extensión agrícola, para su difusión entre productores y responsables de proyectos de irrigación y manejo de suelos y agua en el secano.

BIBLIOGRAFIA

- . Kovda, V.A. 1973. Some affects on Irrigation and Drainage on Soils. FAO/UNESCO International Source Book on Irrigation, Drainage and Salinity. Cap. 12 - 387-429
- . Fukuda, H. 1976. Irrigation in the World. Comparative Developments. University of Tokio Press.
- . Gurovich, L. 1979. Fundamentos y Diseño de Sistemas de Riego Cap. 1; El Riego, los rendimientos y la conservación de los suelos. IICA
- . Goes, I.F.S. (1976). Prediagnostico sobre o problema de salinidade e drenagem em Perímetros de irrigação do Nordeste. SUDENE.
- . Cordeiro, G.G. y Millar, A.A. 1978. Problemas de sales en las areas en operación agrícola del Proyecto de Riego de São Gonçalo. Publicación EMBRAPA/CPATSA
- . Luthin, I.N. ed. 1957. Drainage of Agricultural Lands. American Society of Agronomy.

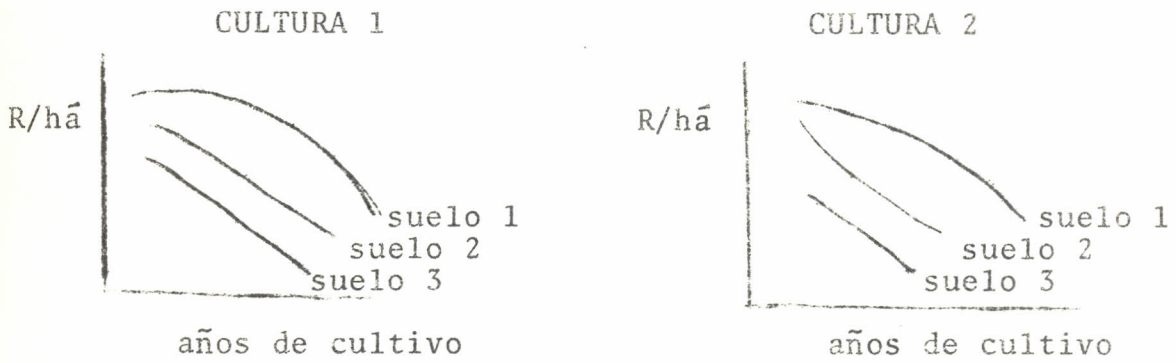


# SISTEMA DE EVALUACION DEL DETERIORO DE LA CAPACIDAD PRODUCTIVA DE LOS SUELOS.

## 1. ESTIMACION DEL DETERIORO REAL

Determinar las disminuci3n probable de rendimientos a medida que aumentan los a3os bajo cultivo.

- Fuentes de informaci3n
  - Cooperativa Bebedouro
  - Cooperativa Mandacaru
- An3lisis de la informaci3n
  - Por cultura, por tipo de suelo y por a3os
- Presentaci3n de la informaci3n
  - gr3ficos de productividad (rendimiento por hectarea en funci3n del tiempo, para cada cultura, separadas pos tipo de suelo.



- Requerimiento de personal
  - 1 t3cnico agr3cola o auxiliar de estadística, durante 1 a3o
- Presupuesto
  - Personal - 1 t3cnico, 1 mes
  - Material de Secretaria - Cr\$ 2.500,00
  - An3lisis de la informaci3n (pesquisadores) - 5 pesquisadores, 1 semana.

## 2. DETERMINACION DE LAS CAUSAS DEL DETERIORO

### Medici3n de par3metros intregales de manejo de suelos

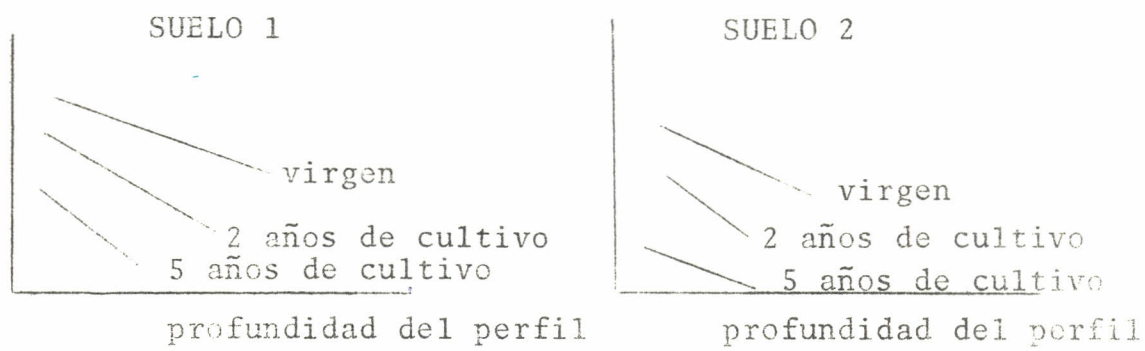
- a) disminuci3n de la velocidad de infiltraci3n del agua en el suelo, a trav3s del tiempo de cultivo.





b) aumento de la resistencia a la penetración como índice de compactación y deterioro estructural por efecto del cultivo.

