

**CARACTERIZACIÓN DE LA  
EFICIENCIA DEL RIEGO EN  
FUNCIÓN DEL MANEJO DE  
RESIDUOS Y SUS  
CONSECUENCIAS SOBRE LA  
FERTILIZACIÓN NITROGENADA  
EN EL BAJÍO GUANAJUATENSE**

**Coralie CRIVILLE  
Estelle DUGACHARD  
ASOSID - CIRAD  
Marzo 2003**

## Índice de contenido

<b>Introducción.....</b>	<b>4</b>
<b>1 Marco general del estudio.....</b>	<b>5</b>
1.1 La agricultura en El Bajío .....	5
1.1.1 Datos agro climáticos .....	6
1.1.2 Las unidades de producción .....	9
1.1.3 Los sistemas de cultivo .....	10
1.1.4 La crisis del uso del agua .....	10
1.1.5 La fertilización nitrogenada .....	11
1.2 El programa ASOSID.....	11
1.2.1 Generalidades .....	11
1.2.2 El componente de investigación.....	12
1.3 El estudio: objetivos .....	14
<b>2 Presentación del estudio (materiales y métodos) .....</b>	<b>14</b>
2.1 Generalidades .....	14
2.1.1 Eficiencia de los riegos y de la fertilización nitrogenada.....	14
2.1.2 Análisis cualitativo de las prácticas de manejo del agua .....	15
2.2 La modelización para determinar la eficiencia de los riegos .....	15
2.2.1 La eficiencia hidráulica, presentación del modelo RAIEOPT .....	15
2.2.2 La eficiencia agronómica .....	16
2.3 Protocolos de medición en los ensayos controlados .....	16
2.3.1 Seguimiento de los riegos .....	17
2.3.2 Seguimiento del nitrógeno mineral .....	22
2.4 Metodología usada para el estudio del pozo 17 .....	23
2.4.1 Modificación del estudio .....	23
2.4.2 Selección de las parcelas .....	23
2.4.3 Protocolo .....	24
<b>3 Análisis del estudio cualitativo realizado en el pozo.....</b>	<b>24</b>
3.1 Características de los pozos.....	24
3.2 Tiempo de riego .....	24
3.3 Encuestas con regadores.....	25
3.4 Prácticas observada en el Pozo.....	25
3.4.1 Problemas encontrados para el riego.....	25
3.4.2 Parcelas regadas sin tubos de compuertas.....	25
3.4.3 Parcelas regadas con los tubos de compuertas .....	28
3.4.4 Características del riego en cada parcela.....	28
3.5 Conclusión.....	28
<b>4 Análisis de los datos obtenidos en los ensayos.....</b>	<b>29</b>
Disponemos de los datos de cantidad de residuos, humedad antes del primer riego, nivelación de las parcelas, gasto por compuerta durante el primer riego de Lupe y datos de avance del agua. Los resultados de analisis de suelo todavia no han sido entregado por los laboratorios encargados.....	29
4.1 Cantidades y distribución de residuos .....	29
4.1.1 Cantidades en los diferentes tratamientos .....	29
4.1.2 Distribución de los residuos .....	29
4.2 Humedad del suelo .....	30
4.3 La calidad de la nivelación.....	31
4.3.1 Al nivel de las parcelas.....	31
4.3.2 Al nivel de los tratamientos.....	32
4.3.3 Al nivel de los surcos .....	32

4.3.4	A lo largo de un mismo surco .....	33
4.3.5	Conclusiones .....	34
4.4	Gasto por compuertas.....	35
4.5	Lámina de agua .....	37
4.5.1	Lámina bruta aplicada en la parcela de Samuel Aguilera .....	37
4.5.2	Lámina bruta aplicada en la parcela de Guadalupe Perez.....	38
4.6	Nitrógeno.....	39
4.7	Aprendizajes sobre el uso de RAIEOPT .....	39
4.7.1	Datos del modelo que no representan bien la realidad.....	39
4.7.2	Datos que el modelo debería tomar en cuenta.....	39
4.7.3	Perturbación del riego por las mediciones. ....	40
<b>6.</b>	<b>Conclusiones .....</b>	<b>41</b>
6.1	Discusión.....	41
6.2	Propuestas de seguimiento del estudio.....	41
6.2.1	Abandono de la parcela de Guadalupe Perez para calibrar el modelo .....	41
6.2.2	Integrar más parámetros al modelo .....	42
	<b>Bibliografía .....</b>	<b>43</b>
	<b>Anexos .....</b>	<b>45</b>

## Introducción

Desde unos años, la durabilidad de los cultivos de cereales del estado de Guanajuato, ubicado en la parte baja de la cuenca Lerma-Chapala, esta amenazada por una grave crisis económica y ambiental:

Desde los acuerdos de libre comercio de 1994 el precio de venta de los cereales no dejan de bajar mientras que el precio de los insumos va aumentando, en particular en lo que concierne los fertilizantes. Además de esto se tiene que añadir la « crisis del uso del agua » que está atravesando el estado, la región sufre en efecto de un importante déficit hídrico mientras que la demanda sigue aumentando en una época de pleno desarrollo demográfico y económico. El gobierno presiona pues el sector agrícola acusándole de un importante mal gasto del agua.

Esta situación es tanto más preocupante que el estado es considerado como el granero de México, es el segundo estado exportador del país y el quinto productor de cereales, las producciones de sorgo, maíz, trigo y cebada representan respectivamente 27%, 4.5%, 17%, et 22% de la producción nacional (Mexstat, Estado del Gobierno de Guanajuato, 2001).

En este contexto de crisis, se inició desde agosto del 2001 el proyecto interinstitucional denominado ASOSID (Agricultura Sostenible a Base de Siembra Directa) el cual enfoca la agricultura del Bajío Guanajuatense, con el fin de mejorar la competitividad de los sistemas de producción gracias en particular al desarrollo y a la difusión de la siembra directa.

En esta etapa inicial, se hace la hipótesis de que la eficiencia del uso del agua de riego y de fertilizante nitrogenado son muy bajos. A la vez se plantea que la siembra directa tiene ventajas significativas sobre la labranza tradicional en cuanto a consumo de agua de riego. Sin embargo, el proyecto ASOSID carece aún de datos precisos sobre estos temas.

En este contexto, el objetivo de este estudio fue caracterizar el riego en función del manejo de los residuos y ver cuales son sus consecuencias sobre la fertilización nitrogenada, enfocando el ciclo Otoño-Invierno (OI). La meta es determinar si existe una posibilidad de bajar los costos de producción de los agricultores gracias a una disminución del consumo de fertilizantes nitrogenados y una gestión del agua más eficiente, sin disminuir los rendimientos.

En lo que concierne la evaluación de los riegos, nuestro trabajo consiste en extender al ciclo de otoño-invierno, ciclo OI, el trabajo que realizó Amandine Boutin durante el ciclo PV (Primavera Verano) del 2002.

Nuestra estancia en Guanajuato fue demasiada corta para acabar el estudio nosotras solas. Nuestro trabajo consiste pues en una primera etapa hacia un diagnóstico completo, reúne una serie de datos y observaciones indispensables para el estudio pero que serán completados con el estudio que realizarán Hervé Martin y Antonin Verguez.

# 1 Marco general del estudio

## 1.1 La agricultura en El Bajío

El estado de Guanajuato se sitúa en el altiplano central de México a una altura de 1700 a 2000 metros, entre la Sierra madre oriental y la Sierra Madre occidental, tiene una superficie total de 30 589 km<sup>2</sup> (1,5 % de la superficie del país), reúne casi 4,5 millones de habitantes y está dividido en 46 municipios. (Ver Mapa 1)



Mientras que el norte del estado presenta un clima semiárido, y es muy montañoso, el sur goza de un clima sub-templado húmedo.

El estado de Guanajuato se caracteriza por su dinamismo económico y contribuye fuertemente al PIB nacional gracias a unas de las mejores infraestructuras del país, a reservas mineras de oro y plata, industrias químicas y una agricultura regada de exportación con producción de semillas, fertilizantes y máquinas agrícolas... Sin embargo, el guanajuato forma parte de los estados mexicanos con la tradición migratoria (hacia estados unidos principalmente) más importante.

El Bajío Guanajuatense se ubica en la parte central del estado de Guanajuato, en la cuenca del río Lerma y está formado por 23 municipios. (Ver mapa 2). Esta zona es dotada de condiciones agroecológicas extremadamente favorables. Concentra la mayoría de la actividad agrícola del estado y forma parte de las zonas agrícolas más productivas del país. En efecto, los Vertisols y suelos de origen volcánica presentes en esta zona, juntos con el acceso a agua de riego permiten de establecer 2 ciclos de cultivos por año.



(Fuente: Goulet, 2002)

### 1.1.1 Datos agro climáticos

#### ▪ **Clima**

El clima del Bajío presenta dos estaciones distintas: una estación húmeda de mayo a octubre durante la cual se concentran las lluvias (pluviosidad media de 750 mm por año, T. del Rosario et al., 2000), otra seca de noviembre a abril. La evapotranspiración es elevada a lo largo del año y la diferencia pluviosidad-evapotranspiración es regularmente positiva solo en los meses de julio y agosto. Estas condiciones climáticas permiten tener un ciclo de cultivo en PV (de mayo a octubre) pero con grandes riesgos debidos a una gran variabilidad interanual de la pluviosidad. (ver Gráfico 1)

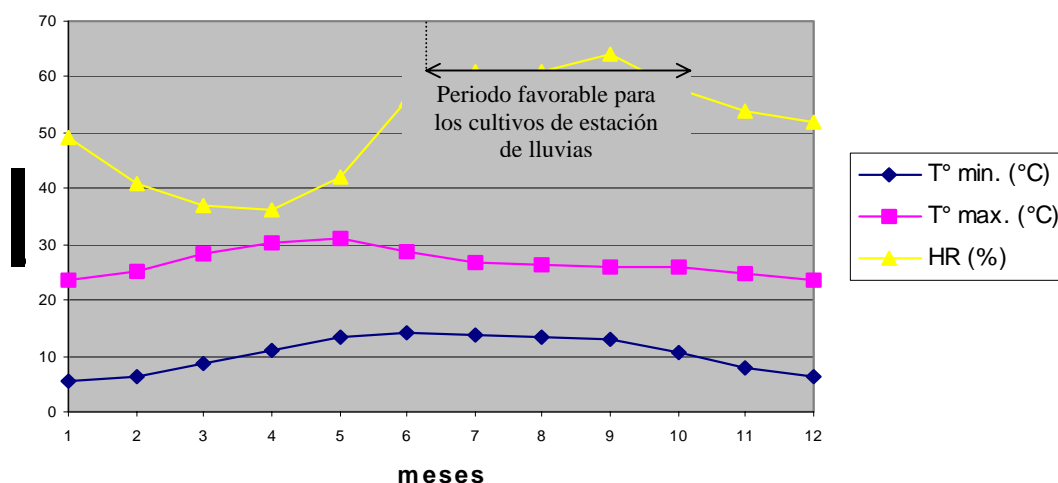
**Gráfico 1**

**Erreur ! Liaison incorrecte.**

**(Goulet, 2002)**

Las temperaturas y humedades relativas a estas altitudes y metros son favorables a los cultivos de cereales y forrajes. Sin embargo las bajas temperaturas de diciembre y enero (mes el más frío) provocan riesgos de hielo y pueden alterar el desarrollo de los cultivos y la degradación de los residuos en el caso de la siembra directa. (ver gráfico 2)

**Gráfico 2**  
**Temperaturas max y min mensuales (Goulet, 2002)**

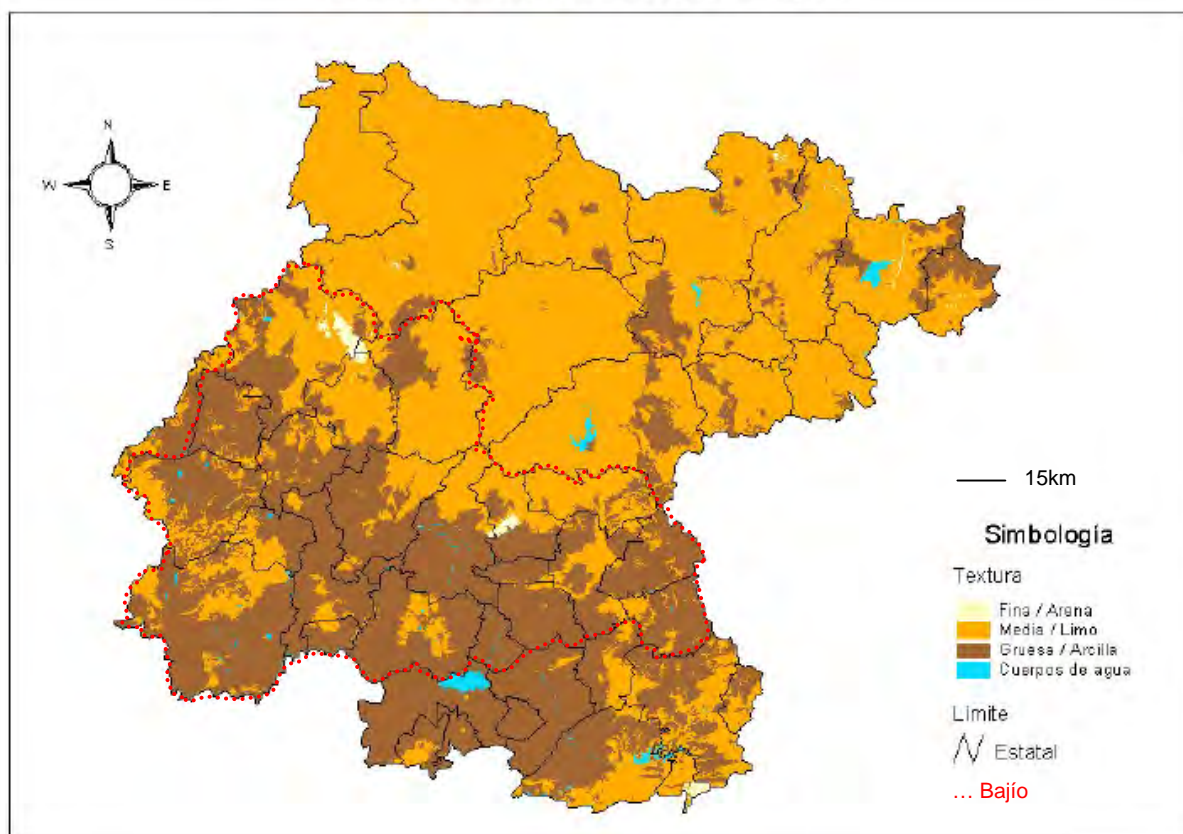


▪ **Suelos**

Como lo podemos ver en el mapa 3 los suelos del bajío tienen todos una textura arcillosa o limonosa, son de tipo Vertisols pelico y los Feozems haplico (clasificación de la FAO), según Castellanos y al., 2000<sup>a</sup> y Garcia N., 1999.

**Mapa 3**

### Textura de Suelos en el estado de Guanajuato.



#### - Los Vertisols:

Estos suelos son muy duros, muy arcillosos y con frecuencia de color oscuro, café o negro, resultan de malas condiciones de drenaje y se forman en regiones donde la estación seca es muy pronunciada. En efecto, tienen una gran reserva útil (promedio de 200mm/m) que permite minimizar el efecto de los momentos sin lluvia durante los ciclos de producción. Son muy difíciles de trabajar porque tienen una muy grande fuerza de retención del agua y el punto de machitez pues está muy rápidamente alcanzado.

Son caracterizados por su gran capacidad a sufrir deformaciones y a fisurarse cuando se secan, la aparición de anchas y profundas grietas resultan de la deformación de la arcilla inflante muy presente en estos suelos. Los vertisols tienen, como cualquier tipo de suelo, dos depósitos de agua pero sus comportamientos son diferentes de los de los suelos más comunes: el depósito que corresponde a la porosidad estructural del suelo (micro porosidad), fácilmente aprovechable, se llena y se vacía de una manera casi independiente del otro depósito y sin ninguna variación de volumen. Al contrario, cuando el agua contenida en la porosidad matricial disminuya, el suelo se retracta de un volumen equivalente al del agua perdida.

Otra característica de los vertisols es su sensibilidad a la compactación por los tractores pesados en condiciones demasiadas húmedas, y su actividad biológica muy frágil, dos factores de reducción de la Reserva Fácilmente Usada.

#### - Los Feozems:



Presentan un horizonte superficial oscuro, fino y rico en materia orgánica y nutrientes. Se encuentran en cualquier tipo de suelos bajo un clima árido a tropical.

### 1.1.2 Las unidades de producción

En el Bajío, las unidades de producción son de tamaño pequeño (la mayoría entre 3 y 15 ha) y pertenecen al sector ejidatario principalmente o de pequeña propiedad.

En efecto, después de la revolución agrícola de 1912, la nueva constitución de 1917 repartía las tierras de las grandes haciendas entre los miembros del ejido, los ejidatarios. Estos últimos podían cultivar estas tierras y legarlas a sus hijos. Obtuvieron la propiedad de sus parcelas en 1992 con la reforma agraria.

En cuanto a los pequeños propietarios, poseen superficies más importantes (entre 10 y 200 ha para la mayoría).

Una primera tipología funcional y estructural realizada en el marco del proyecto ASOSID por E. Barry en 2001, muestra la relación entre acceso al agua y dinamismo de las explotaciones.

Los agricultores tienen acceso a dos tipos de recursos en agua: el agua de canal o de pozo. En la zona del Bajío, el distrito de riego del Alto Río Lerma (DR011), maneja la distribución del agua de canal gracias a los 11 módulos que lo componen. El abastecimiento en agua de la zona es acondicionado por la disponibilidad en agua de superficie. Esta dependencia implica que en caso de penuria, los riegos pueden ser suprimidos o disminuidos. Las decisiones de racionamiento o suspensión de agua son tomadas por la CNA (comisión nacional del agua) fundada en 1992. Antes de cada ciclo de cultivo se reúne un Comité hidráulico al cual participan la CNA y los representantes de los diferentes módulos. Allí se decide en función de los recursos disponibles un plan de riego que fija el número de riegos y las superficies regables basándose en las superficies, los tipos de cultivos y los resultados del año precedente. Luego, los diferentes módulos se encargan de aplicar este plan de riego. Si el volumen de agua es suficiente, se realizan los dos ciclos de cultivo con 3 a 5 riegos en OI y 1 a 2 en PV. Para recibir el agua, cada usuario debe pagar un cierto precio al módulo (240 pesos por ha en 2001 pero este precio tiende a aumentar) y luego se paga el agua utilizada por hectáreas regadas; en efecto, la mayor parte de los módulos siguen cobrando el agua por hectárea y no por volumen aplicado.

El acceso al agua y el tipo de agua condiciona mucho las estrategias de los productores. Se distinguieron pues varios tipos de productores:

- |                            |   |   |
|----------------------------|---|---|
| Con<br>agua<br>de<br>riego | { | <ul style="list-style-type: none"><li>- Los productores de temporal sin acceso al riego (sup. Entre 4 y 9 ha, numerosos)</li><li>- Los productores de grandes fincas comerciales con hortalizas (50 a 100 ha)</li><li>- Los productores de grandes fincas comerciales con animales de engorde (50 a 100 ha)</li><li>- Los ejidatarios pequeños y medianos con hortalizas (8 a 20 ha con agua de pozo)</li><li>- Los medianos (8 a 20 ha con agua de presa).</li></ul> |
|----------------------------|---|---|

Los pequeños agricultores que tienen acceso solamente al agua de presa se están desinvolucrando poco a poco de la agricultura a causa de la incertidumbre de acceso al agua (supresión si los recursos son insuficientes) y de la imposibilidad de hacer forrajes regados tales como la alfalfa (discontinuidad probable del abastecimiento en agua) o hortalizas (solo el agua de pozo tiene la calidad y la flexibilidad necesaria).

Sin embargo, los agricultores disponiendo de las mismas superficies pero con acceso a agua de pozo intentan adaptarse a las nuevas condiciones del sector agrícola.

### 1.1.3 Los sistemas de cultivo

En el Bajío se encuentran sistemas de cultivo muy intensivos y consumidores de insumos.

En efecto, las infraestructuras de riego juntas con las características agro climáticas de la zona del Bajío permiten realizar dos ciclos de cultivos al año para los agricultores que tienen acceso al riego:

- De abril a noviembre (ciclo PV), durante la estación de lluvias, los agricultores de la zona cultivan esencialmente maíz y sorgo ya que las hortalizas necesitan agua de calidad que no es accesible a todos.
- De diciembre a mayo (ciclo OI), durante la estación seca, los agricultores teniendo acceso al agua de riego pueden producir cebada o trigo y a veces garbanzo.

Los agricultores que pueden manejar dos ciclos al año tienen estrategias diferentes según el tipo de acceso al agua (los agricultores en las zonas regadas con agua de pozo pueden diversificar su producción con forrajes o hortalizas). El 83.1% de las superficies regadas por el distrito de riego 011 es consagrado a cultivos de cereales.

La sucesión cultural más común entre los agricultores de la zona es el que une la producción de cebada o trigo en OI y maíz en PV. Para el ciclo PV se dejan o se queman los residuos de cosecha del trigo o de la cebada y se siembra maíz o sorgo en siembra directa en surcos de 75cm de ancho mientras que después de la cosecha del ciclo PV, los residuos de cosecha son empacados y exportados. Luego se aplica la labranza tradicional que consiste en 1 rastra seguida por 1 barbecho y 2 o más rastras antes de sembrar y hacer las rayas. Los cultivos de trigo o cebada suelen hacerse en camas anchas (160cm) y necesitan 3 o 4 riegos mientras que el maíz o el sorgo solo necesitan un riego a la siembra porque se hacen en estación de lluvias.

### 1.1.4 La crisis del uso del agua

El estado de Guanajuato forma parte de la cuenca Lerma-Chapala. El Río Lerma, río más importante de la zona central de la República Mexicana, cruce el estado antes de desembocar en el lago Chapala (estado de Jalisco). Un acuerdo entre los cinco estados de la cuenca reglamenta la distribución del agua entre los varios usuarios desde 1989 (agricultura y abastecimiento en agua de la ciudad de Guadalajara, segunda ciudad del país). La prioridad de este acuerdo tal como aparece en los textos es preservar el ecosistema del lago manteniendo su nivel de agua, lo que se logra a menudo en detrimento de los agricultores.

Hoy en día, el problema de la renovación de los recursos subterráneos es más y más presente y la cuenca de Lerma-Chapala, en la cual se sitúa el Bajío Guanajuatense, es una de las más representativas de la sobre explotación del agua subterránea.

Según cifras de la CEASG (Comisión Estatal del Agua y Saneamiento de Guanajuato) de 1988 la diferencia entre la extracción y la recarga llegaría a 704.2 Mm<sup>3</sup> y los problemas más importantes estarían concentrados en el estado de Guanajuato: sobre 19 acuíferos, 18 estaban en déficit hídrico es decir un total de - 780 Mm<sup>3</sup>. Además, según Castellanos y C. (2000), esta situación parece empeorarse: en el Estado de Guanajuato, 4 153 Mm<sup>3</sup> de agua fueron consumidos por año, de los cuales 87,2% fueron destinados al uso agrícola, 1 416 Mm<sup>3</sup> tenían un origen superficial y 2 737 una origen subterránea. Concerniendo las aguas subterráneas, el déficit hídrico alcanzaría por año 851 Mm<sup>3</sup> (100 Mm<sup>3</sup> más que en 1988).

Esta situación se puede explicar en particular por la existencia en el Estado de la densidad de pozos más alta del país 16 600 (de los cuales 3000 son ilegales) (*Vargas Velazquez., 2000*).

