REDES DE RIEGO PRESURIZADO PARA LA REACTIVACIÓN ECONÓMICA DE ZONAS NOGALERAS PEDEMONTANAS EN CATAMARCA, ARGENTINA.

Santa E. Salatino[(1)], Jorge Amorena[(2)], Rafael Caeiro[(2)] y Juan Cólica[(2)]
[(1)] Investigadora en Riego – Centro Regional Andino del INA,
[(2)] Investigadores EEA Catamarca - INTA
Belgrano 210 – Oeste – 3er Piso – 5500 - MENDOZA

RESUMEN

La provincia de Catamarca está ubicada en la región centro-oeste del país (Latitud 28° 26' (S), Longitud 65° 46' (O) y 530 m.s.n. m.), a 700 km al norte de la provincia de Mendoza. La mitad de la superficie bajo riego está dedicada a plantaciones perennes y de éstas 7000 ha corresponden a frutales, siendo el nogal el cultivo que caracteriza a la producción catamarqueña. Desde 1985 se han venido realizando en el área nogalera "Retiro de Colana" (Departamento Pomán) tareas de extensión tendientes a la incorporación de tecnología apta para la estructura productiva (empresa familiar) del lugar. Éstas incluían recomendaciones de recambio varietal, poda, manejo sanitario, riego y comercialización.

Con el apoyo de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica la presente investigación propone la utilización de una red de conducción del agua de riego por gravedad, aprovechando las características topográficas naturales del área de estudio para difundir entre los agricultores -agrupados en un Consorcio de Regantes- las ventajas del riego presurizado (rendimiento y calidad). Se trata de unir las ventajas de la disponibilidad del agua de riego con la factibilidad de aplicación de un paquete tecnológico integral a nivel de pequeños productores (superficie media de cada parcela 2,5 ha) produciendo un verdadero impacto en la economía del área del estudio, de otras regiones de Catamarca y de provincias vecinas con problemática similar. Actualmente se cultivan 130 ha de nogales de variedades heterogéneas cuya producción media es de 500 kg/ha (el rendimiento potencial del cultivo es de 2000 kg/ha).

Palabras clave: redes presurizadas por gravedad- paquete tecnológico – nogal –rendimiento - estructura productiva familiar

ANTECEDENTES:

Tal como ocurre en la mayoría de los sistemas de riego tradicionales los de Catamarca (Chambouleyron, 1982), (Amorena 1990) presentan una insuficiente disponibilidad de agua durante el período crítico de la mayoría de los cultivos (fin de primavera – inicio del verano). Tal es el caso del área del estudio, correspondiente a la localidad Retiro de Colana, Departamento Pomán, distante 165 Km al oeste de la ciudad de Catamarca.

Las localidades pedemontanas de la Provincia. de Catamarca se han venido regando mediante riego tradicional en el que la eficiencia global de uso del agua es inferior al 35%. La zona del proyecto, ubicada en la localidad de Retiro de Colana (Dpto. Pomán) conforma administrativamente un sub-distrito de riego de 200 ha de las que unas 120 están cultivadas con nogal.

Figura 1. Fotografía aérea del área del proyecto

Topográficamente el río Colana divide ambos sub-distritos de riego (Figura 1) La infraestructura de distribución del agua de riego de la localidad de Retiro consiste en un estanque que recoge las aguas provenientes de las vertientes de la ladera occidental de la Sierra de Ambato y en una red de canales revestidos con piedra emboquillada que terminan en acequias de tierra que derivan el agua a las distintas propiedades a través de la operación de compuertas. El estanque almacena –además- el volumen correspondiente a las horas del turnado que corresponden a la noche (4000 m^3), volumen que luego pueden ser utilizado para regar con luz natural (Figura 2).

La zona de Retiro tiene unas 50 propiedades cuya superficie media es de 2.5 ha. La topografía predominante (pendientes del orden del 10% en sentido este-oeste y superior al 5% en sentido norte-sur) hace que el método de riego sea por gravedad, a través de tazas o desbordamiento (Figura 3). La única sistematización posible sería la de construcción de terrazas con un fuerte movimiento de tierra que, dadas las características edafológicas predominantes (grandes rocas y piedras en superficie y profundidad), resultan económicamente imposibles de afrontar. La habilidad natural de los productores para manejar el agua en estas condiciones no resulta suficiente para superar las altas ineficiencias de distribución del método, que se manifiestan en la falta de uniformidad de las plantas bajo riego y en un bajo promedio de rendimiento de frutos.