- Fuentes de información
  - determinaciones de resistencia a la penetración (uso de penetrómetros) en los mismos lugares donde se efectúa las pruebas de infiltración.
- Metodología
  - Methods of Soil Analysis Cap. 37
- Análisis de la información
  - Por tipo de suelo y por año, para diferentes profundidades del perfil
- Presentación de la información
  - gráficos de resistencia a la penetración en función de los años de cultivo por cada tipo de suelo



- Requerimientos de personal
  - 1 pesquisador en Fisica de Suelos
  - 1 técnico agrícola
- Presupuesto
  - personal - 1 pesquisador en Fisica de Suelos - 1 mes
  - 1 tecnico agrícola - 2 meses
  - Materiales y imovilización - Cr\$ 10.000,00

Medición de parámetros específicos de los suelos

- realizar un levantamiento, por tipo de suelos e por años de cultivo, de los siguientes aspectos:
  - a) densidad aparente pos estratas del suelo
  - b) curvas de retención de agua (0.3 - 15 bares) pos estratas del suelo
  - c) textura pos estratas

- d) salinidad
- e) cationes solubles
- f) cationes de intercambio
- g) nivel freático
- h) materia orgánica
- i) estabilidad de agregados superficiales



a lo largo de todos años  
determinaciones mensales

- Fuentes de información
  - relatorios de pesquisas existentes
  - determinaciones en terreno, con un levantamiento detallado, del nivel similar al realizado en el proyecto São Gonçalo.
- Metodología
  - Methods of Soil Analysis Cap. 30 a), 8 b), 43 c), 11 g), 62 d), 71, 72, 68 f), 92 h), 40 i).
- Análisis de la información
  - Por tipo de suelos, de acuerdo a los años bajo cultivo separando suelos con y sin efecto de nivel freático.
- Presentación de la información
  - gráficos de cada uno de los parámetros en función del tiempo
  - matriz de correlaciones entre los parámetros (multiple step-wise regression).
- Requerimientos de personal
  - 1 pesquisador en Física de Suelos
  - 1 pesquisador en Fertilidad de Suelos
  - 1 pesquisador en Drenaje e Salinidad
  - 2 técnicos agrícolas
  - 1 técnico de laboratório
- Presupuesto
  - personal - 3 pesquisadores - 2 meses cada uno  
3 técnicos - 4 meses cada uno
  - materiales e movilización - Cr\$ 40.000,00

3. DETERMINACION DE TECNOLOGIAS PARA MANTENER LA CAPACIDAD PRODUCTIVA DE LOS SUELOS:

Normas de operación rutinarias pos parte del productor

a) Lavado periódico de sales del perfil de suelo

Experimento propuesto:

En dos suelos diferentes, dentro de un sistema de producción, efectuar los siguientes tratamientos:

- . Frecuencia de Lavados - Mensual con la irrigación - anual (irrigación + lluvia)
  - trimestral (entre culturas)
- . Metodo de Lavado . - A través del sistema de irrigación por surco tradicional
  - con rotura del surco en cada irrigación
  - con rotura del surco cada 3 irrigaciones.
- . Profundidad de Lavado - 2 ET Cultivo
  - 3 ET Cultivo
  - 4 ET Cultivo
- Diseños experimentales
  - split-plot block con 4 repeticiones
- Mediciones a realizar (cada quince dias, durante 1 año)
  - perfiles de salinidad
  - perfiles de cationes de intercambio
  - producción de las culturas
  - tasas de drenaje y niveles freáticos
  - perfiles de humedad a lo largo de los surcos (distribución de la lámina de mojado).

b) Humedad óptima para el trabajo mecanizado de preparación de suelos

Experimento propuesto

En dos suelos diferentes, determinar los limites de Atterberg y efectuar los siguientes tratamientos:

- Humedad de suelo
  - Recién regado
  - Limite líquido
  - Limite Plástico
  - Equivalente a - 10 bares
  - Seco al aire hasta 30 cm
- Operación de preparación
  - Arado rastrage
  - Arado rastrage - rastrage
  - Rastrage - rastrage
- Diseño experimental
  - factorial con 3 repeticiones
- Mediciones a realizar
  - velocidad de infiltración
  - resistencia de la penetración
  - densidad aparente pos estratas
  - estabilidad de agregados oficiales