A este problema de recarga de los acuíferos se tiene que añadir otro problema muy preocupante, el de la contaminación supuesta del agua superficial y de los acuíferos por las aguas usadas « aguas negras » y las aguas residuales de los cultivos (escurrimiento, lixiviación).

Además de estos aspectos ecológicos, en un contexto global de crecimiento económico y demográfico, la presión política del gobierno es muy fuerte para que la agricultura ceda agua a los otros sectores.

### 1.1.5 La fertilización nitrogenada

Uno de los mayores cargos de gasto en el cultivo de cereales del Bajío Guanajuatense es el uso de fertilizantes nitrogenados. Así, si nos referimos a un reporte del proyecto CIMMYT-FIRA de agosto 2000 (Triomphe B., Jourdain D., Areola Tostado J.M.), el promedio de la dosis de nitrógeno aplicado para el ciclo OI en una muestra de 20 parcelas en el Estado de Guanajuato es de 282 unidades por hectárea, lo que es bastante alto. Así, aunque las empresas vendedoras de fertilizantes (Tepeyac, Olmeca, Cosmocel) parecen recomendar una aplicación promedia de 250 unidades de nitrógeno por hectáreas, una gran parte de los agricultores suelen añadir una dosis más alta. Según los agricultores con quien discutimos y sus experiencias, si no se aplica una dosis elevada de nitrógeno los rendimientos son muy bajos, si nos referimos a una encuesta que realizamos con socios del pozo 17 en Valle de Santiago y otros agricultores del módulo de Valle de Santiago (anexo 1), las dosis pueden alcanzar más de 450 unidades por hectáreas.

Tradicionalmente se aplican 2 o tres fertilizaciones. En labranza tradicional, la aplicación de amoníaco antes de la siembra es muy común. Luego se aplica una fertilización a la siembra y otro sobre abonada antes del primer riego de auxilio.

La hipótesis es que se necesita aplicar tanto nitrógeno porque una gran parte se pierde en profundidad junta con el agua que se pierde por drenaje.

## 1.2 El programa ASOSID

(Según Boutin, 2002)

### 1.2.1 Generalidades

En ese contexto de crisis económica y ambiental que amenaza la agricultura del Bajío, el proyecto ASOSID tiene como objetivo contribuir al surgimiento de una agricultura económicamente y ambientalmente sostenible gracias a la difusión y a la ayuda de las técnicas a base de siembra directa sobre cobertura vegetal (SCV) constituida por los residuos de cultivo.

#### a) Ventajas de la difusión de las SCV

Entre muchas ventajas conocidas de la SCV, podemos distinguir en particular las siguientes que son:

- **Protección del medio ambiente**

- Reducción del consumo de agua de riego gracias al mejoramiento de la capacidad de infiltración, a la disminución de la evaporación y a un mayor almacenamiento de agua en el suelo, lo que podría redondear en una menor degradación de los acuíferos;

- Mejoramiento de la calidad de los suelos gracias al aumento de la materia orgánica y a la protección contra la erosión en fin de reducir el consumo de fertilizantes y así evitar la contaminación del manto freático vinculado al escurrimiento y a la lixiviación.

#### ▪ **Ventajas económicas**

-Reducción de los costos de producción (reducción del trabajo del suelo, del consumo de agua...) para que los productores queden competitivos en un mercado que va globalizándose con precios cada vez más bajos.

#### b) Los temas desarrollados en el proyecto

Inicialmente el proyecto se estructuró al rededor de 5 temas:

- Difusión de la tecnología ASOSID;
- Capacitación de técnicos y productores a la nueva tecnología y a la metodología de la siembra directa;
- Apoyo técnico a los productores;
- Organización de los productores;
- Investigación.

Desde octubre del 2002, todas las actividades se aglutinaron en 2 componentes: investigación por un lado, y asistencia técnica y difusión por el otro.

### 1.2.2 El componente de investigación

#### a) Marco de trabajo

Aunque la difusión de la siembra directa fue iniciada desde el final de los años 80 por el gobierno Mexicano, existen todavía dudas importantes en cuanto a como manejar adecuadamente las grandes cantidades de residuos producidas en cada ciclo o en como adaptar los otros componentes del riego, y en especial el riego.

Con el fin de desarrollar las técnicas y los conocimientos útiles sobre la siembra directa en las condiciones agro climáticas del Bajío Guanajuatense, se estableció una red de experimentos controlados en el marco del proyecto. Esos experimentos están establecidos en parcelas de tres agricultores: Guadalupe Pérez, Arturo Aboytes y Samuel Aguilera, y bajo la dirección de Marcos Peñalva.

#### b) Objetivos específicos

- Adaptar y desarrollar en predios de productores, y en constante intercambio con ellos, tecnologías que permitan establecer con éxito prácticas ASOSID, y específicamente, sistemas de siembra directa sobre rastrojos, en diferentes condiciones productivas (principalmente tipo de acceso y fuente de agua, y tipo de suelo) y económicamente (pequeñas y medianas propiedades).

- Cuantificar procesos biofísicos que ocurren en el sistema de siembra directa sobre rastrojos en las condiciones edafoclimáticas del Bajío, y que sirvan de base para el entendimiento y desarrollo de las tecnologías.
- Servir de soporte para la capacitación y difusión de tecnologías ASOSID a través de presentaciones de resultados en días de campo, intercambios con productores, giras, cursos, talleres, charlas y material escrito.

c) Los ensayos controlado

(Según M. Peñalva, B. Triomphe, nov. 2002)

- **Selección de las parcelas**

Se eligieron a 3 productores con sus respectivas parcelas: Guadalupe Pérez Guerrero (Ejidatario del Módulo de Valle), Ing. Agr. Arturo Aboytes (Pequeño propietario del Módulo de Cortazar) y Samuel Aguilera (Pequeño propietario del Módulo Irapuato), según varios criterios

- **Factores de estudio**

De acuerdo a las necesidades manifestadas por los productores y por el mismo proyecto ASOSID, se identificaron varios factores de estudio.

Dichos factores, se pretende agruparlos en lo que sería el experimento “central” y experimentos “satélite”. En el experimento “central”, se pretende estudiar factores de los que se piensa tener resultados en el mediano y largo plazo (2 años o más). En los experimentos “satélite”, se estudiarían factores que se supone pueden tener resultados confiables en el corto plazo (1 o 2 ciclos). Los factores se han agrupado según el criterio anterior como sigue:

- Factores para Experimento “Central”

- { Cantidad de rastrojos en superficie (0% vs. 30% vs. 100%)
- { Pata sin desvarar Vs. Desvarado después de la siembra (con 100 % de rastrojos)
- { Cama angosta Vs. Cama ancha
- { Fertilización (dosis)
- { Rotación de cultivos

- Factores para Experimentos “Satélite”

- { Trituración de rastrojos (siembra en pata sin desvarar Vs. desvarar y sembrar)
- { Densidad de siembra (alta Vs. baja)
- { Remarcado de surcos (con remarcado Vs. sin remarcado)
- { Fertilización (fraccionamiento: 2 aplicaciones Vs. 3 aplicaciones)

- **Tratamientos**

Se establecieron alrededor de 10 a 12 tratamientos incluyendo testigo, determinados con base en combinaciones de los factores mencionados anteriormente. En definitiva, el número de tratamientos dependerá de la capacidad de implementarlos teniendo en cuenta el área del terreno para experimentación, la capacidad de riego y maquinaria disponible.

En términos de testigos, se tendrán 2 opciones:

1. Testigo de la zona: será la práctica común de la zona donde está el predio.
2. Testigo del productor: será la práctica común del agricultor (si difiere significativamente de la práctica común de la zona).

Los tratamientos propuestos son representados en los mapas de los ensayos: anexos 2 y 3

Los tratamientos de fertilización se harán como sub.-parcelas de las parcelas principales.

Cf. mapas de los ensayos de Guadalupe Pérez y Samuel Aguilera en anexo 2 y 3

#### ▪ **Variables a medir**

Cf. Anexo 4

Se van a analizar varios factores en relación con rastrojos, desarrollo del cultivo, condiciones de desarrollo del cultivo, uso del Agua, aspectos climáticos, aspectos económicos etc. Nuestro trabajo permite añadir informaciones en el marco del estudio del uso del agua en estas parcelas y de la fertilización.

### **1.3 El estudio: objetivos**

Como lo hemos visto en este capítulo, la disminución del consumo de agua aparece como una prioridad para la durabilidad de la agricultura. Sin embargo, aunque se admite que este insumo es muy mal gastado, no existe datos precisos sobre la eficiencia de los riegos.

- El primer objetivo de nuestro estudio fue averiguar cual es la eficiencia de uso del agua de riego. Para este fin se decidió comparar la eficiencia del riego con diferentes tipos de preparación del suelo (labranza tradicional vs. Siembra Directa) y diferentes cantidades de residuos (100% vs. Empacado), con el propósito de cuantificar la contribución de la siembra Directa al ahorro de agua.
- El segundo objetivo fue explorar de manera preliminar si existe una relación entre la eficiencia de uso de nitrógeno y las láminas de riego aplicadas. De manera específica, quisimos caracterizar la presencia de nitrógeno inorgánico en el perfil del suelo y su posible lixiviación a raíz de la aplicación del riego.
- El tercer objetivo fue caracterizar las prácticas de riego de los agricultores, para poder relacionarlas con la eficiencia del riego.

Para lograr los objetivos 1 y 2, la mayor parte de este estudio se realiza en dos de los tres ensayos controlados mencionados anteriormente.

## **2 Presentación del estudio (materiales y métodos)**

### **2.1 Generalidades**

#### **2.1.1 Eficiencia de los riegos y de la fertilización nitrogenada**

Aprovechamos de los ensayos controlados en Irapuato y en Valle de Santiago para caracterizar cuantitativamente los riegos y la fertilización nitrogenada en función del manejo de los residuos. En cada ensayo, se tomaron mediciones en las dos repeticiones de tres tratamientos : un tratamiento donde se había barbechado (con 100% de residuos desvarado),

otro donde se había empacado los residuos pero sin preparación del suelo, y el último donde se había dejado el 100% de los residuos.

Para evaluar la eficiencia de los riegos, se tiene que juntar dos tipos de eficiencia : la eficiencia hidráulica, la cual depende únicamente de la infiltración del agua en la tierra puede determinarse mediante modelización, y la eficiencia agronómica, la cual depende de las características de las plantas y del clima y puede determinarse mediante el establecimiento de un balance hídrico.

En cuanto a la fertilización nitrogenada, se analizaron diferentes muestras de suelo para determinar la cantidad de nitrógeno presente hasta los 90 cm de profundidad.

### 2.1.2 Análisis cualitativo de las prácticas de manejo del agua

Otra parte del estudio consiste en entender como se suele manejar el agua a lo largo del cultivo. Para lograr este entendimiento, decidimos estudiar diferentes parcelas de un mismo pozo, en efecto, esto facilita el seguimiento de los riegos ya que los agricultores riegan uno después del otro.

Seleccionamos parcelas representativas de un pozo del Bajío según el criterio del manejo de los residuos, y pudimos entrevistar a diferentes regadores y agricultores los cuales nos explicaron como manejaban el agua.

## 2.2 La modelización para determinar la eficiencia de los riegos

Los criterios regularmente utilizados para caracterizar la eficiencia del riego son (B. Lidon, 2002):

- la uniformidad del riego definida como la razón entre la altura media de agua infiltrada en el cuarto de la área menos regada y la altura media de agua infiltrada en la totalidad de la parcela
- y la eficiencia en la parcela definida como la razón entre la media de altura de agua aplicada en la profundidad de suelo explorada por las raíces y la media de agua aplicada en toda la parcela.

En nuestro estudio se trata de determinar la eficiencia de los riegos con el propósito ulterior de mejorarla si se puede. Este trabajo se hace con los agricultores, entendiendo sus prácticas de riego y viendo con ellos como se pueden modificar.

Tomando en cuenta la complejidad de los fenómenos y de las interacciones entre los diferentes parámetros (turnos de agua, dosis aplicada, necesidades en agua de los cultivos, condiciones del suelo antes del riego, características de los surcos, gasto...) en el caso del riego por gravedad en el Bajío, la modelización parece ser un medio eficaz para caracterizar, razonar y mejorar las prácticas de riego.

Los modelos utilizados tienen que evaluar las prácticas de riego y analizar sus impactos en la producción agrícola y la eficiencia hidráulica a la escala de la parcela, y, al mismo tiempo, evaluar los riesgos de pérdidas excesivas de agua en profundidad sinónimas talvez de lixiviación de nitrógeno.

Para lograr estos objetivos, se necesita acoplar un modelo simulando el proceso avance-infiltración del agua y un modelo de balance hídrico del cultivo.

### 2.2.1 La eficiencia hidráulica, presentación del modelo RAIEOPT

Para determinar la eficiencia hidráulica de los riegos usamos una adaptación de RAIEOPT (Mailhol, 1992; Mailhol, 2001). Se distinguen en el suelo dos depósitos de agua distintos, el primero corresponde a la macro porosidad, o grietas, característica de los vertisols, que se emplean instantáneamente, y el segundo depósito corresponde a la micro porosidad, en el cual el agua circula en función de la velocidad de infiltración.

La ley de infiltración acumulada usada es la siguiente :  $I = B + C_s \cdot t$  en la cual I corresponde a la dosis infiltrada acumulada ( $l \cdot m^{-1}$ ), B el volumen instantáneo del agua infiltrada por unidad de longitud del surco ( $l \cdot m^{-1}$ ),  $C_s$  la infiltración estabilizada ( $l \cdot m^{-1} \cdot mn^{-1}$ ), y t el tiempo de infiltración. Esta versión lineal simplificada de ley de infiltración dió resultados empíricos satisfactorios con vertisols (Mailhol, 2001).

Ese modelo permite simular el avance del agua a lo largo de los surcos: da una solución del avance del agua en los surcos en función de las características del suelo y de la geometría del surco. Gracias a esta simulación, y ajustando el modelo para que se acerque lo más posible de la realidad, se pueden determinar los coeficientes de infiltración  $C_s$  y B (se hacen variar el  $C_s$  y el B para que la diferencia entre los datos sacados al campo y los datos de la simulación sea la más pequeña posible).

Luego el modelo permite hacer propuestas de manejo del riego mas eficientes y tambien a más largo plazo puede ser un instrumento de toma de decisión para el riego: coplado con un modelo de balance hídrico permite decidir de las fechas de riego y del manejo adecuado para cada riego (pareja tiempo-gasto) pero eso necesita una primera calibración del modelo; lo que es el propósito de este estudio.

Para la simulación, se necesita conocer la humedad del suelo antes del riego, el  $C_s$  (es necesario delimitarlo entre dos límites de +20% y -20% porque es vinculado con el B) medido como explicado más abajo (2.3.1.a), las características de los surcos con la hipótesis que son de forma trapezoidal, la pendiente de los surcos, el gasto en cabeza de surco, la rugosidad del surco (ver abajo 2.3.1.d) y las mediciones del avance del agua por surco cada quinta parte del surco para ajustar la solución del modelo. Con esto, se determine un B y  $C_s$  para el suelo con un perfil de infiltración del agua a lo largo de cada surco, las dosis bruta y neta aplicadas, la eficiencia hidráulica del riego.

Los datos obtenidos para cada surco están tratados independientemente para analizar la variabilidad entre ellos.

### 2.2.2 La eficiencia agronómica

No solo se trata de evaluar las pérdidas de agua por drenaje o en fondo de parcela sino también de evaluar la eficiencia del riego en cuanto a satisfacción de las necesidades del cultivo según su estado fenológico. Juntando los resultados del modelo hidráulico con los de un modelo de balance hídrico del cultivo, obtenemos la eficiencia agronómica del riego.

Se pueden conocer las necesidades en agua del cultivo gracias a datos accesibles en estaciones agro climáticas de la zona (Villa Diego para Valle de Santiago por ejemplo). El modelo hidráulico nos da la dosis de agua infiltrada, acoplándola con un balance hídrico podemos saber si fueron satisfechas las necesidades del cultivo.

## 2.3 Protocolos de medición en los ensayos controlados

Tabla 1: Tabla sintética de los datos medidos



<b>Datos medidos</b>	<b>Cuando</b>	<b>Como</b>	<b>Donde</b>
<b>Seguimiento de los riegos</b>			
Cs	Independiente del ciclo, suelo saturado, después del primer riego	Cuadros de hierro, tiempo de infiltración	Una vez por parcela
Pendiente	Independiente del ciclo, suelo seco, después del primer riego	Nivel	3 veces por surco entre cada estaca en cada surco estudiado para el riego
Residuos	Antes del ciclo	Recogida	3 veces (cabeza, medio, fin) por clase de surco
Análisis de suelo	Antes del ciclo	Muestra compuesta. Análisis para 0-15, 15-30, 30-60, 60-90 cm de profundidad	Una vez por parcela
Humedad del suelo	Antes de cada riego (1 día max)	Muestras compuestas para 0-15, 15-30, 30-60, 60-90 cm de profundidad	En cada tratamiento, cabeza, medio y fin de parcela
Características de los surcos	Antes de cada riego (1 día max)	Sección trapezoidal	En cada tratamiento, cabeza, medio y fin de parcela
Etapas fenológicas	Antes de cada riego (1 día max)	Altura de plantas y número de hojas	En cada tratamiento, 3 surcos, cabeza, medio y fin de parcela
Avance del agua	Durante cada riego	Tiempo de llegada del agua a cada quinta parte de los surcos	En cada tratamiento, 15 surcos para Samuel, 6 para Lupe
Gasto del pozo	Durante cada riego (cada 30 min)	Medidor volumétrico	Valvula
Rugosidad	Durante cada riego	Altura del agua en el surco	En cada surco estudiado, a 10m de las compuertas
<b>Seguimiento del nitrógeno mineral</b>			
Nitrógeno total y nítrico	Antes de la primera fertilización	Muestras compuestas para 0-15, 15-30, 30-60, 60-90 cm de profundidad	En cada tratamiento
Nitrógeno mineral	15 días después de cada riego	Muestras compuestas para 0-15, 15-30, 30-60, 60-90 cm de profundidad	En cada tratamiento, en cabeza, medio y fin de parcela

### 2.3.1 Seguimiento de los riegos

Todas las mediciones descritas se hacen en cada tratamiento de cada ensayo controlado, en los surcos estudiados excepto el Cs que se mide una vez por ensayo. (ver anexo 5 y 6 de mediciones realizadas).

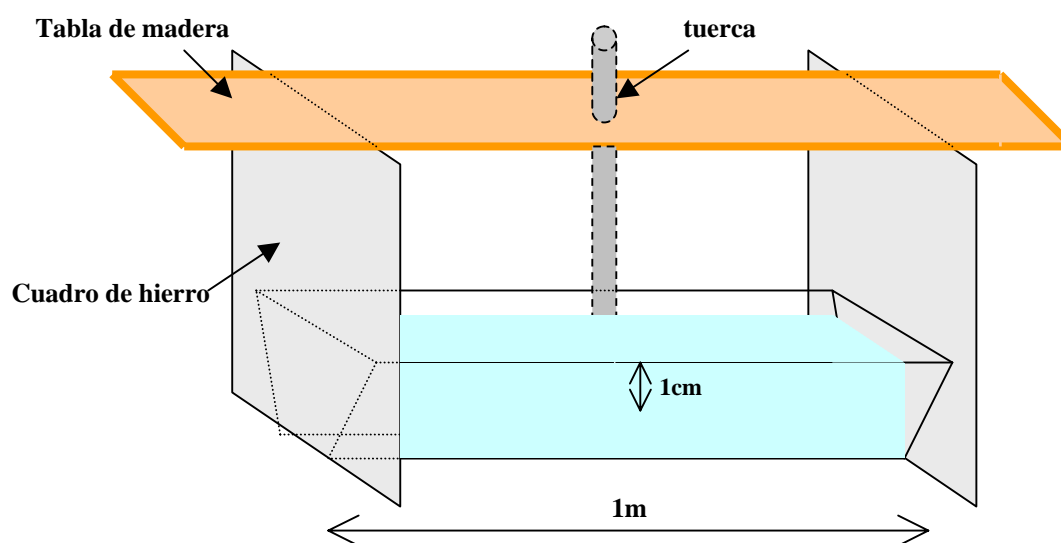
a) Medidas independientes del ciclo

▪ **Delimitar el Cs**

Los parámetros B y Cs del modelo RAIEOPT son relacionados y calculados por el modelo gracias a la simulación del avance del agua y a su ajuste con los datos de campo, es necesario pues poder delimitar uno de estos dos factores para evitar hacer errores demasiados importantes en sus cálculos por el modelo.

Se puede delimitar el Cs del suelo de cada parcela, con una media de diferentes medidas y dos límites de  $+ o - 20\%$ .

Con dos cuadros de hierro se cierra un surco (uno de los surcos en lo cual vamos a seguir el avance del agua) sobre una distancia de un metro de largo. En esta sección se satura el suelo con agua, cuando ya esta saturado, se mide el tiempo que necesita el agua para ser absorbida gracias a una regla perpendicular al suelo (cuando el nivel del agua baja de un cm, se añade mas agua, midiendo cada vez el volumen añadido y el tiempo de absorción). Esta medida se repite por lo menos tres veces. Se considera que es necesario hacer mediciones durante 12 horas por lo menos para tener una estabilización satisfactoria de la infiltración.



▪ **La pendiente**

Después de haber visto la gran irregularidad de la pendiente en los surcos, hemos decidido sacar más datos que lo previsto antes (uno cada 5 metros en cada surco seguido durante el riego en cada tratamiento en las dos parcelas de ensayos controlados) para tener una mejor representatividad de este parámetro importante para la simulación. Utilizamos un nivel óptico prestado por el distrito de riego 011 para la parcela de Samuel Aguilera y un nivel con láser prestado por el módulo de riego de Valle para la parcela de Guadalupe Pérez.

## b) Mediciones antes del ciclo

### ▪ **Residuos**

#### - Recubrimiento por los residuos:

Se evalúa visualmente el recubrimiento del suelo por los residuos en cada surco, luego se agruparon los surcos en clases homogenas en función del % estimado de recubrimiento estimado. En cada clase elegimos un surco en el que la cantidad de residuos se midió en 3 sitios : cabeza, medio y fin de parcela. Cada vez, tomamos una foto para ilustrar. Típicamente, las clases obtenidas en una parcela dada fueron 2, la clase 1 correspondiendo a un recubrimiento superior a 90% y la clase 2 a un recubrimiento entre 40 y 90%.

#### - Cantidad de residuos (g/m<sup>2</sup>) :

Es el peso seco de residuos (g/m<sup>2</sup>). Los residuos son sacados con tijeras en una superficie de 0,5m x 1,5m en el caso de la parcela de Samuel Aguilera o 0,5m x 1,6m en el caso de la parcela de Guadalupe Pérez (superficie necesaria para cubrir fondo y parte alta del surco o de la melga) en los lugares donde se sacaron las fotos. En cada sitio se pesa la totalidad de los residuos extraídos (peso húmedo) y se saca una muestra que ser'a secada en laboratorio (estufa a 75°C durante 48 horas en bolsas de papel). De la humedad calculada en laboratorio se deduce el peso seco de residuos presentes en la parcela en g/m<sup>2</sup>.