Figura 2. Vista del estanque que alimenta la red de riego del proyecto

El cultivo predominante y por lo tanto el de mayor significancia económica en el área de valles andinos es el nogal. Si bien caracteriza y distingue a la agricultura tradicional catamarqueña, su desarrollo no está acorde con la importancia relativa del cultivo, obteniéndose bajos rendimientos por planta y –en general baja calidad de fruto. Todo ello se refleja en pobres alternativas de comercialización en la que los productores quedan a merced de los intereses de los acopiadores.

Por supuesto, la característica de minifundio que predomina en las explotaciones del lugar (la superficie media de las parcelas está en 2,5 ha) sumada a la casi nula utilización de la tecnología (tanto para la producción como para la cosecha y comercialización de los frutos) se traduce en un marcado bajo nivel de calidad de vida de los pobladores de la zona. Cabe destacar aquí que este panorama se repite a todo lo largo de valles y zonas pedemontanas de la Cordillera de los Andes desde Neuquén hasta Jujuy. De ahí la gravitación de acercar alternativas de solución a las limitaciones antes mencionadas, objetivo prioritario del presente proyecto.

El cultivo del nogal es uno de los más importantes de la Provincia de Catamarca (primer lugar de la producción nacional), representando el 22% del total de frutales cultivados, siendo la superficie actual de 5000 ha. en producción tradicional. En ésta es común la existencia de minifundios, bajo nivel tecnológico, y plantaciones envejecidas (mayoritariamente de variedad

“criollas” con bajos rendimientos y escasa demanda de mercado). Los frutos de estas variedades se caracterizan, además, por ser de reducido tamaño, bajo nivel productivo (rendimientos medios de 500 Kg./ha.), alta susceptibilidad a plagas y enfermedades, floración temprana (son frecuentemente afectadas por heladas tardías de primavera) y baja calidad.

Figura 3. Cultivo de nogal: riego “por extendido” (2do plano) y riego presurizado en plantas jóvenes

La actividad nogalera está concentrada en su mayor parte (70%) en el oeste provincial, siendo los Departamentos Belén, Pomán y Andalgalá, los más importantes (más de 600 productores y de 1300 ha. de nogal). Colana, el área elegida para el desarrollo de nuestro proyecto, es el segundo distrito nogalero del Departamento Pomán con 250 ha. y más de 100 productores. Se trata de uno de los distritos nogaleros más avanzado de la provincia (reconversión varietal y renovación de viejas plantaciones), con más del 50% de los nocedales en esa situación. Las sostenidas mejoras en el cultivo están dando como resultado una paulatina reversión del proceso de abandono que caracterizaba a las plantaciones hasta fines de la década de los 80. En estas zonas el nogal funciona casi como un monocultivo ya que sólo está acompañado por algunas plantaciones o plantas aisladas de vid, membrillero, peral, manzanos y frutales de carozo con fines de autoconsumo.

En respuesta a un importante y sostenido esfuerzo realizado por organismos de extensión (INTA y Gobierno de la Provincia) hoy existe en casi todas las plantaciones un número creciente de plantas denominadas “reconvertidas”, las que, mediante la técnica de injerto de plantas adultas con variedades de tipo californiano y selecciones locales de alto potencial productivo, vigorosas, de buena sanidad y de frutos de óptima calidad están empezando a desplazar a las variedades criollas en la preferencia de los productores,

Otro cambio significativo es el aumento de la densidad de plantas (Goldhammer, 1998) con respecto a la plantación tradicional, a través de la intercalación de nuevas plantas entre las ya existentes (se pasa de 64. a más de 100 plantas/ha).