## c) Profundidad de limpieza de drenes

En dos suelos diferentes con problemas de nivel freático, realizar los siguientes tratamientos:

## - Profundidad de drenes

- 75 cm
- 150 cm
- 250 cm

## Láminas de agua para lavado de sales

- 150 % ET
- 200 % ET
- 300 % ET

## - Diseño experimental

- Factorial con 3 repeticiones

## - Mediciones a realizar (cada semana durante 2 meses después del tratamiento de lavado y 1 vez por mes durante 1 año, posteriormente)

- altura de nivel freático
- distribución de sales
- variación de profundidad del dren por efecto de su operación
- descarga de los drenes.

## d) Uso de materiales para estabilizar la estructura superficial del suelo

En el suelo arenoso de Bebedouro, efectuar los siguientes tratamientos en un sistema de producción:

## - Estiercol - diferentes niveles y formas de aplicación

## - Resticultura - Incorporación de residuos de cultivos de época lluviosa

## - Maiz - poroto

## - otra leguminosa

## - Incorporación de NPK minerales en cultivos nobres

## - combinación de NPK mineral + Resticultura

## - Diseño experimental

- Bloques completos al azar con 4 repeticiones

## - Mediciones a realizar (4 veces en al año)

- velocidad de infiltración
- capacidad de almacenamiento de agua de la estrata superficial
- estabilidad de agregados superficiales
- Producción de las culturas
- resistencia a la penetración

- Análisis y presentación de la información  
A través de relatorios parciales, publicaciones científicas y relatorios parciales de caracter de extensión, para técnicos de EMBRAER.
- Requerimiento de personal
  - 1 pesquisador en Fisica de Suelos
  - 1 pesquisador en Drenaje y Salinidad
  - 2 técnicos agrícolas
- Presupuesto
  - 2 pesquisadores - 4 meses cada uno
- Materiales e movilización
  - Cr\$ 100.000,00
- Actividades de extensión y publicaciones
  - Cr\$ 50.000,00

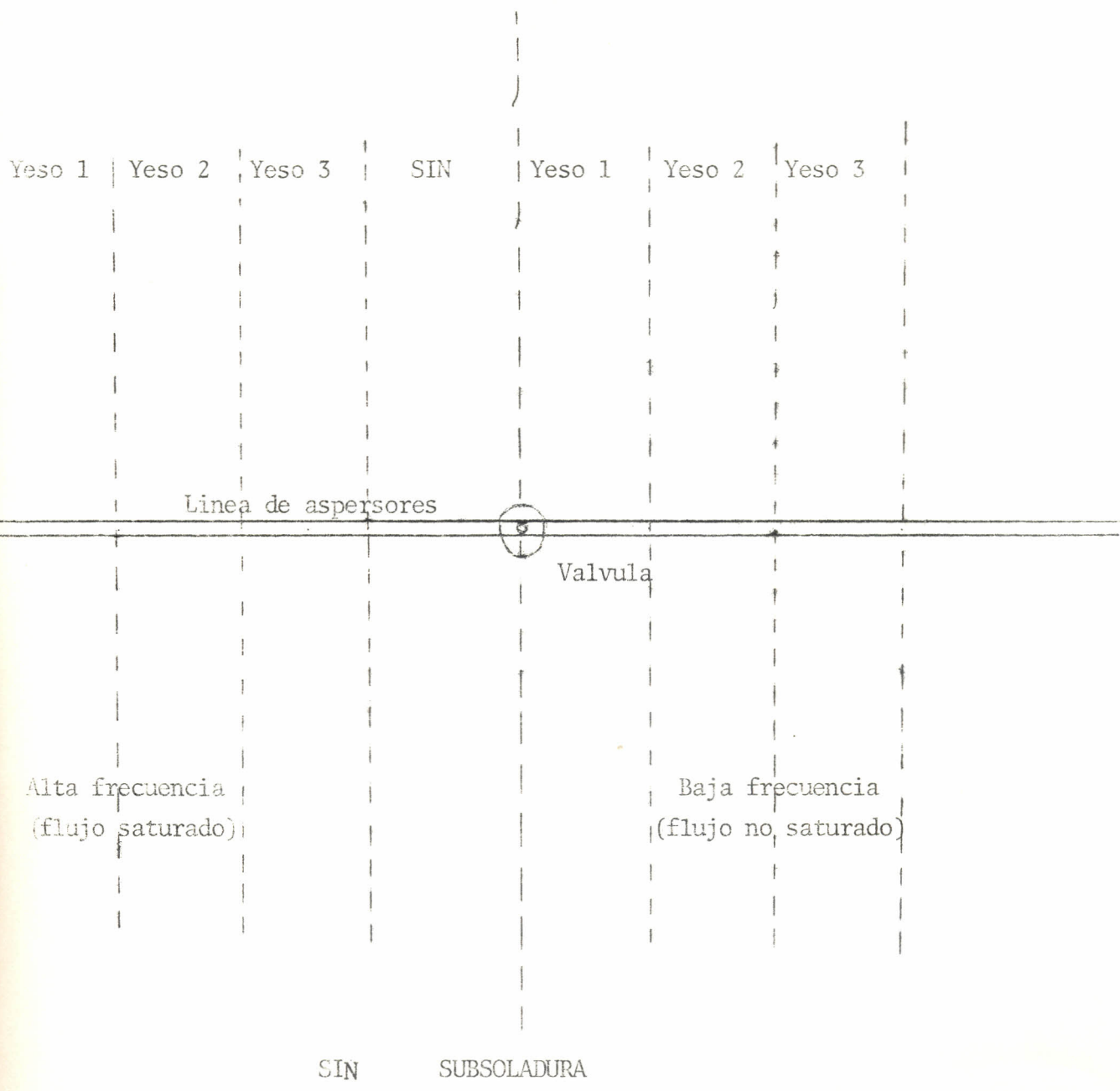
Normas de rehabilitación de suelos afectados por problemas de salinidad