**Clase 1: más de 90% de recubrimiento**



**Clase 2: entre 40 y 90% de recubrimiento**



### ▪ **Análisis de suelo**

Para hacer el balance hídrico y nitrogenado de las parcelas y calcular la eficiencia de riego y de fertilización nitrogenada necesitamos conocer las características de los suelos antes del inicio del ciclo OI:

- Composición del suelo (Arcillo, Limo, Arena),
- punto de machitez permanente,
- capacidad de campo,
- densidad aparente,
- materia orgánica,
- proporción de nitrógeno total y de nitrógeno nítrico

Este análisis se hace sobre muestras de suelo de 0 a 30 cm de profundidad. En cada parcela se saca tierra en diferentes lugares (mínimo 10), elegidos al azar.

c) Mediciones antes de cada riego

▪ **Humedad del suelo**

Esta medición permite conocer el estado hídrico del suelo antes de regar.

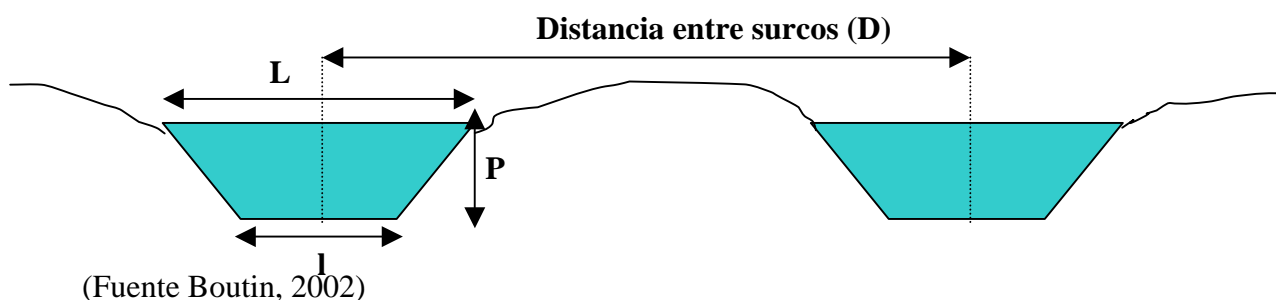
Principio del método gravimétrico : la totalidad de la tierra de las muestras sacadas en cada parcela son pesadas húmedas y después secadas en estufa en latas de metal o en papel aluminio si la cantidad de tierra es demasiado importante para caber en una lata durante 48h a 110° C y pesadas de nuevo. También se pesan las bolsas de plástico que contenían la tierra húmeda y luego secas después de haber secado al aire libre para tomar en cuenta el agua que se condensa en las bolsas. Obtenemos entonces la humedad ponderal del suelo (HP en % o g por 100g).  $HP = (Ph - Ps) / Ps$

Se sacan las muestras en uno de los surcos que estudiamos en el medio de la parcela antes del primer riego. Antes de los riegos siguientes se sacarán también muestras en medio y fin de la parcela para tomar en cuenta la supuesta variabilidad de estado hídrico del suelo en la parcela (más agua infiltrada en cabeza de surco que en medio y en fin de parcela pero en fondo de surco se acumula bastante agua debido al manejo del riego en surco cerrado). En cada sitio se sacan 4 muestras compuestas de 3 sitios en cabeza, 3 en medio y 3 en fin para representar toda la zona prospectada por las raíces y el efecto de los residuos (0-15, 15-30 cm ; 30-60 cm; 60-90cm).

Las extracciones se hacen el día antes o el día mismo del riego. La tierra es sacada en el centro de los surcos, las muestras son puestas en bolsas de plástico estancas bien cerradas y tienen el nombre del productor, la fecha, la localidad, la identificación de la parcela, el sitio de la muestra y la profundidad . Las bolsas se conservan y transportan en una caja estanca también para evitar pérdidas de agua hasta el momento del pesaje.

▪ **Características de los surcos**

- Longitud de surcos (cinta métrica de 100m); del tubo de compuertas o del canal hasta el fondo de la parcela.
- Distancia entre surcos (D): promedio de las distancias medidas entre 10 surcos vecinos del medio de un surco al medio del surco siguiente.
- Tres medidas determinan el perfil de los surcos: Ancho superior (espejo, L), ancho inferior (plantilla, l) y tirante o profundidad (P). Cada una de estas dimensiones son medidas en 10 surcos vecinos, se hace un promedio de los 10 valores para determinar las características de los surcos.



Se hacen estas mediciones en cada surco a 10 metros, donde se mide la altura del agua durante el riego para determinar la rugosidad de los surcos. También se miden las características de los 4 surcos en medio y fin de parcela.

- **Etapa fenológica**

En 3 surcos o melgas de cada tratamiento se mide la altura y se cuentan las hojas del tallo principal en 5 plantas en cabeza, medio y fin de parcela.

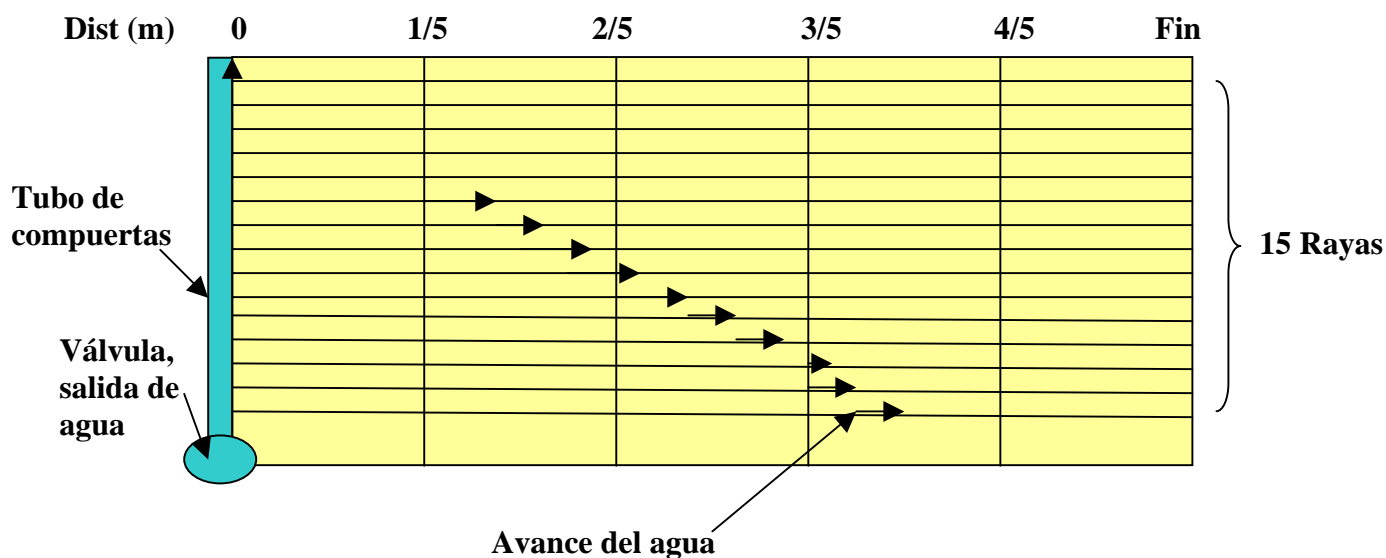
- **Estimación de las grietas**

Si se notan grietas, se hacen fotos en cabeza, medio y fin de parcela en las rayas representativas de la parcela.

d) Seguimiento del riego

- **Avance del agua**

Seguimos 15 surcos en medio del tratamiento (el primer surco seguido es el octavo del tratamiento empezando del lado del hidrante) en la parcela de Samuel Aguilera y todos los surcos en el caso de la parcela de Guadalupe Pérez (solo son 6 melgas, pues 7 surcos por tratamiento).



(Fuente, Boutin, 2002)

Gracias a estacas unidas con cuerdas, se delimitan las 5 líneas en las que tomaremos las mediciones. Cada surco tiene su número en una etiqueta colgada a la cuerda para identificarlo.

Para cada surco se apunta la hora de llegada del agua en cada punto.

- **Gasto del pozo**

Un medidor volumétrico está colocado a la salida de la válvula. Se apunte el volumen de agua cada media hora.

- **Rugosidad de las rayas**

La fórmula de Manning-Strickler pone en relación gasto y altura de agua, para una forma de sección dada:  $Q = \frac{A_0}{n} \cdot \sqrt{S_0} R_h^{0.667}$ , donde  $S_0$  representa la pendiente,  $n$  la rugosidad de la superficie, y  $R_h$  le radio hidráulico.

Entonces se mide la altura del agua en cada surco a 10 metros de los tubos de compuertas (distancia suficiente para no tomar en cuenta las perturbaciones en cabeza de parcela).

Conociendo las características de los surcos en este punto, se deduce la rugosidad.

e) Mediciones justo después del riego, para el segundo y el tercero riego

- **Profundidad de las raíces**

Se mide después del riego cuando el suelo esta saturado en agua. Existen diferentes protocolos de medición: fosa, muestra de perforación o inyección de herbicida. No se pudo hacer durante esta práctica porque se atrasaron los segundos riegos y nos fuimos antes de poder hacer esta medición.

### 2.3.2 Seguimiento del nitrógeno mineral

- **Antes de la primera fertilización**

Medidas de los hallazgos de nitrógeno: análisis de muestras de suelo entre 0 y 90 cm. En 10 lugares determinados al azar en cada tratamiento se sacan muestras de 0 a 15 cm, de 15 a 30 cm, de 30 a 60 cm y de 60 a 90cm para conocer la proporción del nitrógeno total y del nitrógeno nítrico en estas profundidades.

(Ver Anexo 7: Protocolo de determinación de la cantidad de Nitrógeno en el suelo utilizado en Villa Diego).

- **15 días después de cada riego**

Medición del nitrógeno mineral presente entre 0 y 15 cm, 15 y 30 cm, 30 y 60 cm y 60 y 90cm según el mismo protocolo que descrito en el anexo 7.

Se sacan 3 muestras compuestas: de 6 sitios en cabeza de parcela, 6 sitios en medio y 6 en fin de parcela en cada tratamiento. Luego se analizan en laboratorio y se aprovecha el análisis para conocer la humedad de la tierra en el momento del muestreo.

- **A la cosecha (ya no estamos)**

- Mediciones de materia seca y de la cantidad de nitrógeno en las pajas y las semillas, a la cosecha en cabeza medio y fin de parcela para cada tratamiento.

- Rendimiento.

## **2.4 Metodología usada para el estudio del pozo 17**

### 2.4.1 Modificación del estudio

Inicialmente, con el fin de caracterizar el riego en función de las diferentes prácticas agrícolas (gestión de los residuos y preparación del suelo) y sus consecuencias sobre la fertilización nitrogenada, habíamos pensado darle seguimiento a diferentes parcelas al rededor de un pozo colectivo.

Sin embargo, decidimos en un segundo tiempo concentrar nuestro estudio sobre los ensayos controlados para poder interactuar e integrarnos mejor con el equipo de investigación de ASOSID.

El protocolo que se siguió se limitó a la determinación de la lámina bruta aplicada y a entrevistas con los regadores.

### 2.4.2 Selección de las parcelas

La primera etapa consistió en la selección del pozo en el cual íbamos a trabajar. Ya que Sarah Janaud, otra estudiante vinculada con el equipo de investigación de ASOSID realizaba un estudio socio-económico del funcionamiento de 4 pozos, pareció interesante coincidir con ella sobre un pozo en fin de añadir nuestros datos y observaciones agronómicas a sus datos socio-económicos. Sarah Janaud pues necesitaba trabajar en un pozo de más de 15 socios. Además, para facilitarnos el trabajo, teníamos que encontrar un pozo cerca de uno de los dos ensayos controlados. Como teníamos muchos contactos en el módulo de Valle de Santiago, decidimos buscar en esta área. Así, después de varias entrevistas con responsables de pozos seleccionamos el pozo 17 de Valle de Santiago.

La segunda etapa era seleccionar parcelas abastecida por este mismo pozo. Gracias a la realización de entrevistas con todos los socios del pozo, pudimos evaluar la variabilidad de los itinerarios culturales y de este modo elegir las parcelas que íbamos a seguir. Ya que al principio queríamos realizar un estudio completo de la eficiencia de los riegos y de la fertilización nitrogenada según las prácticas culturales, los criterios elegidos fueron la preparación del suelo y las diferentes dosis de fertilizantes aplicadas. Los resultados de estas entrevistas son dados en el anexo 1. En todos los casos, los agricultores trabajan con la labranza tradicional (antes de la siembra, pasan una rastra, barbechan y pasan dos rastras más), los parámetros que difieren son la gestión de los residuos y las dosis de nitrógenos aplicadas.

Hemos seleccionado un total de 5 parcelas (restricción de tiempo), dos parcelas en las cuales los productores habían dejado los residuos y tres parcelas en las cuales los residuos habían sido empacados, para una misma gestión de los residuos, las parcelas difieren por la dosis de fertilizante.

A estas parcelas se añade otra parcela de Guadalupe Pérez en siembra directa.

Muestra para Caracterizar los riegos						
Núm. Parcela	Nombre Agr.	Residuos	Trabajo suelo	Unidades de N	Nivelación	N° Pozo
9	Nicola Bravo	D	T	350	Laser -1	P 17
	Ramiro Torres	D	T	350	Laser -1	16
15	Rafael Martinez	D	T	558	Laser 0	17
11	Ramiro Torres	E	T	368	Laser -1	17
18	Fernando Arredondo	E	T	405	Laser -1	17
3	Sixtos Acosta	E	T	425	Escrepa	17
com 2,5	Guadalupe Perez	D	SD	?	Mala	9

D = Dejados ; E = Empacados ;

T = tradicional = 1 Rastra + 1 Barbecho + 2 Rastras ; SD = Siembra Directa

Nicola Bravo puso el amoniaco demasiado temprano para que podamos hacer los análisis de suelo en su parcela a tiempo. Entonces en vez de su parcela hemos elegida otra parcela de Ramiro Torres en otro pozo y en la que también dejó todos los residuos y va a aplicar las mismas dosis de fertilizantes que en su parcela del Pozo 17.

### 2.4.3 Protocolo

El trabajo en el pozo consistió sobre todo en una buena comprensión de las prácticas de riego. Cuando cada parcela seleccionada era regada, íbamos a hablar con el regador para que nos explique como manejaba el agua.

También hemos entrevistado a los agricultores para conocer sus prácticas en cuanto a densidad de siembra y fertilización nitrogenada.

## 3 **Análisis del estudio cualitativo realizado en el pozo**

### 3.1 Características de los pozos

El Pozo 17 y el pozo 9 (de Guadalupe Pérez) son de 8 pulgadas. El Pozo 9 dio un gasto promedio de 23 L/s y el gasto del pozo 17 será medido por Sarah en el marco de su estudio.

En los dos casos la tubería utilizada es de 6 pulgadas. Cada tubo mide 6 metros. En el caso del Pozo 17, las compuertas están a una distancia de 1 metro mientras que en el caso de Guadalupe Pérez, están a una distancia de 75 centímetros.

En el pozo 17, se puede entregar la mitad del agua (2 socios riegan al mismo tiempo , cada uno con la mitad del gasto del pozo). Cuando un socio está acabando de regar su parcela, y que solo tiene que regar algunos surcos (10), entrega una parte del agua al socio del turno siguiente; este puede entonces empezar el riego en su parcela. Igual en el caso del pozo de Lupe, dos parcelas pueden ser regadas al mismo tiempo.

### 3.2 Tiempo de riego

No se pudo medir el gasto de los pozos 17 y 16 porque los medidores volumétricos estaban ocupados en los ensayos controlados. Sin embargo, Sarah tiene previsto de medir el gasto del pozo 17 para su estudio.



### **3.3 Encuestas con regadores**

Durante el riego de siembra, hemos seguido a varios regadores en fin de caracterizar las diferentes prácticas para el manejo del agua. La mayoría de nuestras observaciones se hicieron en el Pozo 17, pero también en los ensayos controlados de Samuel Aguilera y Guadalupe Pérez.

### **3.4 Prácticas observada en el Pozo**

#### **3.4.1 Problemas encontrados para el riego**

Según todos los agricultores y regadores encontrados, el riego de siembra es el más difícil que manejar ya que la tierra no se remoja bien. Entonces es necesario poner un gasto mínimo en cabeza de parcela para que el agua avance lo más despacio posible y tenga suficiente tiempo para remojar la tierra a los lados de las rayas. Si el gasto es demasiado alto, la velocidad del agua en las rayas es demasiada alta lo que impide la infiltración lateral cerrando la porosidad de la tierra. Aún imponiendo un gasto mínimo en las rayas, cuesta para bien remojar la tierra en las partes altas y centrales de los surcos y si estas partes no se mojan bien, después la cebada no nace. Este problema aumenta en el caso de las parcelas barbechadas ya que las rayas son más profundas (problema para mojar las partes altas) y en los lugares dónde da vuelta el tractor por que la tierra queda más compactada lo que limite la infiltración lateral. Entonces se maneja un sistema de tornas (presas de tierra en medio de las rayas para detener el agua y hacer que se infiltre lateralmente).

Existe una diferencia importante entre regar con o sin tubería de compuertas, en efecto, las compuertas permiten regular más fácilmente el gasto en cabeza de cada surco.

#### **3.4.2 Parcelas regadas sin tubos de compuertas**

Antes del riego, la parcela se prepara delimitando 2 canales en cabeza de parcela y 2 en el fondo de la parcela; estos canales permiten manejar el agua a lo largo del riego. (ver plano).

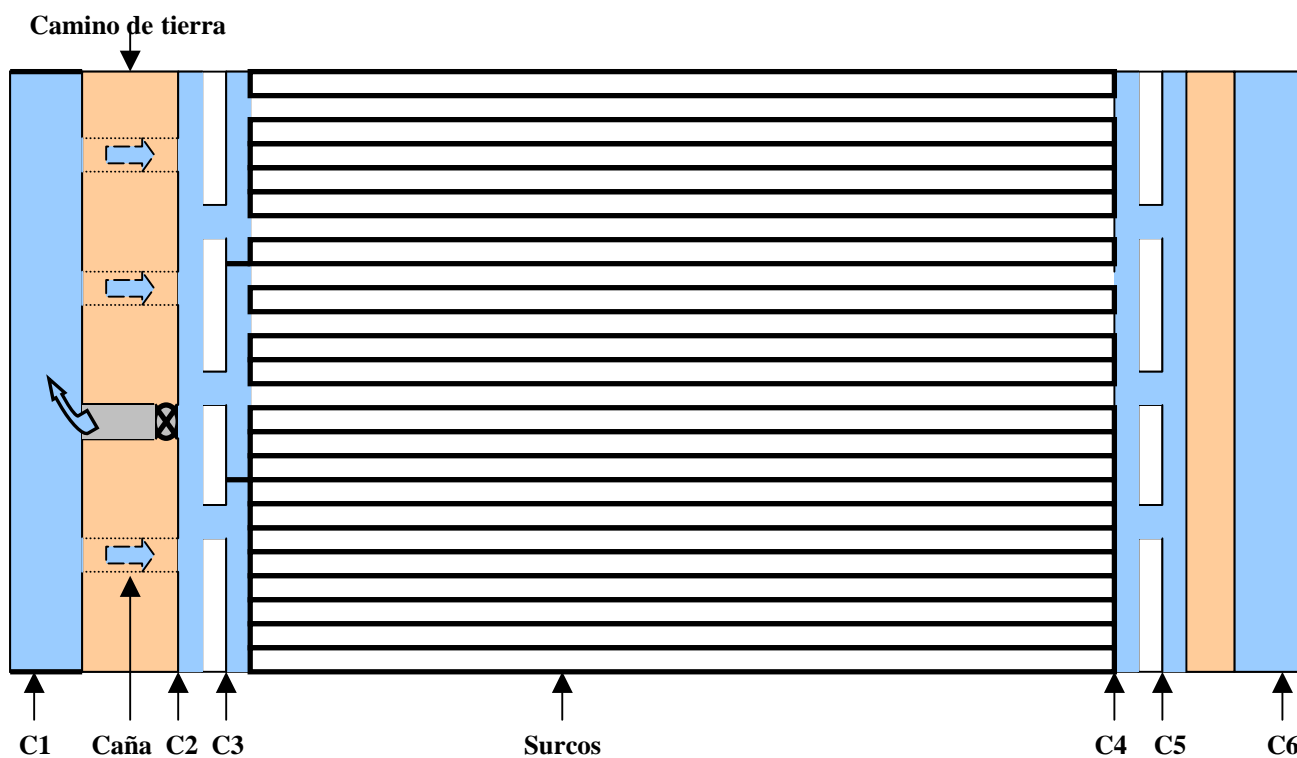
En cabeza de parcela el canal repartidor define el tendido (parte regada a la vez), esta parte puede ser muy pequeña si la parcela presenta una subida; el gasto en cada raya será superior y el agua podrá avanzar. El canal regador reparte el agua entre los surcos (entre 10 surcos por lo regular).

En fondo de parcela, el canal C4 permite distribuir el agua ya llegada en algunos surcos entre los otros más atrasados. El canal C5 permite evacuar el agua sobrante en fin de riego hacia el canal de drenaje (C6)

Se puede emboquillar (= poner tierra con pasto para cerrar la apertura) un surco en cabeza para regular (disminuir) el gasto si el agua avanza demasiado rápidamente en este surco. Se intenta obtener un avance bastante parejo entre los diferentes surcos gracias a este método con el fin de limitar las pérdidas de agua en fondo de parcela.

Cuando llega el agua al final de una raya, se utiliza el sistema de tornas para remojar la tierra. (ver dibujo explicativo).

### **Plano de una parcela regada sin tubos de compuertas:**

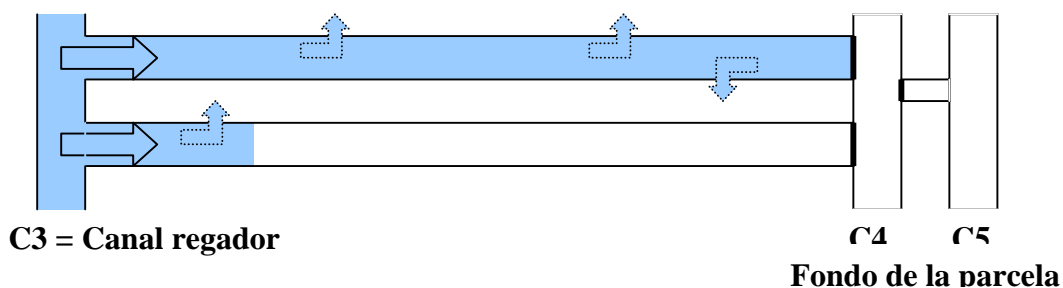


#### **Leyenda:**

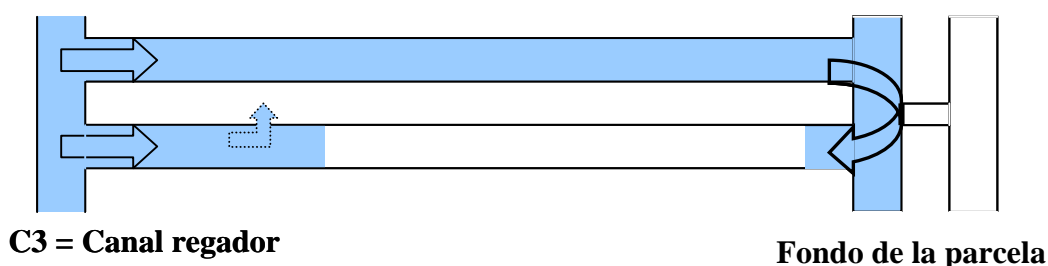
- Válvula y tubo para llevar el agua en el canal C1
- C1, C2, C3, C4, C5, C6: Canales
- C1 = Canal repartidor (Facultativo)
- C2 = Canal Regador
- Cañas = Canales subterráneos

### **Dibujo explicativo del manejo del agua gracias al sistema de tornas**

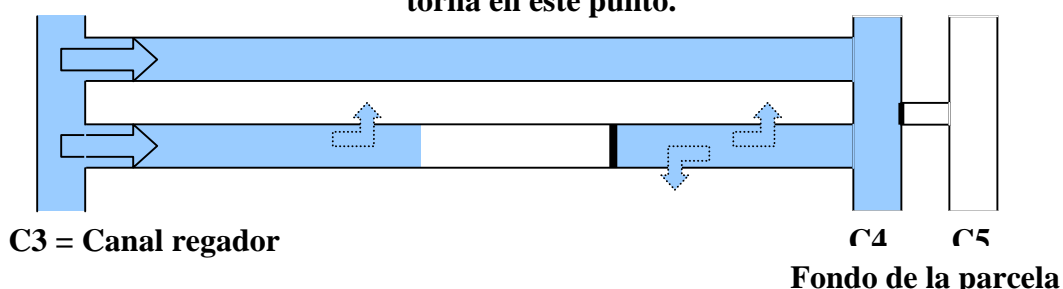
- ① El agua del surco n llega al fondo de la parcela. El surco está tapado y se queda tapado hasta que la tierra a los lados de la raya sea bien remojada.