La provincia de Catamarca ha estado preocupada por toda esta temática como puede verse en Planes como el Estratégico Consensuado y el Plurianual de Ciencia y Tecnología del NOA. Al respecto el INTA Catamarca en la persona del responsable del programa Riego, Ing. Agr. Jorge Amorena ha venido trabajando en el diseño de una novedosa aplicación de la aducción mediante redes presurizadas aprovechando la gravedad y los marcados desniveles que generosamente ofrece la topografía del lugar. Los beneficios y la potencialidad de estos sistemas respecto de los tradicionales a cielo abierto tanto en ámbitos rurales como semi-rurales son por todos reconocidos. Si bien no existen antecedentes de esta aplicación en nuestro país las redes de riego presurizadas colectivas están bastante desarrolladas en numerosas regiones de riego del mundo (García Serrano, 1990), (Del Amor García, 1998).

Dado el diagnóstico no demasiado optimista respecto del futuro de localidades alejadas de centros urbanos como lo son las ubicadas en pequeños poblados andinos y especialmente del caso de Colana en la provincia de Catamarca, el INTA Catamarca desde 1985 ha venido promoviendo la adopción por parte de los pequeños productores nogaleros de tecnologías de bajo costo que permitan aunar los objetivos del uso eficiente del escaso recurso hídrico disponible para riego con el una producción sustentable que día a día pueda alcanzar mejores niveles de calidad.

En Retiro de Colana se cultivan en la actualidad unas 130 ha de nogales de variedades predominantemente criollas cuyo rendimiento promedio oscila entre 600 – 800 kg/ha. Estos ingresos prediales constituyen en la gran mayoría de los casos la principal fuente de ingresos de la familia campesina, generalmente acompañadas de la fabricación casera de confituras y de la venta de miel. La mayoría de los productores nogaleros, asimismo, son propietarios y residen en el lugar y son quienes se ocupan de las tareas de la pequeña finca, generalmente heredada y producto de la subdivisión de la tierra a lo largo de los años. La excepción a esto la constituye la cosecha de la nuez tarea para la que los productores necesitan contratar mano de obra auxiliar que proviene del mismo pueblo o de localidades vecinas.

Todo lo dicho permite afirmar que la falta de capital de trabajo y de acceso a las tecnologías aplicables a las condiciones productivas del área y la falta de agua es períodos críticos de desarrollo del cultivo son las causas determinantes del estancamiento del sector. Estancamiento que es y será recurrente en tanto no puedan superarse esas limitaciones. Si se quisiera cuantificar el déficit hídrico de la zona durante el período del estiaje podría estimarse en un 50 % de las necesidades netas y un 80 % de las necesidades brutas del cultivo. La eficiencia de uso del agua es de alrededor del 30 % y está acorde a un manejo tradicional del método de aplicación del riego por “desborde” o inundación siguiendo las curvas de nivel pero sin ninguna sistematización que permita superar las limitaciones de la topografía y asegurar que cada una de las plantas de una unidad de riego reciban la misma lámina durante el riego. Ello a pesar de la natural sabiduría de los productores en la conducción del agua dentro de la pequeña propiedad y del manejo del riego

Todo indicaba que la mejora en la eficiencia de aprovechamiento del agua de riego por las plantas debía venir de la mano del riego presurizado. Las recomendaciones generales sobre goteo o microaspersión no resultan estrictas en cuanto a que uno u otro método puede resultar más conveniente dependiendo de cada situación en particular Si bien el algunos casos se recomienda humedecer una superficie de suelo mayor al 30 %, en otros este porcentaje es bastante mayor (Ferreyra Spada, 1999) y (Pizarro, 1996) en el proyecto se pensó en experimentar con ambos

sistemas y en evaluar la respuesta de plantas adultas que vienen siendo regadas poco uniformemente antes de llegar a una recomendación definitiva. En nuestro país el pasar -en plantas frutales adultas- del riego tradicional por superficie al riego localizado ha sido estudiado en cítricos. Los resultados analizados muestran que la reducción de la superficie de mojado no afectó la producción ni el rendimiento del cultivo(Silva, 1999). La propuesta de la red de aducción presurizada lleva la actual eficiencia de conducción (65%) a valores cercanos al 95 %, asimismo la eficiencia de aplicación del riego localizado puede alcanzar valores medios del orden del 90%.