Experimento central de rehabilitación de suelos

- Se proponer usar la técnica de line-source con el objeto de tener láminas de agua continuas para evaluación de la eficiencia de lavado. Esta experiencia se puede repetir en diferentes tipos de suelos.
- Tratamientos:
  - Láminas de agua, variando en forma continua desde 300% ET a 0 ET
  - Subsoladura - con
    - sin
  - Frecuencia de aplicación de agua o condiciones de flujo
    - alta - flujo saturado
    - baja - flujo no saturado
  - aplicación de yeso como enmienda
    - sin aplicación
      - nivel 1 aplicación
      - nivel 2 aplicación
      - nivel 3 aplicación

ESQUEMA

SUBSOLADURA





- Mediciones a realizar (semanalmente, hasta el fin del lavado)
  - perfiles de salinidad
  - perfiles de cationes de intercambio
  - niveles freáticos y tasas de drenaje ( $K_h$ )

Velocidad de infiltración por cilindros

La experiencia es de corta duración (90-100 días). Se propone realizar sobre las mismas parcelas, después de ese período, algún sistema de cultivo en que se medirá producción y curva de absorción de N-P y K y algunos micronutrientes.

- Requerimiento de personal
  - 1 pesquisador en Drenaje e Salinidad
  - 1 pesquisador en Irrigación
  - 1 pesquisador en Fertilidad de Suelo
  - 2 técnicos agrícolas
- Presupuesto
  - Personal - 3 pesquisadores - 5 meses cada uno
    - 2 técnicos agrícolas - 6 meses cada uno
  - Materiales y movilización - Cr\$ 50.000,00
  - Actividades de extensión y publicación - Cr\$ 25.000,00

RESUMEN DE PERSONAL Y PRESUPUESTO

El desarrollo de este proyecto de pesquisa requiere la coordinación de un especialista en Manejo de Suelos y Agua, con el fin de alcanzar los objetivos propuestos, eficientemente y en los plazos previstos. Como se trata de un estudio multidisciplinario, en el que intervienen pesquisadores con diferentes especialidades, este coordinador debe ser de un nivel de formación y con una experiencia adecuados en este tipo de trabajos.

La participación del coordinador no requiere dedicación exclusiva a este proyecto. Se estima la duración total del proyecto en dos años y el coordinador debería dedicar 6 meses completos, en forma interminente al proyecto, en la siguiente forma:

- Período de instación - 3 semanas
- Visitas periódicas - dos semanas cada tres meses
  - 8 visitas de dos semanas = 16 semanas
- Período de evaluación final - 5 semanas

- Equipo de especialistas
  - 1 Físico de Suelos - 8 meses de dedicación dentro del período de dos años
  - 1 especialista en Drenaje y Salinidad - 11 meses de dedicación en el período de dos años
  - 1 especialista en Fertilidad del Suelo - 7 meses de dedicación en el período de dos años
  - 1 especialista en Irrigación - 5 meses de dedicación en el período de dos años
  - 3 técnicos agrícolas - 24 meses cada uno
  - 1 técnico de laboratorio - 8 meses en el período de dos años
  
- Presupuesto de gastos directos
 

- Materiales y equipos	Cr\$ 162.500,00
- Divulgación y extensión	Cr\$ <u>75.000,00</u>
- Total .....	Cr\$ 237.500,00