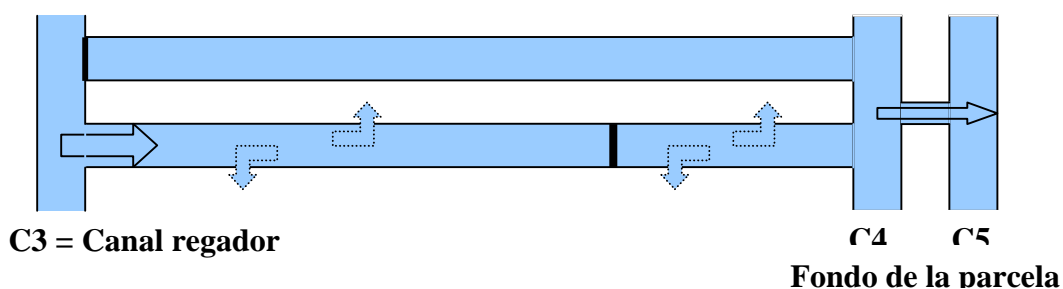
- ② Cuando la tierra al rededor del surco n está bien remojada, se destapan los fondos de los surcos n y n+1 y el agua da vuelta, subiéndose en el surco n+1



- ③ El regador sabe hasta que punto el agua puede subir en la raya n+1 ; coloca una terna en este punto.



- ④ Cuando el agua llega a la terna, se cierra el surco n y se abre el pasaje entre los canales 5 y 6. El surco n+1 queda abierto hasta que la tierra sea bien remojada.



### 3.4.3 Parcelas regadas con los tubos de compuertas

Con los tubos, no se necesita usar los canales repartidor y regador ya que toda la regulación del gasto en cabeza de cada surco se hace regulando la apertura de las compuertas.

Antes del riego se abren un poco ( $\approx 5\text{mm}$ ) todas las compuertas; se abren más las que van a regar varios surcos. Cuando llega el agua se arregla la apertura de las compuertas en función de lo que necesita cada surco, se canaliza el agua hacia los surcos si las compuertas no corresponden exactamente a las rayas, se cierran las compuertas que no abastecen ningún surco (caso de las camas).

### 3.4.4 Características del riego en cada parcela

En las parcelas de Ramiro Torres, Sixtos Acosta y Rafael Martinez regaron en un solo tendido para obtener un gasto bastante bajo y remojar la tierra.

En el caso de la parcela de Fernando Arredondo (2 veces más grande) y de la parcela comercial de Guadalupe Pérez, se regó en dos tendidos. En efecto, la parcela de Guadalupe Pérez tiene una parte más alta en la que se necesita poner un gasto más alto. Mientras que el primer tendido puede abastecer 90 surcos, el segundo solo abastece 20 surcos.

Datos, ver tabla 2.

**Tabla 2: Riego de siembra del ciclo OI 2002-2003**

Nombre del agricultor	Pozo	Superficie de la parcela	Tipo de cultivo	Num de tendido	numero de surcos por tendido	Horas de riego 50% del gasto	Horas de riego 100% del gasto	Horas total riego	Horas/ha riego
Ramiro Torres	16	5.00	Cebada Esperanza	5	74	0	96	96	19.20
Ramiro Torres	17	3.05	Cebada Esperanza	1	184	30.5	13	28.25	9.26
Sixtos Acosta	17	2.95	Cebada Esperanza	1	105	36	0	18	6.10
Fernando Arredondo	17	3.50	Cebada Esperanza	3	96	0	75	75	21.43
Rafael Martinez	17	0.79	Cebada Esperanza	1	69	0	12	12	15.19
Guadalupe Perez	9	2.50	Cebada Esmeralda	2	90 y 20	0.00	23.12	23.12	9.25

Como no tenemos los gastos de los pozos, es difícil interpretar estos resultados. En el caso de Lupe, como pudimos poner el medidor volumétrico durante el riego, podemos calcular la lámina bruta aplicada para el riego de siembra: en los 2.5ha de la parcela se aplicó 1852.40 metros cúbicos de agua lo que corresponde a una lámina bruta de 74mm.

## 3.5 Conclusión

Según todos los regadores encontrados, resulta muy difícil cambiar el manejo del agua tomando en cuenta todas las características de cada parcela y las necesidades de la tierra. Cada regador necesita conocer perfectamente las parcelas que riega si quiere lograr un riego satisfactorio.

El principal problema evocado parece ser la nivelación de las parcelas. Para los regadores es mucho más fácil regar en parcelas bien niveladas y con los tubos de compuertas.

## 4 Análisis de los datos obtenidos en los ensayos

Disponemos de los datos de cantidad de residuos, humedad antes del primer riego, nivelación de las parcelas, gasto por compuerta durante el primer riego de Lupe y datos de avance del agua. Los resultados de análisis de suelo todavía no han sido entregado por los laboratorios encargados.

### 4.1 Cantidades y distribución de residuos

#### 4.1.1 Cantidades en los diferentes tratamientos

**Tabla 3 : Peso seco de residuos en g/m<sup>2</sup>, antes del riego de siembra, en dos parcelas experimentales, ciclo OI 02-03**

Parcela	Guadalupe Perez						Samuel Aguilera					
Tratamiento	100% R1	100% R2	Emp R1		Emp R2		100% R1	100% R2	Emp R1		Emp R2	
Clases	Clase A	Clase A	Clase A	Clase B	Clase A	Clase B	Clase A	Clase A	Clase A	Clase B	Clase A	Clase B
Cabeza	2027	903	1351	590	1954	242	1177	1269	1695	1022	1521	992
Medio	1041	1156	1252	611	1673	121	1451	1544	1616	607	1581	571
Fin	1914	860	1309	307	2043	490	1678	1584	1284	1496	1320	1508
Promedio 1	1661	973	1304	503	1890	285	1435	1466	1532	1042	1474	1024
Promedio 2	1317		903		1088		1451		1287		1249	
Promedio 3	1317		995				1451		1268			
% rastrojos	100%		76%				100%		87%			

**Leyenda:** R1 = Repetición 1; R2 = Repetición 2; Emp = Empacado;

Cabeza – Medio – Fin = lugares de dónde se sacaron las muestras;

Clase A = Más de 90% de residuos en el surco;

Clase B = entre 40 y 90 % de residuos en el surco.

En ambas parcelas, las cantidades promedios de residuos en los tratamientos “100% de residuos” son superiores a las de los tratamientos “empacado” (ver tabla 3, promedio 3). Pero si calculamos el porcentaje de residuos medido en los tratamientos “empacado” llegó a 76% (parcela de Lupe) 87% (parcela de Samuel) de la cantidad medida en las parcelas con el 100% de los residuos. Esto es mucho más que lo que esperábamos (se suele decir que solo queda 30% de los residuos después del empaque).

En la parcela de Samuel hay una buena homogeneidad de los resultados entre las 2 repeticiones de los tratamientos (ver tabla 3, promedio 1): hay menos de 5% de variación entre las dos repeticiones, se puede entonces despreciar esta variabilidad. Al contrario, en la parcela de Guadalupe, los resultados varían mucho entre las repeticiones (del simple al doble en casi todos los casos). Se puede suponer que esta variación viene del tipo de máquina usada para este trabajo así como de la persona que lo hizo.

En las clases A de los tratamientos “empacado” se encuentran tantos residuos como en las parcelas “100%” o más. Pero en las clases B quedan muy pocos residuos.

#### 4.1.2 Distribución de los residuos

##### ▪ **Entre los surcos**

En los tratamientos “100%” hay una buena distribución de los residuos entre los diferentes surcos (una sola clase de surcos).

En los tratamientos “empacado”, se tuvo que diferenciar 2 clases de surcos las cuales corresponden a los lugares dónde la empacadora dejó los cordones después de empacar. Por eso se encuentran surcos en los que hay más residuos que en las parcelas dónde se dejaron todos los residuos de cosecha y los otros surcos quedan con muy pocos residuos.

▪ **A lo largo de los surcos**

Se ve en la tabla de arriba que las cantidades de residuos encontrados a lo largo de los surcos puede variar mucho: del simple al doble en los tratamientos 100%R1 y EmpacadoR1 ClaseB de Guadalupe y EmpacadoR1 ClaseB de Samuel; o hasta del simple a 1 triple en los tratamientos EmpacadoR2 ClaseB de Guadalupe y Samuel.

Veamos ahora como estas cantidades de residuos influyen sobre los parámetros del avance del riego.

**4.2 Humedad del suelo**

**Tabla 4 : Humedad de las muestras de tierra antes del riego de siembra (% base peso húmedo)**

Profundidad	Guadalupe Perez						Samuel Aguilera					
	Repetición 1			Repetición 2			Repetición 1			Repetición 2		
	Barbecho	Empacado	100%	Barbecho	Empacado	100%	Barbecho	Empacado	100%	Barbecho	Empacado	100%
0 - 15 cm	15.9	27.9	18.7	24.6	22.8	13.1	31.5	31.4	32.3	15.4	27.1	31.5
15 - 30 cm	22.0	28.1	24.7	25.0	21.2	19.6	32.5	34.0	33.9	24.0	29.1	30.0
30 - 60 cm	25.0	29.3	27.7	27.8	29.9	22.3	32.1	32.0	33.3	24.0	27.1	30.5
60 - 90 cm	29.8	28.2	27.2	27.6	26.7	26.4	29.7	32.2	30.9	29.0	28.0	29.7

Los datos en amarillo son los sacados por Aurelio Baez, en blanco, los que hemos sacado en Villa Diego.

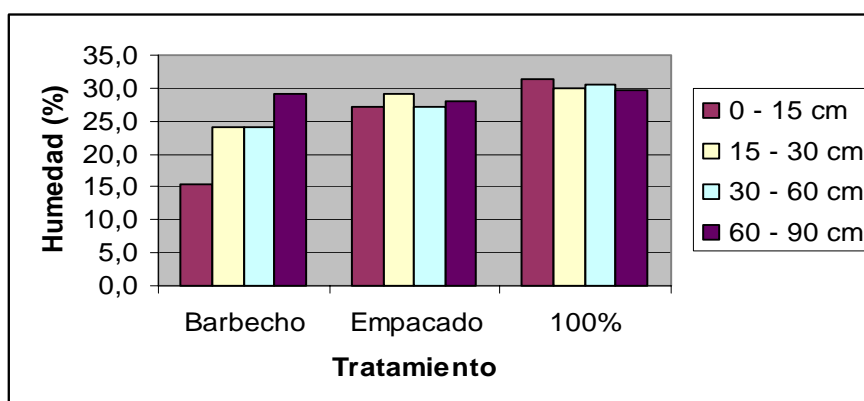
Los resultados obtenidos por Aurelio son bastantes extraños en relación con lo que habíamos observado en el terreno y el no pudo verificarlos. Cuando estábamos sacando las muestras en las parcelas, se notaba bien la diferencia de humedad entre los diferentes tratamientos de 0 a 30 cm, el barbecho estando el más seco y el “100%” el más húmedo. La hipótesis es que Aurelio se equivocó en las etiquetas; lo que es posible ya que el trabajaba solo y con mucha prisa y nos dijo de analizar estos datos con precaución a causa de estas dudas. Entonces pensamos que sería más seguro esperar los datos de humedad que hemos sacado antes del primer riego de auxilio para sacar conclusiones en cuanto a humedad de la tierra. En el análisis que sigue tomaremos en cuenta este problema analizando a parte los datos de Aurelio si difieren demasiado.

Lo que se puede decir desde ahora es que la humedad entre 0 y 30cm varia bastante entre los diferentes tratamientos. Al contrario, la humedad entre 60 y 90 cm resulta bastante constante entre los diferentes tratamientos (promedio de 27.7% para la parcela de Guadalupe Perez, de 30.9% en la repetición 1 de la parcela de Samuel y de 28.9 en la repetición 2). Podemos pensar que esta humedad representa una constante, parámetro de la parcela antes del primer riego Principalmente, la humedad del suelo aumenta con la profundidad excepto cuando llegamos a la límite supuesta que es la humedad de la parcela entre 60 y 90 metros.

Si analizamos los datos que hemos sacado nosotras en Villa Diego (ver gráfica 3), vemos que la humedad de la tierra entre 0 y 30 cm va creciendo del barbecho al “100%”. El barbecho es relativamente mucho más seco que los tratamientos “Empacado”y “100%” los cuales tienen humedades bastantes cercanas. Además, la diferencia de humedad entre 0-15 y

15-30 es mucho más grande en el caso del barbecho que en los casos del “Empacado” y “100%”. Este fenómeno se podría explicar por el efecto protector de la capa de residuos para el suelo. Cuanto más residuos hay en el suelo, tanto más se conserva la humedad superficial. En el caso del barbecho, sobre todo antes del ciclo, cuando el suelo está desnudo, el agua contenida en las partes superficiales del suelo se evapora fácilmente, lo que explica el diferencial observado. Como lo hemos visto anteriormente, la cantidad de residuos en los tratamientos “Empacado” varía mucho en el tratamiento. Con los datos que tenemos ahora, no se puede decir si se nota una diferencia de humedad entre los surcos que llevan muchos residuos y los que casi no tienen residuos. Sería importante a futuro sacar muestras para la humedad en los dos tipos de surcos identificados.

**Graf. 3: Humedad en el suelo (% base peso húmedo), Repetición 2 de Samuel, antes del riego de siembra, ciclo OI 02-03**



Es importante notar que se encuentran estas mismas características en los resultados de Aurelio si aceptamos la hipótesis del error de etiquetas. Pues, habría que intercambiar “100%” y “Empacado” en la repetición 1 de Guadalupe y “100%” y Barbecho en la repetición 2.

La conclusión es que la presencia de residuos en el surco afecta su estado hídrico: aumenta su humedad al proteger el suelo de la evaporación, lo que puede luego afectar el riego.

### **4.3 La calidad de la nivelación**

Tener una idea de la calidad de la nivelación de una parcela es importante cuando se trata de riego por gravedad ya que la pendiente es un factor determinante del avance del agua. Proponemos aquí comparar la calidad de la nivelación a diferentes escalas: entre las dos parcelas estudiadas, entre los tratamientos de una misma parcela y entre los surcos de un mismo tratamiento.

#### **4.3.1 Al nivel de las parcelas**

La parcela de Samuel Aguilera y la de Lupe Pérez tienen una pendiente promedio muy diferente: 0.67% para la primera contra 0.11% para la segunda.

Esa información es muy importante si se quiere comparar el avance del agua entre las dos parcelas.

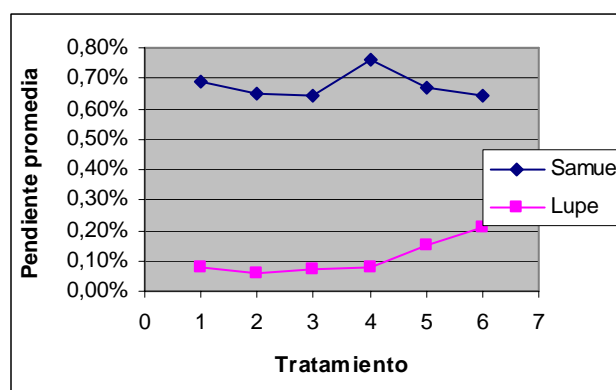
#### 4.3.2 Al nivel de los tratamientos

Para comparar la diferencia de pendiente que podía existir entre los tratamientos de una misma parcela hemos calculado la desviación estándar entre las pendientes medianas de los tratamientos. Resulta pues que la variación entre las pendientes promedias de los tratamientos de la parcela de Lupe es mucho más grande que en el caso de la parcela de Samuel, ver tabla 5 y graf. 4. En efecto, podemos ver que la desviación estándar de la pendiente en los tratamientos de Lupe es más grande que el valor promedio mientras que la desviación estándar de la pendiente en la parcela de Samuel es 6 veces más pequeña que el valor promedio.

**Tabla 5: Pendientes promedias de cada tratamiento en las dos parcelas estudiadas**

Tratamiento	Pendiente promedio	
	Samuel	Lupe
100% R1	0,69%	0,08%
100% R2	0,65%	0,06%
Empacado R1	0,64%	0,07%
Empacado R2	0,76%	0,08%
Barbecho R1	0,67%	0,15%
Barbecho R2	0,64%	0,21%
<b>Promedio</b>	<b>0,68%</b>	<b>0,11%</b>
<b>Desviacion estandar</b>	<b>0,10%</b>	<b>0,14%</b>

**Gráf. 4: variación de la pendiente entre los tratamientos de las dos parcelas**



Si nos fijamos un poco más en los cifras de la parcela de Lupe, observamos que la importante desviación estándar es vinculada con la existencia de los barbechos, en efecto, las pendientes promedias de los dos barbechos son mucho más importantes que en los otros tratamientos, más del doble. Esa información deberá ser tomada en cuenta cuando se compararán el avance del agua entre los barbechos y los otros tratamientos.

#### 4.3.3 Al nivel de los surcos

Hemos calculado la desviación estándar entre la pendiente promedio de los surcos de cada tratamiento en las dos parcelas estudiadas, estos cálculos se encuentran en el anexo 8.

Vemos otra vez que la variación entre las pendientes promedias es mucho más grande en el caso de la parcela de Lupe que en la de Samuel: Mientras que las pendientes promedias de los tratamientos de Samuel son casi 10 veces más grandes que las de Lupe (si no tomamos en cuenta los barbechos), las desviaciones estándar de las dos parcelas tienen el mismo orden de magnitud, escalonadas entre 0.04 y 0.08%. Sobre todo, las desviaciones de los tratamientos “empacados” y “100 % residuos” de Lupe son casi igual al promedio de cada muestra, eso significa que en teoría no se puede considerar que los surcos tienen la misma pendiente. Sin embargo, en práctica se puede que la velocidad del avance del agua no cambie significativamente cuando la pendiente varía de 0.05% a 0.1% por ejemplo, así que como lo hemos sugerido en el último capítulo se tiene que averiguarlo con el modelo.

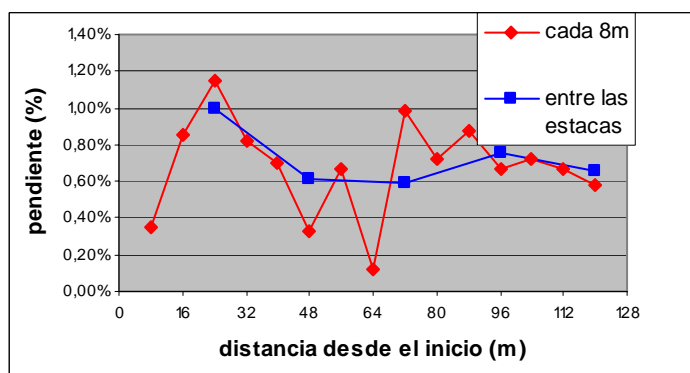


#### 4.3.4 A lo largo de un surco

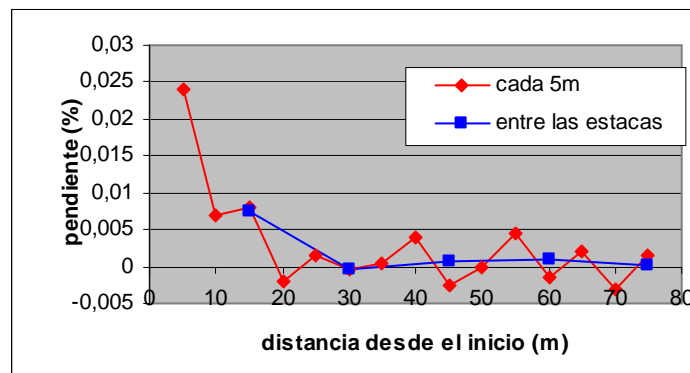
En cada surco hemos sacado la pendiente promedia entre cada línea donde se tomaban las mediciones de avance (líneas delimitadas por las estacas), y entre cada una de estas líneas hemos sacado dos puntos para tener una idea más precisa de la calidad de nivelación (cada 5 metros para la parcela de Guadalupe y cada 8 para la de Samuel, ver Gráficas 5 y 6). Después hemos calculado las desviaciones estándar correspondientes.

Como estos cálculos resultan bastante homogéneos solo damos en la tabla 6 el ejemplo del tratamiento “empacado” de la primera repetición de las dos parcelas. En el anexo 9 se encuentran todos las otras mediciones y cálculos.

**Gráf. 5: Variación de la pendiente a lo largo de un surco, Samuel, 100% R1, Surco n°1**



**Gráf. 6: Variación de la pendiente a lo largo de un surco, Lupe, 100% R1, Surco n°1**



**Tabla 6: Comparación de la desviación de la pendiente a lo largo de los surcos del tratamiento “empacado” de la primera repetición de las dos parcelas estudiadas**

- Parcela de samuel Aguilera

Número del surco	Promedio de la pendiente medida cada 5 metros	Promedio de la pendiente medida entre las estacas	Desviación estándar de la pendiente medida todos los 8 metros	Desviación estándar de la pendiente medida entre las estacas
surco 1	0.64%	0.63%	1.40%	0.43%
surco 2	0.63%	0.62%	1.32%	0.27%
surco 3	0.64%	0.62%	1.40%	0.27%
surco 4	0.65%	0.64%	1.30%	0.28%
surco 5	0.64%	0.63%	1.50%	0.32%
surco 6	0.65%	0.64%	1.04%	0.27%
surco 7	0.64%	0.63%	1.31%	0.31%
surco 8	0.65%	0.63%	1.32%	0.33%
surco 9	0.64%	0.62%	0.62%	0.33%
surco 10	0.64%	0.63%	1.06%	0.33%
surco 11	0.65%	0.63%	1.47%	0.44%
surco 12	0.65%	0.63%	1.37%	0.35%
surco 13	0.66%	0.65%	1.20%	0.23%
surco 14	0.62%	0.60%	1.52%	0.65%
surco 15	0.62%	60.00%	2.10%	0.53%

- Parcela de Guadalupe Pérez

Número del surco	Promedio de la pendiente medida cada 5 metros	Promedio de la pendiente medida entre las estacas	Desviación estándar de la pendiente medida todos los 5 metros	Desviación estándar de la pendiente medida entre las estacas
surco 0	0.08%	0.10%	1.59%	0.36%
surco 1	0.11%	0.10%	1.83%	0.45%
surco 2	0.03%	0.04%	2.57%	0.40%
surco 3	0.06%	0.06%	2.29%	0.22%
surco 4	0.07%	0.09%	2.23%	0.28%
surco 5	0.07%	0.08%	1.70%	0.19%
surco 6	0.06%	0.08%	2.33%	0.21%

En primer lugar observamos que las desviaciones estándar de las pendientes calculadas todos los 5 metros en la parcela de Lupe y todos los 8 metros en la parcela de Samuel son realmente muy altas, más del doble del promedio en la parcela de Samuel, más de 10 veces del promedio en la parcela de Lupe.