Aún pudiendo implementar exitosamente todas estas mejoras no es factible satisfacer las necesidades de riego de las plantaciones de nogal, especialmente en sus períodos críticos, por lo que se ha pensado en la técnica complementaria de almacenar agua proveniente de los excedentes de invierno e inicio de primavera, en el perfil del suelo. Esa reserva de agua podrá ser utilizada por la planta en los meses críticos del verano paliando sensiblemente el déficit.

Por último, no debe olvidarse que -generalmente- la limitación de la adopción de los sistemas presurizados para cultivos poco rentables está en la utilización de equipos que ven incrementados sus costos debido a la energía eléctrica necesaria para el bombeo. En el caso de Colana y localidades vecinas con topografía similar, esta limitante desaparece al utilizar el agua proveniente del río Colana, canalizada en su parte más alta y conducida por gravedad en tuberías que aprovechan el desnivel natural, asegurando además una completa regulación de la presión en cada lateral (y por lo tanto en los distintos emisores) sin necesidad de construir cámaras liberadoras de presión ni de utilizar válvulas ad hoc, aún cuando el sistema no esté en funcionamiento.

OBJETIVOS

El presente proyecto consiste en la implementación de acciones coordinadas entre instituciones y productores del área piloto seleccionada para la experiencia (Retiro de Colana, Departamento Pomán), tendientes a mejorar el ingreso de los pequeños productores minifundistas mediante la introducción de mejoras tecnológicas en el tradicional cultivo del nogal. Las nuevas alternativas de producción aprovechando con máxima eficiencia el recurso agua de riego, unidas al esfuerzo de la obtención de frutos de calidad constituyen los objetivos fundamentales a alcanzar por parte de estos pequeños agricultores familiares. Complementariamente el proyecto asigna gran importancia a la organización de los productores locales en pos de la comercialización, previendo, en el campo de la transferencia, la organización de jornadas, cursos, intercambios y prácticas demostrativas.

METODOLOGÍA

Dado el tipo de Proyecto (Investigación y Desarrollo –PID- de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, financiado por el Fondo Nacional de Ciencia y Técnica – FONCYT) se hizo necesario plantear su realización desde un enfoque interdisciplinario y fundamentalmente interinstitucional. Se trató así de compatibilizar la intervención de los actores involucrados: la Agencia Experimental Catamarca del INTA (Entidad Beneficiaria), la: Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno de Catamarca (Entidad Adoptante), el Municipio de Pomán, la Delegación Municipal y el Consorcio de usuarios de Retiro de Colana.

Las tareas previstas en la metodología (se hace notar que el proyecto continúa en ejecución) pueden ser referidas a tres grandes grupos de trabajo:

- ***Ingeniería de diseño (gabinete):*** replanteo, cálculo y diseño de la red presurizada de conducción y replanteo, cálculo y diseño de la red presurizada de distribución del agua de riego proveniente del río Colana. Construcción artesanal de la red (utilizando mano de obra local bajo la dirección técnica del Ing. Agr. Jorge Amorena de INTA Catamarca) para el Consorcio de usuarios de Retiro de Colana

- ***Ingeniería de campo: a su vez en este ítem, uno de los más intensivos del proyecto, las tareas pueden subdividirse en aquellas relacionadas con:***

  - la instalación a campo de la red
  - el relevamiento de información agroclimática disponible y el cálculo de las necesidades de riego del cultivo
  - la medición de eficiencias de riego, la selección de fincas piloto donde aplicar "paquetes tecnológicos" (técnicas de poda modernas, selección de plantas para injerto, riego presurizado, control de la sanidad del cultivo, etc.) y la programación del riego de la red

- ***Extensión (a cargo de Extensionistas de INTA):***

  - puesta en marcha de distintos programas y tareas de capacitación a productores locales y de áreas vecinas).destinados a facilitar la adopción por parte de los agricultores tanto de la tecnología del riego presurizado localizado como de las prácticas culturales (poda, injerto, vivero, fertilización, tratamientos fitosanitarios adecuados) que se aconsejan para acompañarlo
  - diseño de un programa de capacitación focalizado en la diversificación de la producción, las posibilidades de la producción orgánica del lugar y las técnicas de cosecha y post-cosecha tendientes a mejorar el valor final del producto.