Sin embargo, si nos fijamos ahora en las desviaciones estándar de la pendiente calculada entre las estacas, vemos que son un poco menos altas que las precedentes, aunque estas cifras son aún muy grandes (alrededor de la mitad del promedio en la parcela de Samuel y más de 4 veces en la parcela de Lupe). En efecto, los valores se compensan las unas entre las otras.

Tenemos que precisar también que en la parcela de Lupe casi la mitad de las pendientes promedias son negativas.

#### 4.3.5 Conclusiones

##### ▪ **Calidad de la nivelación**

Al analizar todos estos datos nos dimos cuenta pues que la parcela de Samuel tiene una nivelación de mucho mejor calidad que la de Lupe: la pendiente promedio de los surcos estudiados es mucho más parecida, y es muy poco común que la pendiente a lo largo de un surco sea negativa.

Para poder explotar estos datos, se tiene que determinar cual es la variación de pendiente mínima que tiene influencia suficiente sobre el avance del agua para ser tomada en cuenta en el modelo.

##### ▪ **Influencia de la variación de la pendiente sobre el avance del agua**

Quisimos comparar la variación de velocidad del avance del agua con la variación de pendiente a lo largo de un mismo surco, pero el problema es que la velocidad del agua está relacionada con la distancia que recorre el agua, más lejos llega el agua en la parcela menos rápido avanza ya que se infiltra. Por esta razón decidimos comparar el tiempo que tomaba el agua para recorrer la distancia entre dos líneas de estacas en diferentes surcos de un mismo tratamiento, hemos elegido como ejemplo la distancia entre las compuertas y la primera línea de estacas del tratamiento “empacado” repetición 1 de la parcela de Samuel.

Como lo podemos leer en la tabla 7, en algunos casos el agua avanza más rápido en surcos de pendiente más baja, por ejemplo el agua en el surco 6 llega a la primera línea de

estacas después de 412 minutos, el agua del surco 11 necesita 578 minutos mientras que la pendiente al principio del surco 6 es de 0.69% y al del surco 11 de 1.04%.

**Tabla 7 : Avance del agua del primer riego del tratamiento empacado en la parcela de Samuel Aguilera**

N° surco	Promedio pendiente	Tiempo que tomo el agua para llegar al final de la parcela (min)
surco 6	0,69%	412
surco 3	0,82%	434
surco 8	0,82%	250
surco 4	0,86%	215
surco 15	0,86%	175
surco 1	0,88%	225
surco 5	0,88%	321
surco 10	0,91%	621
surco 9	0,92%	488
surco 12	0,93%	464
surco 14	0,94%	207
surco 2	1,00%	399
surco 7	1,04%	251
surco 11	1,04%	578
surco 13	1,07%	392

Este fenómeno se podría explicar por la existencia de un gasto diferente en la entrada de los surcos. El problema es que no hemos medido este parámetro porque teníamos como hipótesis que el gasto del pozo era dividido igualmente entre las diferentes compuertas.

En conclusión, no parece existir una relación directa entre la pendiente y la velocidad con la cual avanza el agua, sino todos los surcos de menor pendiente llegarían los últimos. La variación del gasto de las compuertas debe jugar un papel muy importante en la variación del avance del agua entre los surcos, así que sería muy interesante medir el gasto de cada compuerta.

Parece muy difícil determinar en el campo la variación de pendiente mínima que tiene una cierta influencia sobre el avance del agua ya que sería imprescindible que el gasto de las compuertas sea exactamente el mismo, así que lo mejor sería usar directamente el modelo RAIEOPT.

#### **4.4 Gasto por compuertas**

Viendo las diferencias muy importantes en el avance del agua en los diferentes surcos y la apertura de las compuertas, hemos decidido medir el gasto de una compuerta considerada como media por tratamiento o de dos compuertas si se considera que hay 2 clases de compuertas de gasto significativamente diferentes en fin de ver si se podían apreciar estas variaciones. Ver tabla 8

**Tabla 8: Medicion del gasto por compuerta en el 1er Riego de la parcela de Lupe**

Parcela	Tratamiento	Surco	Gasto (L/s)
1	Barbecho R2	4	0,35
		5	0,18
14	100% R2	6	0,18
16	Empacado R2	3	0,20
19	Empacado R1	3	0,13
20	100% R1	4	0,18
22	Barbecho R1	3	0,10

Los valores obtenidos varían entre 0.1 y 0.35 L/s con un promedio de 0.19 L/s para los tratamientos seguidos (0.17 L/s para toda la parcela). En el caso de esta parcela para la cual se riegan todos los tratamientos al mismo tiempo resulta importante conocer el gasto de las compuertas de cada tratamiento para tener una buena idea de la lámina de agua aplicada por tratamiento. En efecto, cada vez que se cierra una compuerta al final del riego, el gasto que tenía esta compuerta se reparte entre las que quedan abiertas. Además puede haber una diferencia de varias horas entre el cierre de las primeras compuertas y de las últimas.

Es interesante juntar los datos que tenemos en cuanto a gastos de compuertas y pendiente de los surcos para ver si pueden explicar las diferencias de avance entre surcos de un mismo tratamiento. Ver tabla 9.

**Tabla 9: Datos explicativos del avance del agua, parcela de Lupe, riego de siembra**

Tratamiento	numero del surco	Gasto de la compuerta (L/s)	Pendiente	Hora de llegada
Barbecho R1	3	0,10	0,13%	06:01
Empacado R1	3	0,13	0,06%	07:40
100% R2	6	0,18	0,05%	02:59
100% R1	4	0,18	0,09%	03:08
Barbecho R2	5	0,18	0,21%	10:36
Empacado R2	3	0,20	0,14%	02:48

Como solo tenemos una medición de gasto por tratamiento solo se pueden compara los surcos para los cuales se hizo la medición. Cuando varían los dos factores medidos a la vez resulta difícil analizar los resultados. Solo en el caso de los tratamientos 100% en los que se aplicó el mismo gasto en cabeza de parcela y tenemos pendientes diferentes en los surcos podríamos analizar algo pero los 2 surcos concernidos llegan casi a la misma hora (9 minutos de diferencia). En el caso del barbecho R1 y empacado R2, el gasto dobla entre los dos mientras que la pendiente es casi la misma para los dos, vemos que el surco con el gasto mayor llega antes del otro. Sin embargo, con estos únicos datos no podemos sacar conclusiones.

Lo que se podría hacer, es medir el gasto de cada compuerta de los tratamientos que se siguen en la Parcela de Lupe y para los otros tratamientos elegir una compuerta representativa del tratamiento para medir su gasto. En la parcela de Samuel dónde se siguen 15 surcos, se puede medir el gasto de 5 en cada tratamiento regado al mismo tiempo.

## 4.5 Lámina de agua

El primer trabajo de análisis es calcular la lámina bruta aplicada en los diferentes tratamientos de cada parcela. En un segundo tiempo, el modelo informático permitirá completar estos datos por la lámina neta aplicada, tomando en cuenta todas las pérdidas de agua.

### 4.5.1 Lámina bruta aplicada en la parcela de Samuel Aguilera

#### a) Primera repetición, el papel de los residuos

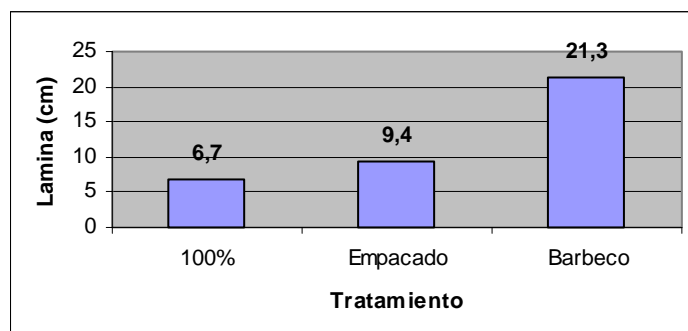
El 18 de diciembre los tratamientos de la primera repetición de la parcela de Samuel Aguilera fueron regados al mismo tiempo con todo el gasto del pozo, es decir con un gasto promedio de 21.79 l/s, en total habían 90 compuertas abiertas, 30 por tratamientos. Durante este riego solo podíamos seguir 15 surcos sobre los 30 de cada tratamiento, así que no apuntamos las horas de cierre de todas las compuertas sino solamente las que abastecían los surcos que seguíamos. Sin embargo para calcular el volumen aplicado en cada tratamiento necesitábamos estos datos ya que cada vez que se cerraba una compuerta el gasto de las compuertas que seguían abiertas aumentaban. Por esta razón consideramos que cada vez que el agua de un surco "seguido" llegaba al final de la parcela también llegaba el agua de un surco que no seguíamos, así que las compuertas se cerraban de dos en dos. Consideramos también que el gasto del pozo era dividido igualmente entre todas las compuertas abiertas.

En la tabla 10 se dan los resultados, y si comparamos el volumen promedio aplicado en los tres tratamientos calculado como lo explicamos antes (1011 m<sup>3</sup>) con los datos del medidor volumétrico (1028 m<sup>3</sup>) resulta que el cálculo es bastante preciso, solo ocasiona un error de 1.6%.

**Tabla 10 : Láminas brutas aplicadas en la primera repetición de la parcela de Samuel Aguilera**

Tratamientos	Volúmenes aplicados (m <sup>3</sup> )	Láminas brutas aplicadas (cm)
100%	182.2	6.7
Empacado	254.6	9.4
Barbecho	575.0	21.3
Total	1011.8	

**Gráf. 7: Comparación de las láminas brutas aplicadas, Samuel.**



Observamos que las láminas brutas aplicadas son muy distintas según la cantidad de rastrojo dejado en cada tratamiento. Parece que más residuos cobran el suelo más rápido avanza el agua: la lámina bruta aplicada en el barbecho es un poco más del triple que la del 100%, y la diferencia entre la lámina bruta aplicada en el 100% de residuos y el empacado es de unos 28%.

Esto se puede explicar por la diferencia de humedad del suelo, más residuos cobran la superficie menos agua se evapora.

## b) Segunda repetición, variación del gasto

En lo que concierne la segunda repetición, solo pudimos seguir el riego del barbecho, ese fue regado con todo el gasto del pozo en un solo tendido, el volumen fue calculado directamente a partir de los datos del medidor volumétrico, corresponde a 467 m<sup>3</sup> o 15.5 cm. Si comparamos esta lámina bruta aplicada con la de la primera repetición vemos que un gasto 3 veces más alto pudo ahorrar 27% de agua, pero este cálculo no es muy preciso porque no toma en cuenta la diferencias de pendiente y de cobertura de residuos que existe entre las dos repeticiones.

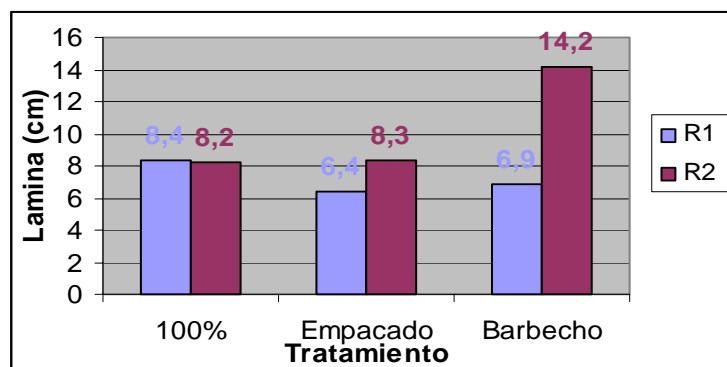
### 4.5.2 Lámina bruta aplicada en la parcela de Guadalupe Perez

La parcela de Guadalupe Pérez fue regada con un solo tendido del 23 de diciembre por la mañana hasta el día siguiente, fueron abiertas 172 compuertas y el gasto del pozo era de unos 22 l/s. CoLas compuertas eran demasiado numerosas para medir el gasto de cada una de ellas así que en cada tratamiento se midió el gasto de la compuerta más “representativa” (determinación visual). Gracias a esta medición y a las horas de cierre de las 172 compuertas el ingeniero Jacob calculó los volúmenes promedios aplicados en cada tratamiento y de esto pudimos deducir las láminas brutas aplicadas, ver tabla 11 y graf.8.

**Tabla 11 : Láminas brutas aplicadas en la parcela de Guadalupe Pérez**

Tratamientos	Volúmenes aplicados (m3)	Láminas brutas aplicadas (cm)
100% R1	63.4	8.6
Empacado R1	46.7	6.4
Barbecho R1	50.4	6.9
100% R2	59.9	8.2
Empacado R2	60.6	8.3
Barbecho R2	103.9	14.2

**Graf. 8: Comparación de los volúmenes aplicados, Lupe**



Vemos que estos resultados son muy diferentes de los de la parcela de Samuel Aguilera y son muy sorprendentes.

La lámina bruta aplicada en el barbecho de la segunda repetición es casi el doble de las otras láminas, no logramos explicar esta diferencia tan importante.

Además no parece existir una relación entre las láminas brutas aplicadas y la cantidad de residuos presentes en el suelo.

El problema es que según nuestras observaciones y a la diferencia del riego de la parcela de Samuel Aguilera, en un mismo tratamiento las compuertas tenían un gasto muy diferente y era difícil evaluar visualmente la compuerta más “representativa”. Sin embargo no podíamos tener datos más precisos ya que habían en total 172 compuertas. También vimos varias veces el regador cambiar la apertura de las compuertas a lo largo del tiempo, lo que no había ocurrido en la parcela de Samuel Aguilera. Todo esto implicó muchas imprecisiones en los cálculos de lámina bruta.

Ya que todos los tratamientos fueron regados al mismo tiempo, con un gasto por compuerta muy bajo, que cambiaba mucho entre las compuertas y a lo largo del riego creemos que no se puede utilizar estos cálculos de lámina bruta.

#### **4.6 Nitrógeno**

Todavía no están disponibles los resultados de los análisis de suelos realizados antes del ciclo así que no podemos analizar el comportamiento del nitrógeno en el suelo.

Sin embargo, tenemos los resultados de las muestras de suelo realizadas después del riego de siembra y podrán ser utilizadas a futuro cuando lleguen los resultados de los análisis de antes del ciclo.

#### **4.7 Aprendizajes sobre el uso de RAIEOPT**

Al medir los datos útiles al modelo informático durante el primer riego de siembra nos dimos cuenta de que algunas modificaciones serían indispensables para que el modelo se adaptara a la realidad del campo. Damos aquí una lista de los puntos débiles del modelo es decir los datos que pide el modelo pero que no son realistas y los datos que nos parecen imprescindibles pero que el modelo no toma en cuenta.

##### **4.7.1 Datos del modelo que no representan bien la realidad**

###### **a) Características de los surcos**

El modelo toma en cuenta surcos con una geometría trapezoidal, sin embargo en todos los tratamientos que hemos seguido, la forma de los surcos se acerca mucho más de un arco de circunferencia que de un trapecoide así que nos fue difícil delimitar una plantilla (planta baja del surco).

###### **b) Lámina aplicada**

El modelo considera que los regadores cierran una compuerta cuando el agua llega a la orilla de la parcela, es decir en este caso en la última línea de estacas, pero no fue el caso en las dos parcelas que hemos estudiado, los regadores siempre esperaban un tiempo (puede alcanzar unas horas) antes de cerrar el agua para que la tierra tenga tiempo de remojarse bien. Así que en la simulación informática la lámina aplicada va a ser subestimada.

##### **4.7.2 Datos que el modelo debería tomar en cuenta**

###### **a) Características de los surcos**

En primer lugar, el modelo solo pide un promedio de las características de todos los surcos, no toma en cuenta la gran variabilidad entre los surcos y a lo largo de un mismo surco en el caso de la siembra directa. En el caso del barbecho, esta media parece aceptable.

En segundo lugar, tomando en cuenta esta variabilidad, pensamos que la altura de agua útil a la determinación del coeficiente de rugosidad se debe medir en todos los surcos que estudiamos y no solamente en dos. Además, para que esta medición sea precisa debemos tener las características de cada surco en el punto en el cual se mide la altura de agua.

#### b) La pendiente

Después de haber seguido 12 tratamientos, pensamos que la primera causa de heterogeneidad del avance del agua entre los surcos es la nivelación de la parcela, la pendiente puede variar mucho de un surco a otro y a lo largo de un mismo surco. Sin embargo, el modelo solo utiliza una pendiente promedio, lo que nos parece lejos de la realidad.

#### c) El gasto

Es el mismo problema que hemos destacado para la pendiente y las características de los surcos, el modelo solo toma en cuenta una medida promedia, otra vez no integra la variabilidad espacial y temporal, y estas variabilidades son muy importantes ya que los regadores suelen intervenir a lo largo del riego ajustando la apertura de las compuertas.

#### 4.7.3 Perturbación del riego por las mediciones.

Un problema importante planteado por los regadores es que cuando regamos por tratamiento, se desperdicia mucha mas agua que si ellos riegan según sus costumbre. para no estropear la tubería se dejaron algunas compuertas abiertas mientras habrían tenido que ser cerradas. en el caso normal, cuando llega el agua al final del surco, se espera el tiempo necesario para remojar le tierra, luego se cierra la compuerta pero se abre otra . Eso no se puede hacer si queremos regar tratamiento por tratamiento.

Otro problema es la perturbación del riego por las personas que miden el avance. Las vueltas en las parcelas necesarias para las mediciones destruyen la estructura de los surcos. En el caso del barbecho, todo se vuelve lodo y el agua pasa de surco a surco ; en el caso de siembra directa, se hacen « tapas » de residuos y los regadores tienen que eliminar estas perturbaciones para que el riego se desarrolle bien.

A este problema se añade el problema de la cobertura vegetal para los otros riegos : Habrá que tomar las mediciones de avance sin destruir o pisar demasiado la cebada ya crecida, y eso tomando en cuenta el hecho de que se vuelve muy lodoso el terreno cuando se riega.

En conclusión pensamos que el modelo debe ser modificado si queremos hacer un estudio pertinente y que sea útil en el estudio de los ensayos controlados, sobre todo, nos parece imposible que el modelo representa bien la realidad del campo si no toma en cuenta la variabilidad espacial y temporal de algunos datos (características de los surcos, pendiente, gasto).



## 6. Conclusiones

### 6.1 Discusión

Aunque teníamos los resultados del trabajo de Amandine Boutin con un protocolo listo antes de empezar los riegos, nos dimos cuenta al trabajar en el terreno de todos los problemas que se presentaban y de las imprecisiones del modelo que hacían que resultaba difícil representar lo que se pasaba en realidad en las parcelas con el modelo.

Además nos hemos quedado en Guanajuato muy poco tiempo (4 meses) lo que hace que nuestro estudio consiste en unas primeras reflexiones que pueden ser la base de trabajos futuros.

Por fin, el cambio tardío de protocolo y el cambio en el equipo de trabajo hicieron que se tuvo que trabajar en algunos aspectos con prisa y que se perdieron algunas informaciones.

Sin embargo, según lo que hemos visto durante los 2 riegos seguidos, la siembra directa parece ser un buen compromiso para ahorrar agua aun si se complica el manejo del riego (dificultades de la tierra para remojarse bien, sobre todo en el manejo de camas anchas). La comparación de la siembra directa con 100% de residuos o con residuos empacados parece mostrar que la diferencia de ahorro de agua entre las dos formas no es tan grande y el manejo de residuos empacados permite aumentar los insumos del agricultor (venta de pacas). Pero el problema con las empacadoras es la irregularidad de residuos que dejan en el suelo lo que puede ser un problema para la germinación de las semillas en los lugares donde se dejaron muchos residuos y un problema de secamiento importante de las partes desnudas. El compromiso sería repartir bien los residuos en superficie de parcela antes de sembrar pero sin aumentar demasiado las horas de trabajo del agricultor.

### 6.2 Propuestas de seguimiento del estudio

#### 6.2.1 Abandono de la parcela de Guadalupe Perez para calibrar el modelo

La parcela de Guadalupe Perez presenta bastantes inconvenientes para el seguimiento de los riegos en fin de calibrar el modelo.

- **Mala nivelación**

Hemos visto antes que toda la parcela presenta problemas de nivelación lo que aumenta las perturbaciones ocasionadas durante el riego y el análisis del avance.

- **Riego de toda la parcela a la vez**

Para no deteriorar la tubería enterrada se necesita tender toda la parcela para regar. Todos los tratamientos son regados a la vez lo que complica las mediciones y los cálculos de lámina aplicada por tratamiento.

- **Manejo de melgas**

Todos los tratamientos seguidos en esta parcela son manejados con melgas. Entonces, cuando llega el agua al final del surco, este se tiene que quedar cerrado cierto tiempo (hasta varias horas) mientras la compuerta sigue abierta y el agua corriendo en el surco. Las melgas

añaden la dificultad de la tierra para remojarse bien, que es un parámetro más que perturba el seguimiento del riego.

- **Una repetición del barbecho no seguible**

La repetición 2 del barbecho no se puede seguir ya que una sola compuerta riega la totalidad de los 6 surcos que componen el tratamiento. Se forma una laguna en la cabecera de la parcela lo que hace imposible la medición del gasto por surco. Y hemos visto antes que si queremos tomar en cuenta la gran variabilidad de la pendiente, se tiene que acoplar con el gasto en cada surco.

- **Variaciones de la actividad del pozo**

El Pozo al que pertenece Guadalupe presenta variaciones de gasto más importantes que el pozo de Samuel. Además los otros socios del pozo roban el agua mientras estamos midiendo y el pozo se descompone muy a menudo. Si otro socio del pozo usa el agua del pozo o si se para el pozo mientras estamos midiendo, las mediciones tanto como el riego pierden su interés.

- **Fugas de la tubería**

Las tuberías utilizadas para regar estas parcelas presentan muchas fugas. Cuando se quiere regar la segunda parte de la parcela (detrás de la acequia) o la canola, los tubos pasan delante de las parcelas seguidas para el riego y se aplica una gran cantidad de agua que no está tomada en cuenta en los cálculos ni se puede tomar en cuenta.

Sin embargo la parcela de Samuel Aguilera no presenta ninguno de estos problemas así que pensamos que sería pertinente concentrar el trabajo en esta sola parcela ya que se trata en esta etapa de calibrar el modelo.

## 6.2.2 Integrar más parámetros al modelo

En cuanto este disponible la adaptación del modelo hecha por Bruno Lidon, se podrán ver cuales son las influencias de los nuevos parámetros que hemos tomado en cuenta tales como la pendiente y el gasto por compuerta. Desde entonces se podrá ajustar el protocolo y averiguar si funciona el modelo para el riego por gravedad en condiciones de siembra directa.

Ahora hay que seguir con las mediciones emprendidas como para determinar adecuadamente el gasto en cada surco y para determinar si hay pérdidas de nitrógeno en profundidad juntas con el drenaje del agua.

## Bibliografía

AREOLA TOSTADO J.M., LEON MOJARRO (de) B., VULEVAS CISNEROS M.A., 1993. *La modernización del uso del agua en la agricultura de Guanajuato*. SARH-CNA-INIFAP-IMTA, Mexico, 150p.

BARRY E., septiembre 2001, *Premiers éléments sur la dynamique d'évolution des systèmes de production du Bajío Guanajuatense*. Guanajuato, Mexico. Informe de final de estudios, INA-PG.

BOUTIN A., septiembre 2002, *Evaluation des performances des irrigations à la raie dans le bajío Guanajuatense et propositions pour leur amélioration*. Informe DESS Gestion des systèmes agro-sylvo-pastoraux en zones tropicales, Université Paris XII.

CARRERE V., 2001. *Mise en évidence des systèmes de production agricole de la zone du Bajío Guanajuatense, Etat du Guanajuato Sud de l'Altiplano mexicain*. Informe de fin de estudios I.E.D.S. (Universidad PARIS I Panthéon Sorbonne)-INA-PG, Paris, 163p.

CASTELLANOS RAMOS J., HURTADO GARCIA B., VILLALOBOS REYES, BADILLO TOVAR V., VARGAS TAPIA P., ENRIQUEZ REYES S. A., 2000. *Características físicas y químicas de los suelos del estado de Guanajuato, a partir de los analisis de laboratorio del Campo experimental Bajío*. Reporte técnico del proyecto 47/99 de la Fundación Guanajuato Produce, AC. INIFAP, Centro de Investigación Regional del Centro, Campo Experimental Bajío. Celaya, Guanajuato, Mexico.

CASTELLANOS RAMOS J., HURTADO GARCIA B., VILLALOBOS REYES, BADILLO TOVAR V., VARGAS TAPIA P., ENRIQUEZ REYES S. A., 2000. *La calidad del agua subterránea para el uso agrícola en Guanajuato*. Reporte técnico del proyecto 47/99 de la Fundación Guanajuato Produce, AC. INIFAP, Centro de Investigación Regional del Centro, Campo Experimental Bajío. Celaya, Guanajuato, Mexico.

GILLET V., OLIVIER I., 2002. *L'irrigation dans le Bajío Guanajuatense: Evolution des règles de gestion et économies d'eau*. Informe ESAT-CNEARC, Montpellier, 103p.

GOULET F., 2002. *Analyse du fonctionnement des systèmes de culture en zone irriguée au Mexique: le cas du municipio de Valle de Santiago, Estado de Guanajuato*. Informe CNEARC, Montpellier, Francia.

IMTA y Secretaria de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca. Cuadernos de Investigación social, enero-abril 2000, número 2. *Comité técnicos de Aguas Subterráneas: Organización, desarrollo y problemática*.

IMTA y Secretaria de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca. Cuadernos de Investigación social, mayo-diciembre 2000, número 3. *Transformación productiva en la gran irrigación en el Bajío, edición doble,*

JOURDAIN D., mayo 2002. *Vers une diminution de la consommation de l'eau par l'agriculture réalisable oui, mais à quel coût? Le cas des productions du bajo Guanajuatense*. Guanajuato, Mexico. Présentation previa de tesis.

LEVINE G., GARCES-RESTREPO C., 1999. *El desempeño de los sistemas de riego y sus implicaciones para la agricultura de riego mexicana*. IWMI, Serie Latinoamericana No.11. México D.F., México. 37p.

LIDON B., junio 2002. *Compte rendu de mission au Mexique : Proposition pour l'amélioration de la gestion de l'eau conjointement à celle du semis direct sur résidu de récolte dans le cadre du projet ASOSID*, CIRAD-CA, Montpellier, Francia.

MAILHOL, J.-C., 2001. *Contribution à l'amélioration des pratiques d'irrigation à la raie par une modélisation simplifiée à l'échelle de la parcelle et de la saison*. Tesis de doctorado, Montpellier, Sciences de la terre et de l'eau, Universidad de Montpellier II: 276p.

PENALVA M. y TRIOMPHE B., noviembre 2003. *Propuesta para establecer una red de experimentos controlados, Proyecto ASOSID*. Celaya, Guanajuato, México

SOLTNER D., 2000. *Les grands types de sol et leur évolution*. In *Les bases de la production végétale, Tome I Le sol et son amélioration*. Editions Sciences et Techniques Agricoles, Sainte-Gemmes-sur-Loire : 95-166.

TERRONES RINCÓN (del) R.L., MEJIA AVILA C., GARCIA NIETO H., 2000. *Índices Agroclimáticos, Guanajuato*. CEBAJ. Celaya, Gto, México, 110p.

TIERCELIN, J.-R., Ed. 1998. *Traité d'irrigation*. Paris Lavoisier.

TRACONIS RAMOS F., 1993. *Panorámico de la contaminación del recurso hidráulico en Guanajuato, su saneamiento y su reutilización*. In *La modernización del uso del agua en la agricultura de Guanajuato*. SAHR, CNA, INIFAP, Celaya Guanajuato/ 51-54.

TRIOMPHE B., JOURDAIN D., AREOLA TOSTADO J.M., 2001. *Detección de obstáculos y necesidades sobre labranza de conservación, reporte final del proyecto CIMMYT-FIRA*. Document interne, Projet ASOSID, 61p.

## PAGINAS WEB CONSULTADAS

<http://www.fira.gob.mx/>

<http://fundacionguanajuato.com.mx>

[http://go.hrw.com/atlas/span\\_htm/mexico.htm](http://go.hrw.com/atlas/span_htm/mexico.htm)

<http://www.guanajuato.gob.mx/ciberwats/conoce.htm>

## Anexos

**Anexo 1: Encuesta en Valle de Santiago, prácticas culturales y unidades de nitrógeno**

**Anexo 2: Mapa del ensayo controlado en la parcela de Guadalupe Perez**

**Anexo 3: Mapa del ensayo controlado en la parcela de Samuel Aguilera**

**Anexo 4: Variables a medir en los ensayos**

**Anexo 5: Mediciones realizadas en la parcela de Guadalupe Perez**

**Anexo 6: Mediciones realizadas en la parcela de Samuel Aguilera**

**Anexo 7: Protocolo de medición del nitrógeno del suelo**

**Anexo 8: Variación de la pendiente entre los surcos**

**Anexo 9: Variación de la pendiente a lo largo de los surcos, Parcela de Guadalupe Perez**

**Anexo 10: Variación de la pendiente a lo largo de los surcos, Parcela de Samuel Aguilera**

**Anexo 1:**  
**Encuesta en Valle de Santiago, prácticas  
culturales y unidades de nitrógeno, ciclo OI  
02-03**

Document obtenu sur le site Cirad du réseau <a href="http://agroecologie.cirad.fr">http://agroecologie.cirad.fr</a>														
Parcela	Nombre agricultor	Sup. Ha.	Pozo o canal	Cultivo PV	Cultivo OI	Manejo Residuos	Prep. Suelo	Dosis amoniaco (kg/ha)	Unidades N por ha abono n°1	Abono con semilla (tipo y kg/ha)	Unidades N por ha abono n°2	sobre-abono (tipo y kg/ha)	Unidades N por ha abono n°3	Unidades N por ha total ciclo OI
1	Antonio Martinez C.	3	Pozo 17	Sorgo	Cebada	Empacados	1R+1B+2/3R	250	200.00	F 18/46/0 250	45	urea 150-200, SA 100	101.5	346.50
2	Francisco Quiroz P.	5.6	Pozo 17	Maiz blanco	Cebada	Dejados + Pasto	1R+1B+2R	300	240.00	Simple 200	0	urea 200	92	332.00
3	Sixtos Acosta B.	1.75	Pozo 17	Sorgo	Cebada	Empacados	1R+1B+2R	300	240.00	F 18/46/0 200	36	urea 300-350	149.5	425.50
4	Sixtos Acosta B.	1	Pozo 17	Sorgo	Cebada	Empacados	1R+1B+2R	300	240.00	F 18/46/0 200	36	urea 300-350	149.5	425.50
5	Guadalupe Paramo	4	Pozo 17	Sorgo	Cebada	Empacados	1R+1B+2R	275	220.00	F 18/46/0 250	45	urea 200	92	357.00
6	Guadalupe Paramo	1.25	Pozo 16	Sorgo	Cebada	Dejados	1R+1B+2R	275	220.00	F 18/46/0 250	45	urea 200	92	357.00
7	Delfino Santoyo L.	1.6	Pozo 17	Sorgo	Cebada	Quemados	1R+1B+2R	275	220.00	F 18/46/0 250	45	urea 200	92	357.00
8	Javier Perez O.	4.2	Pozo 17	Sorgo	Cebada	Empacados	1R+1B+2R	300	240.00	F 18/46/0 200	36	urea 200	92	368.00
9	Nicolas Bravo	3.6	Pozo 17	Sorgo	Cebada	Dejados	1R+1B+2R	300	240.00	F 18/46/0 100 Simple calcio 100 cloro de potasio 100	18	urea 250	115	373.00
10	Jose Martinez A.	1.5	Pozo 17	Sorgo	Cebada	Empacados	1R+1B+2R	250	200.00	F 18/46/0 300	54	urea 250-300	126.5	380.50
11	Ramiro Torres	3	Pozo 17	Sorgo	Cebada	Empacados	1R+1B+2R	300	240.00	F 18/46/0 200	36	urea 200	92	368.00
12	Albino Cuellar C.	4	Pozo 17	Sorgo	Cebada	Empacados	1R+1B+2R	250	200.00	F 18/46/0 250	45	urea 250	115	360.00
13	Merced Aguilar	5	Pozo 17	Sorgo	?	Empacados	1R+1B+2R	250	200.00	F 18/46/0 250	45	urea 250	115	360.00
14	Rafael Paramo	3.3	Pozo 17	Sorgo	Cebada	Empacados + quemados	1R+1B+2R	300	240.00	F 18/46/0 250	45	urea 400	184	469.00
15	Rafael Martinez B.	1	Pozo 17	Sorgo	Cebada	Dejados	1R+1B+2R	400	320.00	F 18/46/0 300	54	urea 400	184	558.00
16	Antonio Paramo G.	1	Pozo 17	Sorgo	Cebada	Empacados	1R+1B+2R	250	200.00	F 18/46/0 300	54	urea 400	184	438.00
18	Fenando Arredondo	4	Pozo 17	Sorgo	Cebada	Empacados	1R+1B+2R	300	240.00	F 18/46/0 150	27	urea 300	138	405.00
19	Fenando Arredondo	3.9	Pozo 17	Sorgo	Cebada	Empacados	1R+1B+2R	300	240.00	F 18/46/0 150	27	urea 300	138	405.00
20	Fernando Leguisamo	3.2	Canal	Maiz	Cebada	Dejados o Empacados según la cantidad	1R+1B+2R	0	0.00	F 18/46/0 250 + SA 300	108	SA 1000	210	318.00
21	Fernando Leguisamo	4.4	Canal	Maiz	Cebada	Dejados o Empacados según la cantidad	1R+1B+2R	0	0.00	F 18/46/0 250 + SA 300	108	SA 1000	210	318.00
22	Jose Garcia Gonzalez	4.1	Canal	Sorgo	Cebada	Empacados y dejados un poco	1R+1B+2R	275	220.00	F 18/46/0 199	36	urea 200	92	348.00
23	Jose Garcia	9	Canal y pozo individual	Sorgo	Cebada	Empacados	1R+1B+2R	150	120.00	F 18/46/0 200	36	urea 200	92	248.00
24	Jose Garcia	13	Canal y pozo individual	Sorgo	Cebada	Empacados	1R+1B+2R	150	120.00	F 18/46/0 200	36	urea 200	92	248.00
25	Jose Garcia	16	Canal y pozo individual	Sorgo	Cebada	Empacados	1R+1B+2R	150	120.00	F 18/46/0 200	36	urea 200	92	248.00
26	Jose Garcia	16	Canal y pozo individual	Sorgo	Cebada	Empacados	1R+1B+2R	150	120.00	F 18/46/0 200	36	urea 200	92	248.00
27	Jose Garcia	13.3	Canal y pozo individual	Sorgo	Cebada	Empacados	1R+1B+2R	150	120.00	F 18/46/0 200	36	urea 200	92	248.00
28	Jose Garcia	16.5	Canal y pozo individual	Sorgo	Cebada	Empacados	1R+1B+2R	150	120.00	F 18/46/0 200	36	urea 200	92	248.00

**Anexo 2:**  
**Mapa del ensayo controlado en la parcela  
de Guadalupe Perez**

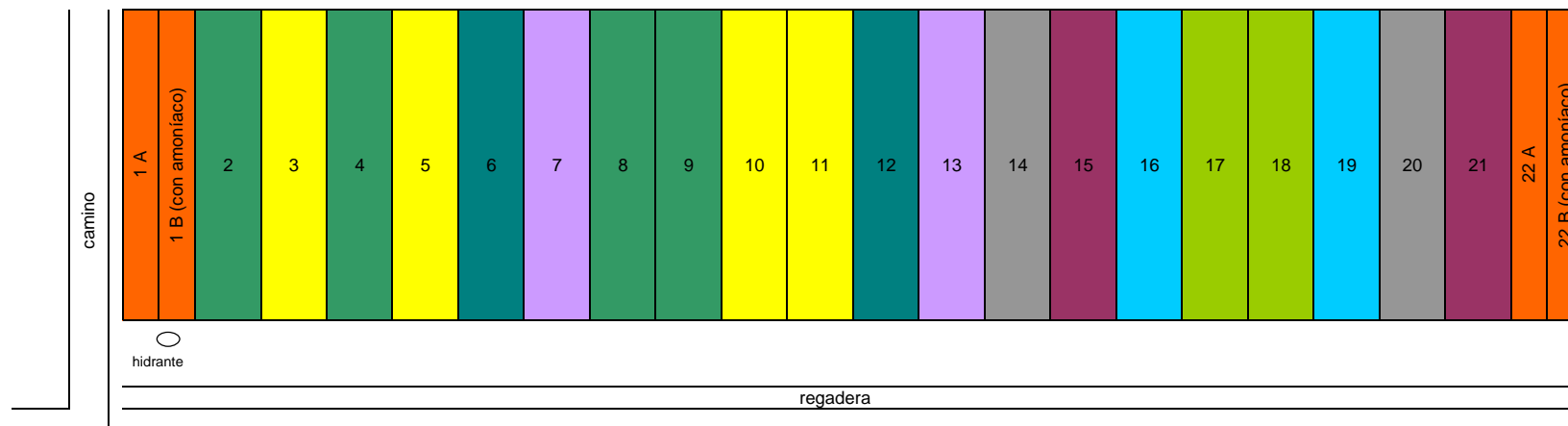


**Experimento de Guadalupe Pérez Guerrero, Valle de Santiago.**

**Croquis correspondiente al ciclo OI'02-03**

**Cultivo:** cebada y canola

**Cultivo anterior (ciclo PV'02):** maíz



1 y 22 -Testigo regional (barbechado con 100% de rastrojos); A: con la misma fertilización que el resto del cultivo (3 camas), B: con amoníaco 3 camas.

7 y 13 -SD de 2 hileras/surco de 80 cm (barbechado con 100% de rastrojos para preparar los surcos; 12 surcos).

6 y 12 -SD de 4 hileras/cama de 160 cm (barbechado con 100% de rastrojos para preparar las camas; 6 camas).

17 y 18 -Empacado (a futuro serán 12 surcos de 80 cm, ahora son 6 camas de 160 cm igual que parcelas 16 y 19).

16 y 19 -Empacado, 6 camas de 160 cm.

15 y 21 -100% de rastrojos (a futuro serán surcos de 80 cm, ahora son camas de 160 cm igual que parcelas 14 y 20).

14 y 20 -100% de rastrojos, camas con 160 cm.

2 al 5 y 8 al 11 -Rotación de cultivos: 2 - canola (5 camas de 160 cm)

3 - cebada (5 camas de 160 cm)

4, 8 y 9 - cebada (6 camas de 160 cm)

5, 10 y 11 - canola (6 camas de 160 cm)

Cultivo OI'02-03: cebada

Cultivo PV'02: maíz

N°	Nombre para Riego
1	Barbecho Repeticion 2
14	100% R2
16	Empacado R2
19	Empacado R1
20	100% R1
22	Barbecho Repeticion 1

Los surcos tienen los números de 0 a 6 en el sentido inverso del considerado para la numeración de las parcelas: el 6 está del lado del hidrante

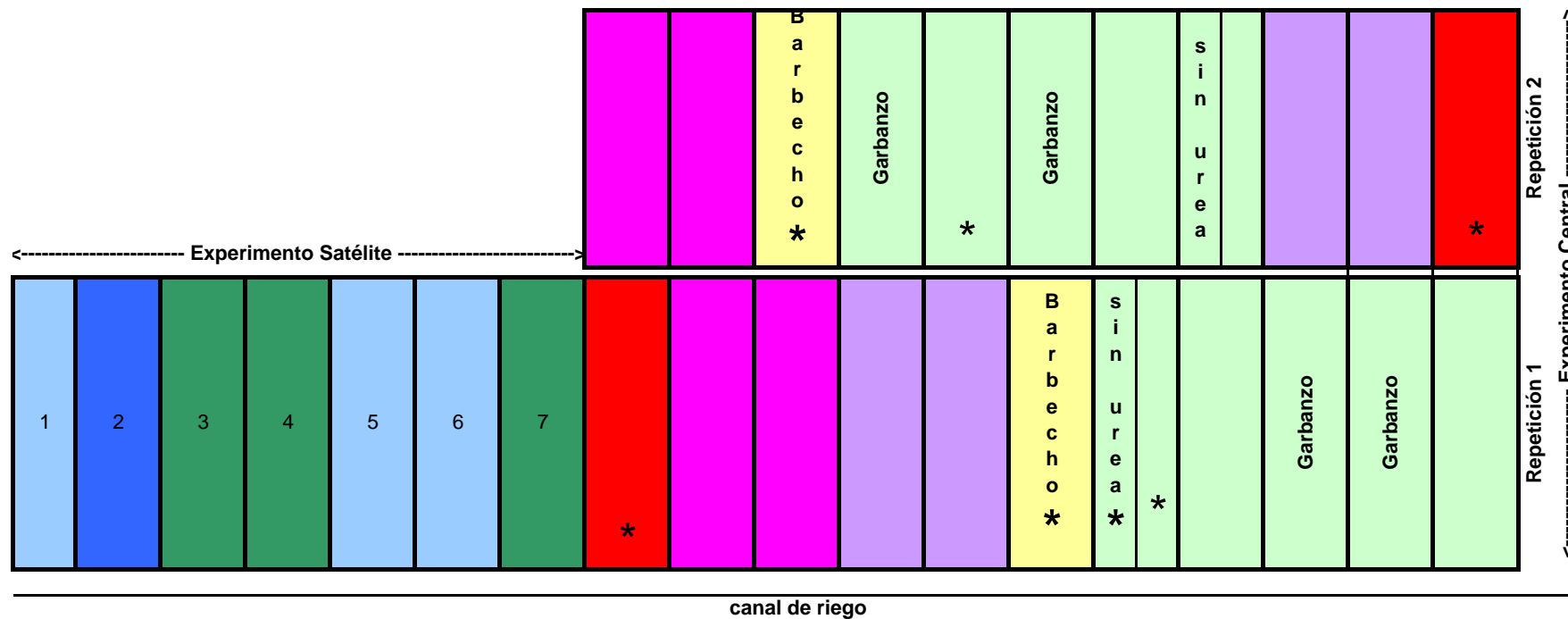
**Anexo 3:**  
**Mapa del ensayo controlado en la parcela  
de Samuel Aguilera**

**Experimento de Samuel Aguilera, Irapuato.**

**Croquis correspondiente al ciclo OI'02-03**

**Cultivo:** cebada "Esperanza" y garbanzo

**Cultivo anterior (ciclo PV'02):** sorgo



**Tratamientos del experimento satélite:**

- 1. Siembra normal con "del Bajío"
- 2. Siembra en 2 hileras/surco con "del Bajío"
- 3. Siembra en 2 hileras/surco con "Vence Tudo"

**Tratamientos del experimento central:**

- 1. Testigo tradicional (barbecho)
- 2. Testigo productor (empacado)
- 3. 100% de rastrojo
- 4. Empacado en cama ancha
- 5. 100% de rastrojo en cama ancha

\* Parcelas seguidas para el riego

## **Anexo 4:** **Variables a medir en los ensayos**

## **VARIABLES A MEDIR EN LOS ENSAYOS CONTROLADOS**

### **Estado del suelo**

1. Fertilidad del suelo (análisis de suelo completo).
2. Humedad del suelo antes de la siembra y antes de cada riego.
3. Porcentaje de cobertura del suelo.
4. Dinámica de nitratos.
5. Biomasa microbiana.
6. Resistencia a penetración.

### **Rastrojos**

7. Altura de pata (cm).
8. Cantidad de rastrojo dejado en la parcela (t MS/ha).
9. Distribución del rastrojo (homogénea, heterogénea).

### **Desarrollo del cultivo**

10. Población (números de plantas/ha).
11. Macollaje (número de macollos/planta). Se determinará dividiendo el número de tallos al momento de cosecha por el número de plantas determinado en población. La determinación de macollamiento se considera importante para la comparación de tratamientos con diferentes densidades de siembra.
12. Altura, color y cobertura del cultivo. Para el caso de color se utilizaría un medidor de clorofila.
13. Biomasa aérea del cultivo (kg MS/ha).

### **Condiciones de desarrollo del cultivo**

14. Enmalezamiento previo a los controles de malezas y cosecha (especies, grado de infestación, estado fisiológico).
15. Eficiencia del control de malezas.
16. Sanidad del cultivo (enfermedades y plagas). Observaciones rutinarias en las visitas de campo.
17. Eficiencia del control sanitario.

### **Uso del Agua**

18. Láminas de riego y eficiencia de aplicación.
19. Eficiencia del uso del agua (m<sup>3</sup>/kg de grano).

### **Cosecha**

20. Rendimiento del cultivo y componentes de rendimiento.
21. Pérdidas de cosecha.

### **Climatológicas**

22. Lluvias (mm) por día, mensual y anual (pensando en la posibilidad de establecer un abono verde/planta de cobertura).
23. Balance hídrico y sus componentes.
24. Temperaturas (mínima y máxima diaria).

### **Aspectos económicos**

25. Costos de producción.
26. Rentabilidad.

### **Otros**

27. Criterios adicionales identificados por los mismos productores (practicabilidad, etc.).

**Anexo 5:**  
**Mediciones realizadas en la parcela de**  
**Guadalupe Perez**

Datos del 10/01/03

**Guadalupe Perez Tratamiento 100%, R1, P20**

El surco 6 esta del lado del hidrante

Surco 0			
Distancia desde el inicio	Lectura del nivel (cm)	Pendiente %	Pendiente entre las
0 m	150		
5 m	138	2.400%	
10 m	134.5	0.700%	
15 m	130.5	0.800%	0.75%
20 m	131.5	-0.200%	
25 m	130.75	0.150%	
30 m	131	-0.050%	-0.03%
35 m	130.75	0.050%	
40 m	128.75	0.400%	
45 m	130	-0.250%	0.07%
50 m	130	0.000%	
55 m	127.75	0.450%	
60 m	128.5	-0.150%	0.10%
65 m	127.5	0.200%	
70 m	129	-0.300%	
75 m	128.25	0.150%	0.02%
Pendiente Tot		0.139%	

Surco 1			
Distancia desde el inicio	Lectura del nivel (cm)	Pendiente %	Pendiente entre las
0 m	146.5		
5 m	136.5	2.000%	
10 m	132.5	0.800%	
15 m	131.75	0.150%	0.48%
20 m	134	-0.450%	
25 m	132	0.400%	
30 m	131	0.200%	0.05%
35 m	128.5	0.500%	
40 m	129	-0.100%	
45 m	127.5	0.300%	0.23%
50 m	129	-0.300%	
55 m	127.5	0.300%	
60 m	129.5	-0.400%	-0.13%
65 m	129.5	0.000%	
70 m	130	-0.100%	
75 m	131.5	-0.300%	-0.13%
Pendiente Tot		0.071%	

Surco 2			
Distancia desde el inicio	Lectura del nivel (cm)	Pendiente %	Pendiente entre las
0 m	144		
5 m	133.5	2.100%	
10 m	131	0.500%	
15 m	131	0.000%	0.25%
20 m	129.75	0.250%	
25 m	129.25	0.100%	
30 m	129.75	-0.100%	0.08%
35 m	130.5	-0.150%	
40 m	128	0.500%	
45 m	128.5	-0.100%	0.08%
50 m	128.5	0.000%	
55 m	129	-0.100%	
60 m	130	-0.200%	-0.10%
65 m	129.5	0.100%	
70 m	128.5	0.200%	
75 m	128.5	0.000%	0.10%
Pendiente Tot		0.071%	

Surco 3			
Distancia desde el inicio	Lectura del nivel (cm)	Pendiente %	Pendiente entre las
0 m	146		
5 m	133	2.600%	
10 m	132	0.200%	
15 m	129	0.600%	0.40%
20 m	130	-0.200%	
25 m	131	-0.200%	
30 m	128	0.600%	0.07%
35 m	130.5	-0.500%	
40 m	128.5	0.400%	
45 m	128.75	-0.050%	-0.05%
50 m	130	-0.250%	
55 m	131.25	-0.250%	
60 m	129	0.450%	-0.02%
65 m	131.5	-0.500%	
70 m	131.5	0.000%	
75 m	130	0.300%	-0.07%
Pendiente Tot		0.043%	

Surco 4			
Distancia desde el inicio	Lectura del nivel (cm)	Pendiente %	Pendiente entre las
0 m	143		
5 m	134	1.800%	
10 m	131.75	0.450%	
15 m	133	-0.250%	0.10%
20 m	132.25	0.150%	
25 m	130.5	0.350%	
30 m	130.5	0.000%	0.17%
35 m	129	0.300%	
40 m	130	-0.200%	
45 m	128.5	0.300%	0.13%
50 m	130	-0.300%	
55 m	131	-0.200%	
60 m	129.75	0.250%	-0.08%
65 m	129.75	0.000%	
70 m	128.75	0.200%	
75 m	128	0.150%	0.12%
Pendiente Tot		0.086%	

Surco 5			
Distancia desde el inicio	Lectura del nivel (cm)	Pendiente %	Pendiente entre las
0 m	144.5		
5 m	136	1.700%	
10 m	132.75	0.650%	
15 m	132	0.150%	0.40%
20 m	131.5	0.100%	
25 m	131.75	-0.050%	
30 m	132.5	-0.150%	-0.03%
35 m	131	0.300%	
40 m	133.25	-0.450%	
45 m	130.75	0.500%	0.12%
50 m	129	0.350%	
55 m	129.5	-0.100%	
60 m	129.5	0.000%	0.08%
65 m	130.25	-0.150%	
70 m	131.75	-0.300%	
75 m	130.5	0.250%	-0.07%
Pendiente Tot		0.079%	

Surco 6			
Distancia desde el inicio	Lectura del nivel (cm)	Pendiente %	Pendiente entre las
0 m	142.75		
5 m	136	1.350%	
10 m	133.75	0.450%	
15 m	132.5	0.250%	0.35%
20 m	131	0.300%	
25 m	131.25	-0.050%	
30 m	129.25	0.400%	0.22%
35 m	130.75	-0.300%	
40 m	130.25	0.100%	
45 m	129.75	0.100%	-0.03%
50 m	128.5	0.250%	
55 m	131	-0.500%	
60 m	129.75	0.250%	0.00%
65 m	131.25	-0.300%	
70 m	131	0.050%	
75 m	130.5	0.100%	-0.05%
Pendiente Tot		0.079%	



### 3 Riego de siembra

Día del riego 23/12/02

#### 3.1 Características de las condiciones de manejo del agua

Gasto de la válvula l/mn 1800  
 Número de surcos regados al mismo tiempo 172  
 Gasto promedio por surco l/mn 10.4651163

Humedad del suelo (contenido de agua del suelo en porcentaje del peso de suelo seco) antes del riego

Muestreo realizado en el medio del tercer surco

	Surco 3 0-15 cm	Surco 3 15-30 cm	Surco 3 30-60 cm	Surco 3 60-90 cm
Data de muestreo	22-Dec-02	22-Dec-02	22-Dec-02	22-Dec-02
Peso húmedo	278.70gr	340.00gr	973.30gr	998.60gr
Peso seco	242.09gr	273.41gr	756.50gr	735.20gr
Humedad del suelo en% base p	15%	24%	29%	36%

Evaluación de la cantidad de residuos (caso de siembra directa)

Tipo de cultivo previo Maiz

Rendimiento del cultivo previo 12 toneladas

Peso de los residuos en una area de 0,8 m2

N° de la muestra	Localizacion	Peso húmedo	Peso seco	Peso seco promedio
Surco 3	12 m	740.00 g	722.24 g	972.94 g/m²
Surco 3	37 m	950.00 g	924.83 g	
Surco 3	62 m	710.00 g	687.99 g	

#### 3.2 Datos del avance del agua en el surco y variación del gasto

Distancia alcanzada por el agua	Gasto en la entrada de la compuerta litro por seg	alcance del agua					
		Surco 1	Surco 2	Surco 3	Surco 4	Surco 5	Surco 6
0 m	30	10:32:00	10:32:00	10:32:00	10:32:00	10:32:00	10:32:00
15 m	30	11:45:00	12:40:00	11:48:00	13:17:00	11:51:00	13:08:00
30 m	30	13:12:00	17:12:00	13:43:00	18:16:00	14:19:00	15:37:00
45 m	30	15:57:00	20:44:00	16:08:00	21:01:00	16:18:00	18:55:00
60 m	30	17:14:00	23:34:00	19:15:00	0:29:00	20:30:00	21:41:00
75 m	30	22:01:00	2:41:00	0:44:00	5:09:00	2:25:00	2:59:00

#### 3.3 Altura de agua en el surco a 10 m del inicio del surco (cm)

Surco 1	Surco 2	Surco 3	Surco 4	Surco 5	Surco 6
5.8	5.4	9.5	5.8	8.7	6.3

















Guadalupe Perez Tratamiento Barbecho, R2, P1

Distancia desde el inicio	Surco 0		
	Lectura del nivel (cm)	Pendiente %	Pendiente entre las
0 m	145.25		
5 m	144.75	0.100%	
10 m	138.25	1.300%	
15 m	138.5	-0.050%	0.63%
20 m	138	0.100%	
25 m	136.75	0.250%	
30 m	135	0.350%	0.23%
35 m	129.5	1.100%	
40 m	129.25	0.050%	
45 m	129.25	0.000%	0.38%
50 m	129.25	0.000%	
55 m	124	1.050%	
60 m	126.5	-0.500%	0.18%
65 m	126.25	0.050%	
70 m	127.25	-0.200%	
75 m	126.5	0.150%	0.00%
Pendiente Tot		0.261%	

Distancia desde el inicio	Surco 1		
	Lectura del nivel (cm)	Pendiente %	Pendiente entre las
0 m	149.5		
5 m	147.5	0.400%	
10 m	142	1.100%	
15 m	146	-0.800%	0.15%
20 m	141.5	0.900%	
25 m	140.75	0.150%	
30 m	140	0.150%	0.40%
35 m	137	0.600%	
40 m	136.5	0.100%	
45 m	134.5	0.400%	0.37%
50 m	134.5	0.000%	
55 m	132	0.500%	
60 m	132	0.000%	0.17%
65 m	131	0.200%	
70 m	129.5	0.300%	
75 m	131.5	-0.400%	0.03%
Pendiente Tot		0.229%	

Distancia desde el inicio	Surco 2		
	Lectura del nivel (cm)	Pendiente %	Pendiente entre las
0 m	152		
5 m	149	0.600%	
10 m	146.25	0.550%	
15 m	144.25	0.400%	0.48%
20 m	143.5	0.150%	
25 m	145.5	-0.400%	
30 m	143.75	0.350%	0.03%
35 m	140	0.750%	
40 m	139	0.200%	
45 m	139	0.000%	0.32%
50 m	140.5	-0.300%	
55 m	137	0.700%	
60 m	136	0.200%	0.20%
65 m	135.5	0.100%	
70 m	134.25	0.250%	
75 m	133.5	0.150%	0.17%
Pendiente Tot		0.221%	

Distancia desde el inicio	Surco 3		
	Lectura del nivel (cm)	Pendiente %	Pendiente entre las
0 m	152.75		
5 m	150	0.550%	
10 m	145.75	0.850%	
15 m	147	-0.250%	0.30%
20 m	144.75	0.450%	
25 m	145	-0.050%	
30 m	144.5	0.100%	0.17%
35 m	140	0.900%	
40 m	141.25	-0.250%	
45 m	141	0.050%	0.23%
50 m	140.5	0.100%	
55 m	136.5	0.800%	
60 m	136.5	0.000%	0.30%
65 m	136.5	0.000%	
70 m	136.25	0.050%	
75 m	136.25	0.000%	0.02%
Pendiente Tot		0.196%	

Distancia desde el inicio	Surco 4		
	Lectura del nivel (cm)	Pendiente %	Pendiente entre las
0 m	151		
5 m	150.75	0.050%	
10 m	145.25	1.100%	
15 m	148	-0.550%	0.28%
20 m	145	0.600%	
25 m	142.25	0.550%	
30 m	143	-0.150%	0.33%
35 m	141	0.400%	
40 m	139.75	0.250%	
45 m	138	0.350%	0.33%
50 m	137.5	0.100%	
55 m	138.75	-0.250%	
60 m	136.5	0.450%	0.10%
65 m	138.75	-0.450%	
70 m	137.5	0.250%	
75 m	137.75	-0.050%	-0.08%
Pendiente Tot		0.186%	

Distancia desde el inicio	Surco 5		
	Lectura del nivel (cm)	Pendiente %	Pendiente entre las
0 m	150		
5 m	150	0.000%	
10 m	147.5	0.500%	
15 m	147	0.100%	0.30%
20 m	139.5	1.500%	
25 m	145.5	-1.200%	
30 m	144	0.300%	0.20%
35 m	141.5	0.500%	
40 m	139.5	0.400%	
45 m	137.25	0.450%	0.45%
50 m	141.75	-0.900%	
55 m	140	0.350%	
60 m	138.75	0.250%	-0.10%
65 m	133.5	1.050%	
70 m	131.25	0.450%	
75 m	136.25	-1.000%	0.17%
Pendiente Tot		0.196%	

Distancia desde el inicio	Surco 6		
	Lectura del nivel (cm)	Pendiente %	Pendiente entre las
0 m			
5 m		0.000%	
10 m		0.000%	
15 m		0.000%	0.00%
20 m		0.000%	
25 m		0.000%	
30 m		0.000%	0.00%
35 m		0.000%	
40 m		0.000%	
45 m		0.000%	0.00%
50 m		0.000%	
55 m		0.000%	
60 m		0.000%	0.00%
65 m		0.000%	
70 m		0.000%	
75 m		0.000%	0.00%
Pendiente Tot		0.000%	







### 3 Riego de siembra

Día del riego 22/12/02

#### 3.1 Características de las condiciones de manejo del agua

Gasto de la válvula l/mn	0
Número de surcos regados al mismo tiempo	172
Gasto promedio por surco l/mn	0

Humedad del suelo (contenido de agua del suelo en porcentaje del peso de suelo seco) antes del riego

Muestreo realizado en el medio del tercer surco

	Surco 3 0-15 cm	Surco 3 15-30 cm	Surco 3 30-60 cm	Surco 3 60-90 cm
Data de muestreo	22-Dec-02	22-Dec-02	22-Dec-02	22-Dec-02
Peso húmedo	169.40gr	308.60gr	981.50gr	932.30gr
Peso seco	122.10gr	221.91gr	693.70gr	669.60gr
Humedad del suelo en% base p	38.7%	39.1%	41.5%	39.2%

Evaluación de la cantidad de residuos (caso de siembra directa)

Tipo de cultivo previo Maiz

Rendimiento del cultivo previo 12 toneladas

Peso de los residuos en una area de 0,8 m2

N° de la muestra	Localizacion	Peso húmedo	Peso seco	Peso seco promedio
Surco 2	12 m	1150.00 g	1081.00 g	1304.13 g/m²
Surco 2	37 m	1050.00 g	1001.70 g	
Surco 2	62 m	1100.00 g	1047.20 g	
Surco 5	12 m	520.00 g	471.64 g	502.61 g/m²
Surco 5	37 m	530.00 g	489.19 g	
Surco 5	62 m	260.00 g	245.44 g	

#### 3.2 Datos del avance del agua en el surco y variación del gasto

Distancia alcanzada por el agua	Gasto en la entrada de la compuerta litro por seg	alcance del agua					
		Surco 1	Surco 2	Surco 3	Surco 4	Surco 5	Surco 6
0 m		10:34	10:34	10:34	10:34	10:34	10:34
15 m		11:14	11:16	12:38	11:39	11:28	11:14
30 m		13:32	12:31	18:53	12:52	12:40	11:43
45 m		17:41	14:35	2:02	15:14	14:32	12:28
60 m		23:23	16:28	6:33	18:04	18:09	14:15
75 m		3:12	20:50	7:40	20:40	20:53	15:10

#### 3.3 Altura de agua en el surco a 10 m del inicio del surco (cm)

Surco 1	Surco 2	Surco 3	Surco 4	Surco 5	Surco 6
5.4	8.3	7.7	7.6	8.2	11.5

#### 4 Primer riego de auxilio

Dia del riego

##### 4.1 Características de las condiciones de manejo del agua

Gasto de la válvula l/mn

1500

Número de surcos regados al mismo tiempo

#DIV/0!

Gasto promedio por surco l/mn

#DIV/0!

Humedad del suelo (contenido de agua del suelo en porcentaje de peso del suelo seco) antes del riego

Muestreo realizado en el medio de los surcos 3 y 8

	Surco 3 0-15 cm	Surco 3 15-30 cm	Surco 3 30-60 cm	Surco 3 60-90 cm
Data de muestreo				
Peso húmedo				
Peso seco				
Humedad del suelo en%	0%	0%	0%	0%

##### 4.2 Datos del avance del agua en el surco y variaciones del gasto

Distancia alcanzada por el agua	Gasto en la entrada de la compuerta litro por seg	alcance del agua						
		Surco 0	Surco 1	Surco 2	Surco 3	Surco 4	Surco 5	Surco 6
0 m	30							
20 m	30							
40 m	30							
60 m	30							
75 m	30							

##### 4.3 Altura de agua en el surco a 10 m del inicio del surco (cm)

Surco 0	Surco 1	Surco 2	Surco 3	Surco 4	Surco 5	Surco 6



## Prueba de desempeño de los riegos del ciclo OI

Fecha	23/12/02
Sitio	Valle de Santiago
Nombre del dueño de la parcela	Guadalupe Perez
Cultivo	Cebada
Tipo de preparación del suelo y del manejo de los residuos	Empacado
Fecha de siembra	17 y 18/12/2002

### 1 Características físicas del suelo

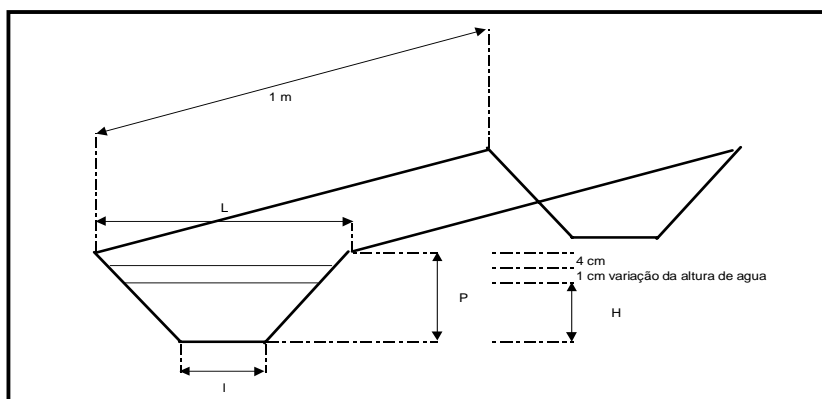
Tipo de suelo	
Características textura del suelo 0-30 cm	% arena
	% limon
	% arcilla

Determinación de la tasa de infiltración

Perfil transversal del surco

Ancho	L	53.29 cm
profundidad	P	13.07 cm
Plantilla	I	25.00 cm

Perímetro mojado promedio	0.66 m
Area mojada máxima	0.0316 m <sup>2</sup>
Area mojada mínima	0.0272 m <sup>2</sup>
Volumen de agua aplicado	4.35 l



Hora de inicio de la medición	Hora de re-abastecimiento 1	Hora de re-abastecimiento 2	Hora de re-abastecimiento 3
Volumen de agua aplicado			

Tasa de infiltración media medida (l/m) Cs	#DIV/0!
Tasa de infiltración de referencia (l/m) Cso	#DIV/0!
Capacidad de campo (% de volumen de suelo)	
Punto de machítez permanente (% de volumen de suelo)	

### 2 Características físicas de la parcela y de los surcos

Superficie de la parcela	0.001 ha
Longitud de los surcos	75 m
Ancho entre surcos	1.61 m
L	53.29 cm
p	13.07 cm
I	25.00 cm

Pendiente longitudinal promedio de los surcos

Pendiente longitudinal promedio de los surcos	0.069%
Calidad de la nivelación (desviación estandar)	0.2446%

Distancia desde el inicio	Surco 2	
	Lectura del nivel (cm)	Pendiente %
0 m	148.25	
15 m	135	0.883%
30 m	130.5	0.300%
45 m	132.5	-0.133%
60 m	133.5	-0.067%
75 m	134.5	-0.067%
0 m		
0 m		
0 m		
0 m		
0 m		
0 m		
0 m		
0 m		
0 m		

Distancia desde el inicio	Surco 5	
	Lectura del nivel (cm)	Pendiente %
0 m	153	
15 m	137.75	1.017%
30 m	134.25	0.233%
45 m	134.5	-0.017%
60 m	137	-0.167%
75 m	135.5	0.100%
0 m		
0 m		
0 m		
0 m		
0 m		
0 m		
0 m		
0 m		
0 m		



#### 4 Primer riego de auxilio

Día del riego

##### 4.1 Características de las condiciones de manejo del agua

Gasto de la válvula l/mn

0

Número de surcos regados al mismo tiempo

#DIV/0!

Gasto promedio por surco l/mn

Humedad del suelo (contenido de agua del suelo en porcentaje de peso del suelo seco) antes del riego

Muestreo realizado en el medio de los surcos 3 y 8

	Surco 3 0-15 cm	Surco 3 15-30 cm	Surco 3 30-60 cm	Surco 3 60-90 cm
Data de muestreo				
Peso húmedo				
Peso seco				
Humedad del suelo en%	0%	0%	0%	0%

##### 4.2 Datos del avance del agua en el surco y variaciones del gasto

Distancia alcanzada por el agua	Gasto en la entrada de la compuerta litro por seg	alcance del agua						
		Surco 0	Surco 1	Surco 2	Surco 3	Surco 4	Surco 5	Surco 6
0 m	30							
20 m	30							
40 m	30							
60 m	30							
75 m	30							

##### 4.3 Altura de agua en el surco a 10 m del inicio del surco (cm)

Surco 0	Surco 1	Surco 2	Surco 3	Surco 4	Surco 5	Surco 6

**5 Segundo riego de auxilio**

Dia del riego

**4.1 Características de las condiciones de manejo del agua**

Gasto de la válvula l/mn   
 Número de surcos regados al mismo tiempo   
 Gasto promedio por surco l/mn

Humedad del suelo (contenido de agua del suelo en porcentaje de peso del suelo seco) antes del riego

Muestreo realizado en el medio de los surcos 3 y 8

	Surco 3 0-15 cm	Surco 3 15-30 cm	Surco 3 30-60 cm	Surco 3 60-90 cm
Data de muestreo				
Peso húmedo				
Peso seco				
Humedad del suelo en%	0%	0%	0%	0%

**4.2 Datos del avance del agua en el surco e variaciones del gasto**

Distancia alcanzada por el agua	Gasto en la entrada de la compuerta litro por seg	alcance del agua						
		Surco 0	Surco 1	Surco 2	Surco 3	Surco 4	Surco 5	Surco 6
0 m	30							
20 m	30							
40 m	30							
60 m	30							
75 m	30							

**4.3 Altura de agua en el surco a 10 m del inicio del surco (cm)**

Surco 0	Surco 1	Surco 2	Surco 3	Surco 4	Surco 5	Surco 6



**Anexo 6:**  
**Mediciones realizadas en la parcela de**  
**Samuel Aguilera**

# **Anexo 7:** **Protocolo de medición del nitrógeno del suelo**

## SUELOS

## REACTIVOS

Sulfato de Potasio , 0.5 M. Disolver 87.135 de sulfato de potasio en agua destilada y complementar a un litro

Hidróxido de Sodio, 4 M. Disolver 160 gr de Hidróxido de Sodio en 1000 ml de agua destilada

Ácido Salicílico al 5 % Disolver 5 gramos de Ácido Salicílico en 95 ml de Ácido Sulfúrico concentrado . ( Se puede preparar un día antes de la determinación , y se puede mantener estable por 7 días si se almacena en un lugar oscuro y fresco, pero se recomienda prepararse justo antes del análisis)

### Curva de Calibración:

- 1.- Secar nitrato de potasio a 10 grados centígrados durante 2 horas y dejar enfriar en un desecador.
- 2.- Disolver exactamente 7.223 gramos de nitrato de potasio ( seco) en agua destilada y complementar a 1000 mililitros . Esta es una solución estándar de 1000 ppm de nitratos
- 3.- Medir 25 ml de la solución patrón de 1000 ppm de nitratos y complementar a 500 ml con agua destilada, Esta Solución 50 ppm de nitratos
- 4.- Pipetear 0, 2, 4, 6, 8 y 10 ml de solución de 50 ppm de nitratos en matraces volumétricos de 50 ml Aforar con solución extráctate, los matraces contienen solución estándar de 0, 2, 4, 6, 8, 10 ppm de nitratos

## EXTRACCON

- 1.- Pesar 10 gramos de suelo, agregar 20 ml de solución de sulfato de potasio 0.5 M. En un matraz de 250 ml.
- 2.-agitar durante 30 minutos a 60 rpm.
- 3.- Filtrar (usar papel Whatman 42) o centrifugar la muestra y hacer la determinación en una solución clara.

Nota. No extraer con KCl 1 M , debido a que el Ion Cl Podría causar interferencia en la formación de color, suelo húmedo podría ser utilizado , siempre y cuando tenga poco tiempo de haber sido muestreado, para evitar problemas de acumulación como consecuencia de Mineralización , Corregir el valor considerando el contenido de agua.

### Procedimiento:

- 1.- Pipetear 0.5 ml de cada estándar y muestra , colocar la alícuota en tubos de ensayo.
- 2.- Agregar 1 ml de solución de ácido salicílico a cada tubo, mezclar inmediatamente después de adicionar el ácido y dejar enfriar durante 30 minutos
- 3.- Adicionar 10 mililitros de la solución 4 M. de Hidróxido de Sodio en cada tubo y dejar reposar 1 hora para la formación de color, el color es estable por solo 12 horas
- 4.- leer a 410 NM en un espectrofotómetro de luz visible

## **Anexo 8:** **Variación de la pendiente entre los surcos**

**Anexo: Desviación entre los surcos de un mismo tratamiento, Samuel Aguilera***Repetición 1, 100% residuos*

Numero de surco	Pendiente total
surco 1	0.69%
surco 2	0.70%
surco 3	0.68%
surco 4	0.69%
surco 5	0.69%
surco 6	0.68%
surco 7	0.69%
surco 8	0.69%
surco 9	0.65%
surco 10	0.67%
surco 11	0.69%
surco 12	0.68%
surco 13	0.69%
surco 14	0.69%
surco 15	0.70%
promedia	0.69%
Desviación estandar	0.05%

*Repetición 1, Empacado*

Numero de surco	Pendiente total
	0.64%
surco 2	0.63%
surco 3	0.64%
surco 4	0.65%
surco 5	0.64%
surco 6	0.65%
surco 7	0.64%
surco 8	0.65%
surco 9	0.64%
surco 10	0.64%
surco 11	0.65%
surco 12	0.65%
surco 13	0.66%
surco 14	0.62%
surco 15	0.62%
promedia	0.64%
Desviación	0.04%

*Repetición 2, Empacado*

Numero de surco	Pendiente total
surco 1	0.75%
surco 2	0.77%
surco 3	0.77%
surco 4	0.76%
surco 5	0.75%
surco 6	0.76%
surco 7	0.72%
surco 8	0.73%
surco 9	0.74%
surco 10	0.75%
surco 11	0.78%
surco 12	0.77%
surco 13	0.77%
surco 14	0.76%
surco 15	0.77%
promedia	0.76%
Desviación	0.06%

*Repetición 2, Barbecho*

Numero de surco	Pendiente total
surco 1	0.65%
surco 2	0.65%
surco 3	0.65%
surco 4	0.66%
surco 5	0.70%
surco 6	0.71%
surco 7	0.66%
surco 8	0.64%
surco 9	0.62%
surco 10	0.62%
surco 11	0.63%
surco 12	0.61%
surco 13	0.62%
surco 14	0.63%
surco 15	0.62%
promedia	0.64%
Desviación	0.11%

*Repetición 1, Barbecho*

Numero de surco	Pendiente total
surco 1	0.68%
surco 2	0.67%
surco 3	0.70%
surco 4	0.69%
surco 5	0.66%
surco 6	0.66%
surco 7	0.67%
surco 8	0.67%
surco 9	0.66%
surco 10	0.68%
surco 11	0.69%
surco 12	0.64%
surco 13	0.66%
surco 14	0.64%
surco 15	0.64%
promedia	0.67%
Desviación	0.07%

*Repetición 2, 100% residuos*

Numero de surco	Pendiente total
surco 1	0.65%
surco 2	0.63%
surco 3	0.64%
surco 4	0.66%
surco 5	0.65%
surco 6	0.62%
surco 7	0.65%
surco 8	0.61%
surco 9	0.67%
surco 10	0.66%
surco 11	0.69%
surco 12	0.68%
surco 13	0.67%
surco 14	0.66%
surco 15	0.66%
promedia	0.65%
Desviación	0.08%

## **Anexo 9:** **Variación de la pendiente a lo largo de los surcos, Parcela de Guadalupe Perez**

**Desviacion estandar entre los surcos de un mismo tratamiento, Guadalupe Perez**

*Repeticion 1, 100%*

Numero de surco	Pendiente total
surco 0	0.14%
surco 1	0.07%
surco 2	0.07%
surco 3	0.04%
surco 4	0.09%
surco 5	0.08%
surco 6	0.08%
promedia	0.08%
Desviacion	0.07%

*Repeticion 1, Empacado*

Numero de surco	Pendiente total
surco 0	0.08%
surco 1	0.11%
surco 2	0.03%
surco 3	0.06%
surco 4	0.07%
surco 5	0.07%
surco 6	0.06%
promedia	0.07%
Desviacion	0.06%

*Repeticon 1, Barbecho*

Numero de surco	Pendiente total
surco 0	0.11%
surco 1	0.16%
surco 2	0.16%
surco 3	0.13%
surco 4	0.18%
surco 5	0.18%
surco 6	0.14%
promedia	0.15%
Desviacion	0.06%

*Repeticion 2, 100%*

Numero de surco	Pendiente total
surco 0	0.09%
surco 1	0.05%
surco 2	0.06%
surco 3	0.07%
surco 4	0.01%
surco 5	0.10%
surco 6	0.05%
promedia	0.06%
Desviacion	0.07%

*Repeticon 2, Empacado*

Numero de surco	Pendiente total
surco 0	0.05%
surco 1	0.06%
surco 2	0.05%
surco 3	0.11%
surco 4	0.05%
surco 5	0.08%
surco 6	0.11%
promedia	0.08%
Desviacion	0.07%

*Repeticion 2, Barbecho*

Numero de surco	Pendiente total
surco 0	0.26%
surco 1	0.23%
surco 2	0.22%
surco 3	0.20%
surco 4	0.19%
surco 5	0.20%
promedia	0.21%
Desviacion	0.06%

Guadalupe Perez Tratamiento 100%, R2, P14

el surco 6 esta del lado del hidrante

Distancia desde el inicio	Surco 0		
	Lectura del nivel (cm)	Pendiente %	Pendiente entre las
0 m	150		
5 m	145.5	0.90%	
10 m	144	0.30%	
15 m	144.5	-0.10%	0.10%
20 m	141.25	0.65%	
25 m	142	-0.15%	
30 m	140.5	0.30%	0.27%
35 m	137.5	0.60%	
40 m	139.5	-0.40%	
45 m	137.75	0.35%	0.18%
50 m	136.25	0.30%	
55 m	135	0.25%	
60 m	139.5	-0.90%	-0.12%
65 m	139.5	0.00%	
70 m	138.5	0.20%	
75 m	139.5	-0.20%	0.00%
Pendiente Tot		0.09%	0.09%
Desviacion estandar		1.68%	0.30%

Distancia desde el inicio	Surco 1		
	Lectura del nivel (cm)	Pendiente %	Pendiente entre las
0 m	152.25		
5 m	142.75	1.90%	
10 m	146.5	-0.75%	
15 m	140.5	1.20%	0.23%
20 m	142.75	-0.45%	
25 m	142.75	0.00%	
30 m	140.75	0.40%	-0.02%
35 m	137.25	0.70%	
40 m	134.75	0.50%	
45 m	137.25	-0.50%	0.23%
50 m	136.25	0.20%	
55 m	139.25	-0.60%	
60 m	140	-0.15%	-0.18%
65 m	140.25	-0.05%	
70 m	140.25	0.00%	
75 m	139.5	0.15%	0.03%
Pendiente Tot		0.05%	0.06%
Desviacion estandar		2.64%	0.35%



## Guadalupe Perez Tratamiento 100%, R2, P14

Distancia desde el inicio	Surco 2		
	Lectura del nivel (cm)	Pendiente %	Pendiente entre las
0 m	149		
5 m	143.5	1.10%	
10 m	139.25	0.85%	
15 m	141	-0.35%	0.25%
20 m	141.25	-0.05%	
25 m	141	0.05%	
30 m	141	0.00%	0.00%
35 m	138.25	0.55%	
40 m	136	0.45%	
45 m	135.5	0.10%	0.37%
50 m	134.25	0.25%	
55 m	138.5	-0.85%	
60 m	138.75	-0.05%	-0.22%
65 m	140.5	-0.35%	
70 m	139.5	0.20%	
75 m	139	0.10%	-0.02%
Pendiente Tot		0.06%	0.08%
Desviacion estandar		1.81%	0.46%

Distancia desde el inicio	Surco 3		
	Lectura del nivel (cm)	Pendiente %	Pendiente entre las
0 m	149.5		
5 m	144.5	1.00%	
10 m	144.25	0.05%	
15 m	143.25	0.20%	0.13%
20 m	142.25	0.20%	
25 m	141.5	0.15%	
30 m	140.5	0.20%	0.18%
35 m	141	-0.10%	
40 m	138.75	0.45%	
45 m	136.5	0.45%	0.27%
50 m	139.25	-0.55%	
55 m	138.75	0.10%	
60 m	140.5	-0.35%	-0.27%
65 m	140.75	-0.05%	
70 m	141	-0.05%	
75 m	139.5	0.30%	0.07%
Pendiente Tot		0.07%	0.08%
Desviacion estandar		1.35%	0.41%

## Guadalupe Perez Tratamiento 100%, R2, P14

Distancia desde el inicio	Surco 4		
	Lectura del nivel (cm)	Pendiente %	Pendiente entre las
0 m	144		
5 m	139.5	0.90%	
10 m	139.5	0.00%	
15 m	139.5	0.00%	0.00%
20 m	139.5	0.00%	
25 m	139.5	0.00%	
30 m	137	0.50%	0.17%
35 m	134.5	0.50%	
40 m	136.5	-0.40%	
45 m	134.5	0.40%	0.17%
50 m	136.5	-0.40%	
55 m	138.5	-0.40%	
60 m	138.5	0.00%	-0.27%
65 m	138.5	0.00%	
70 m	139.5	-0.20%	
75 m	138.5	0.20%	0.00%
Pendiente Tot		0.01%	0.01%
Desviacion estandar		1.40%	0.35%

Distancia desde el inicio	Surco 5		
	Lectura del nivel (cm)	Pendiente %	Pendiente entre las
0 m	146.25		
5 m	145.75	0.10%	
10 m	143.25	0.50%	
15 m	142	0.25%	0.38%
20 m	140.25	0.35%	
25 m	138.75	0.30%	
30 m	138.5	0.05%	0.23%
35 m	135.75	0.55%	
40 m	135.25	0.10%	
45 m	134.5	0.15%	0.27%
50 m	136.5	-0.40%	
55 m	136	0.10%	
60 m	136	0.00%	-0.10%
65 m	136	0.00%	
70 m	139	-0.60%	
75 m	138.5	0.10%	-0.17%
Pendiente Tot		0.10%	0.12%
Desviacion estandar		1.12%	0.48%

Guadalupe Perez Tratamiento 100%, R2, P14

Distancia desde el inicio	Surco 6		
	Lectura del nivel (cm)	Pendiente %	Pendiente entre las
0 m	152		
5 m	144	1.60%	
10 m	140	0.80%	
15 m	139.25	0.15%	0.48%
20 m	142	-0.55%	
25 m	140	0.40%	
30 m	148.25	-	-0.08%
35 m	137.25	-	
40 m	137	0.05%	
45 m	135.25	0.35%	0.20%
50 m	135.5	-0.05%	
55 m	136.25	-0.15%	
60 m	138	-0.35%	-0.18%
65 m	138	0.00%	
70 m	138	0.00%	
75 m	140.25	-0.45%	-0.15%
Pendiente Tot		0.02%	0.05%
Desviacion estandar		1.98%	0.56%

**Anexo 10:**  
**Variación de la pendiente a lo largo de los  
surcos, parcela de Samuel Aguilera**

## Samuel Aguilera Tratamiento 100%, R2

el surco 0 esta del lado del hidrante

datos del 15/01/2003

Distancia desde el inicio	Surco 1		
	Lectura del nivel (cm)	Pendiente %	Pendiente entre las
0.0 m	104		
8.8 m	116.2	1.39%	
17.6 m	121.1	0.56%	
26.4 m	130.8	1.10%	0.83%
35.2 m	135.2	0.50%	
44.0 m	141.8	0.75%	
52.8 m	147.1	0.60%	0.62%
61.6 m	154.5	0.84%	
70.4 m	161.2	0.76%	
79.2 m	168.6	0.84%	0.81%
88.0 m	177.3	0.99%	
96.8 m	180.8	0.40%	
105.6 m	185.8	0.57%	0.65%
114.4 m	187.2	0.16%	
123.2 m	195.1	0.90%	
132.0 m	196	0.10%	0.39%
Pendiente Tot		0.65%	0.66%
Desviacion estandar		1.3%	0.36%

Distancia desde el inicio	Surco 2		
	Lectura del nivel (cm)	Pendiente %	Pendiente entre las
0.0 m	105.8		
8.8 m	118.1	1.398%	
17.6 m	124.7	0.75%	
26.4 m	129.1	0.50%	0.63%
35.2 m	133.3	0.48%	
44.0 m	142.4	1.03%	
52.8 m	147.1	0.53%	0.68%
61.6 m	155.1	0.91%	
70.4 m	160.3	0.59%	
79.2 m	169	0.99%	0.83%
88.0 m	173.4	0.50%	
96.8 m	179.1	0.65%	
105.6 m	182.2	0.35%	0.50%
114.4 m	186.8	0.52%	
123.2 m	194	0.82%	
132.0 m	196.2	0.25%	0.53%
Pendiente Tot		0.63%	0.63%
Desviacion estandar		1.1%	0.26%

Distancia desde el inicio	Surco 3		
	Lectura del nivel (cm)	Pendiente %	Pendiente entre las
0.0 m	104.5		
8.8 m	116.8	1.40%	
17.6 m	125.1	0.94%	
26.4 m	130.8	0.65%	0.80%
35.2 m	134	0.36%	
44.0 m	142	0.91%	
52.8 m	147.8	0.66%	0.64%
61.6 m	155.5	0.87%	
70.4 m	160.1	0.52%	
79.2 m	167.8	0.88%	0.76%
88.0 m	175.2	0.84%	
96.8 m	177.6	0.27%	
105.6 m	183.4	0.66%	0.59%
114.4 m	186	0.30%	
123.2 m	192.8	0.77%	
132.0 m	195.3	0.28%	0.45%
Pendiente Tot		0.64%	0.65%
Desviacion estandar		1.16%	0.28%

Samuel Aguilera Tratamiento 100%, R2

Distancia desde el inicio	Surco 4		
	Lectura del nivel (cm)	Pendiente %	Pendiente entre las
0.0 m	103.8		
8.8 m	115.9	1.38%	
17.6 m	123	0.81%	
26.4 m	128.8	0.66%	0.73%
35.2 m	134.4	0.64%	
44.0 m	139.7	0.60%	
52.8 m	149.5	1.11%	0.78%
61.6 m	153.9	0.50%	
70.4 m	161.2	0.83%	
79.2 m	166.1	0.56%	0.63%
88.0 m	176	1.13%	
96.8 m	177.6	0.18%	
105.6 m	184.3	0.76%	0.69%
114.4 m	187.5	0.36%	
123.2 m	191.4	0.44%	
132.0 m	196.7	0.60%	0.47%
Pendiente Tot		0.66%	0.66%
Desviacion estandar		1.17%	0.24%

Distancia desde el inicio	Surco 5		
	Lectura del nivel (cm)	Pendiente %	Pendiente entre las
0.0 m	104.4		
8.8 m	115.9	1.31%	
17.6 m	123	0.81%	
26.4 m	129.3	0.72%	0.76%
35.2 m	135.2	0.67%	
44.0 m	149.9	1.67%	
52.8 m	148.2	-0.19%	0.72%
61.6 m	154.9	0.76%	
70.4 m	159.9	0.57%	
79.2 m	166.7	0.77%	0.70%
88.0 m	173.4	0.76%	
96.8 m	178.4	0.57%	
105.6 m	184.2	0.66%	0.66%
114.4 m	187.4	0.36%	
123.2 m	194.4	0.80%	
132.0 m	195.9	0.17%	0.44%
Pendiente Tot		0.65%	0.66%
Desviacion estandar		1.60%	0.25%

Distancia desde el inicio	Surco 6		
	Lectura del nivel (cm)	Pendiente %	Pendiente entre las
0.0 m	107.5		
8.8 m	118.3	1.23%	
17.6 m	126.8	0.97%	
26.4 m	129.2	0.27%	0.62%
35.2 m	135.3	0.69%	
44.0 m	145.3	1.14%	
52.8 m	149.9	0.52%	0.78%
61.6 m	154	0.47%	
70.4 m	160	0.68%	
79.2 m	167.3	0.83%	0.66%
88.0 m	176.5	1.05%	
96.8 m	177.3	0.09%	
105.6 m	186.8	1.08%	0.74%
114.4 m	188.4	0.18%	
123.2 m	195	0.75%	
132.0 m	194.9	-0.01%	0.31%
Pendiente Tot		0.62%	0.62%
Desviacion estandar		1.49%	0.37%

Distancia desde el inicio
0.0 m
8.8 m
17.6 m
26.4 m
35.2 m
44.0 m
52.8 m
61.6 m
70.4 m
79.2 m
88.0 m
96.8 m
105.6 m
114.4 m
123.2 m
132.0 m
Pendiente Tot
Desviacion es

Samuel Aguilera Tratamiento 100%, R2

Surco 7		
Lectura del nivel (cm)	Pendiente %	Pendiente entre las
108.8		
115.9	0.81%	
123.8	0.90%	
129.1	0.60%	0.75%
135.9	0.77%	
143	0.81%	
147.1	0.47%	0.68%
152.8	0.65%	
161	0.93%	
165.9	0.56%	0.71%
172	0.69%	
178.2	0.70%	
182.4	0.48%	0.63%
186.1	0.42%	
195.2	1.03%	
196.1	0.10%	0.52%
	0.65%	0.66%
standa	0.88%	0.18%

Distancia desde el inicio	Surco 8		
	Lectura del nivel (cm)	Pendiente %	Pendiente entre las
0.0 m	106		
8.8 m	119.9	1.58%	
17.6 m	125.3	0.61%	
26.4 m	130.2	0.56%	0.59%
35.2 m	137	0.77%	
44.0 m	143.9	0.78%	
52.8 m	148.2	0.49%	0.68%
61.6 m	153.3	0.58%	
70.4 m	161.5	0.93%	
79.2 m	166.8	0.60%	0.70%
88.0 m	174.2	0.84%	
96.8 m	178.6	0.50%	
105.6 m	185.9	0.83%	0.72%
114.4 m	188.8	0.33%	
123.2 m	194.7	0.67%	
132.0 m	195.2	0.06%	0.35%
Pendiente Tot		0.61%	0.61%
Desviacion estandar		1.25%	0.31%

Distancia desde el inicio	Surco 9		
	Lectura del nivel (cm)	Pendiente %	Pendiente entre las
0.0 m	104.8		
8.8 m	116	1.27%	
17.6 m	123	0.80%	
26.4 m	129.6	0.75%	0.77%
35.2 m	133	0.39%	
44.0 m	141.1	0.92%	
52.8 m	148	0.78%	0.70%
61.6 m	155.5	0.85%	
70.4 m	159.4	0.44%	
79.2 m	166.2	0.77%	0.69%
88.0 m	175.3	1.03%	
96.8 m	179.2	0.44%	
105.6 m	185.2	0.68%	0.72%
114.4 m	188.2	0.34%	
123.2 m	192.8	0.52%	
132.0 m	198.6	0.66%	0.51%
Pendiente Tot		0.67%	0.68%
Desviacion estandar		0.96%	0.20%

Distancia desde el inicio	Lectura del nivel (cm)
	0.0 m
8.8 m	116
17.6 m	123.9
26.4 m	128
35.2 m	135.8
44.0 m	142.4
52.8 m	148.9
61.6 m	154
70.4 m	158.2
79.2 m	165
88.0 m	175.2
96.8 m	177.9
105.6 m	184.8
114.4 m	187.8
123.2 m	194
132.0 m	197.8
Pendiente Tot	
Desviacion estandar	

Samuel Aguilera Tratamiento 100%, R2

Surco 10	
Pendiente %	Pendiente entre las
1.14%	
0.90%	
0.47%	0.68%
0.89%	
0.75%	
0.74%	0.79%
0.58%	
0.48%	
0.77%	0.61%
1.16%	
0.31%	
0.78%	0.75%
0.34%	
0.70%	
0.43%	0.49%
0.66%	0.67%
0.98%	0.24%

Distancia desde el inicio	Surco 11		
	Lectura del nivel (cm)	Pendiente %	Pendiente entre las
0.0 m	102		
8.8 m	112.3	1.17%	
17.6 m	120.9	0.98%	
26.4 m	127.8	0.78%	0.88%
35.2 m	133	0.59%	
44.0 m	140.2	0.82%	
52.8 m	147.2	0.80%	0.73%
61.6 m	151	0.43%	
70.4 m	157.9	0.78%	
79.2 m	165.2	0.83%	0.68%
88.0 m	174	1.00%	
96.8 m	179.7	0.65%	
105.6 m	184.3	0.52%	0.72%
114.4 m	187.6	0.37%	
123.2 m	192	0.50%	
132.0 m	197.2	0.59%	0.49%
Pendiente Tot		0.69%	0.70%
Desviacion estandar		0.84%	0.28%

Distancia desde el inicio	Surco 12		
	Lectura del nivel (cm)	Pendiente %	Pendiente entre las
0.0 m	105.2		
8.8 m	113.4	0.93%	
17.6 m	123.6	1.16%	
26.4 m	128.9	0.60%	0.88%
35.2 m	132.7	0.43%	
44.0 m	140	0.83%	
52.8 m	146.3	0.72%	0.66%
61.6 m	153	0.76%	
70.4 m	155.8	0.32%	
79.2 m	165.2	1.07%	0.72%
88.0 m	171.9	0.76%	
96.8 m	177.2	0.60%	
105.6 m	183	0.66%	0.67%
114.4 m	186.2	0.36%	
123.2 m	193.6	0.84%	
132.0 m	197	0.39%	0.53%
Pendiente Tot		0.68%	0.69%
Desviacion estandar		0.95%	0.25%

Distancia desde el inicio	Surco 13	
	Lectura del nivel (cm)	Pendiente %
0.0 m	105.9	
8.8 m	116.4	1.19%
17.6 m	125.2	1.00%
26.4 m	129.3	0.47%
35.2 m	134.9	0.64%
44.0 m	141	0.69%
52.8 m	148.1	0.81%
61.6 m	154	0.67%
70.4 m	159.8	0.66%
79.2 m	165.9	0.69%
88.0 m	175.2	1.06%
96.8 m	177	0.20%
105.6 m	184.3	0.83%
114.4 m	189.8	0.63%
123.2 m	193.2	0.39%
132.0 m	199	0.66%
Pendiente Tot		0.67%
Desviacion estandar		0.95%



Samuel Aguilera Tratamiento 100%, R2

Pendiente entre las
0.73%
0.71%
0.67%
0.70%
0.56%
0.67%
0.14%

Distancia desde el inicio	Surco 14		
	Lectura del nivel (cm)	Pendiente %	Pendiente entre las
0.0 m	103.6		
8.8 m	118	1.64%	
17.6 m	125.8	0.89%	
26.4 m	128.9	0.35%	0.62%
35.2 m	135.8	0.78%	
44.0 m	143	0.82%	
52.8 m	148.8	0.66%	0.75%
61.6 m	152.9	0.47%	
70.4 m	159.1	0.70%	
79.2 m	166.7	0.86%	0.68%
88.0 m	173.3	0.75%	
96.8 m	177.3	0.45%	
105.6 m	183.9	0.75%	0.65%
114.4 m	189.9	0.68%	
123.2 m	194.1	0.48%	
132.0 m	198.8	0.53%	0.56%
Pendiente Tot		0.66%	0.65%
Desviacion estandar		1.13%	0.14%

Distancia desde el inicio	Surco 15		
	Lectura del nivel (cm)	Pendiente %	Pendiente entre las
0.0 m	100.8		
8.8 m	117.8	1.93%	
17.6 m	125.2	0.84%	
26.4 m	129.7	0.51%	0.68%
35.2 m	136.3	0.75%	
44.0 m	144.3	0.91%	
52.8 m	148.4	0.47%	0.71%
61.6 m	155	0.75%	
70.4 m	159.3	0.49%	
79.2 m	167.3	0.91%	0.72%
88.0 m	173.8	0.74%	
96.8 m	177.2	0.39%	
105.6 m	184.4	0.82%	0.65%
114.4 m	190.5	0.69%	
123.2 m	194.7	0.48%	
132.0 m	199	0.49%	0.55%
Pendiente Tot		0.66%	0.66%
Desviacion estandar		1.39%	0.13%