En lo que a *ingeniería de diseño* se refiere debe decirse que, gracias al esfuerzo personal del Ing. Amorena, representante local de la dirección del Proyecto, a cargo del diseño e instalación de las redes presurizadas, se instaló en la EEA del INTA Catamarca un Taller-laboratorio de fabricación y evaluación de componentes de equipos de riego, accesible a la escala de pequeños productores de la zona que - por su tamaño - no resultan de interés de las compañías vendedoras de equipos. Las tuberías, accesorios y demás utilizados en la obra fueron aportados en su mayoría por la contraparte provincial (Secretaría de Ambiente).

Para el diseño de diámetros, espesores, longitudes, presiones y caudales de las tuberías se confeccionaron planillas de cálculo, también diseñadas por el Ing. Amorena en base a las fórmulas clásicas de cálculo de pérdidas de carga. Conociendo distancias, desniveles y necesidades hídricas de cada sector del sistema presurizado se determinó la ubicación de las estaciones reguladoras de presión (de construcción casera con mampostería y sistema de flotante), las presiones hidrostáticas e hidrodinámicas disponibles a nivel de toma de los ramales secundarios y de distribución, el diámetro y el espesor de la tubería así como el costo de la misma (ingresando los precios unitarios de los distintos accesorios que la componen).

Los criterios empleados en la etapa de diseño fueron: llegar con la tubería de distribución a no más de 200 metros de la toma de cada propiedad, entregar el agua a presiones que permitan la adopción indistinta de cualquier tipo de riego (aspersión, goteo y/o microaspersión), continuar con el riego por gravedad con caudales reducidos para abastecer el requerimiento de aquellos

agricultores que no han optado o no optarán por el riego presurizado, permitir el uso de agua a la demanda en riego localizado con entregas de hasta 24 horas por día (se abaratan así los costos de tubería en finca), entre otros.

Paralelamente a todo este trabajo de diseño fue necesario un relevamiento prolijo de la red de canales a cielo abierto, del sistema de turnado, de la superficie y cultivos de las distintas parcelas y de los caudales que en ellas se manejan a lo largo del ciclo de riego.

En cuanto a la *ingeniería de campo* las tareas realizadas pueden agruparse en relevamiento de información relativa al cultivo del nogal (profundidad del sistema radical, volumen de suelo mojado (riego tradicional vs riego localizado),:planificación del riego(dosis máxima, dosis media, riego tradicional) con apoyo de información meteorológica local proveniente de una estación meteorológica automática (prevista en el Proyecto), campaña de aforos, campaña de evaluación de eficiencias a campo, etc. Para conocer el grado de humedad del suelo antes, durante y después del riego se previó la compra de una sonda de neutrones la que –finalmente- no pudo obtenerse y debió ser reemplazada por una batería de bloques de yeso (Bouyoucos) de construcción artesanal en el Taller-Laboratorio que, utilizada con adecuado mantenimiento, logra sustituir al menos en parte, a la primera.

Las tareas de *extensión* previstas abarcaron un vasto espectro de actividades de capacitación referidas a los aspectos tecnológicos involucrados en el manejo integral de las plantas de nogal a través de la utilización de la técnica de parcela demostrativa. Las tecnologías propuestas -de sencilla aplicación y bajo costo- son aptas para la utilización de mano de obra local y familiar, favorecedoras de la diversificación de la producción tradicional y del asociativismo (bajo la forma de la solidaridad comunitaria) y capaces de preparar al agricultor para afrontar la problemática integral del sector. Pueden describirse como actividades docentes en técnicas de cultivo (muestro de suelos y foliar, uso del agua de riego, controles fitosanitarios, técnicas de poda, injerto, vivero, etc.), diversificación y economía familiar (elaboración de delicattessen de nuez, implantación y cuidados del vivero propio, etc.) y de asociativismo (ventajas de alcanzar economía de escala sobre la base de los consorcios de usuarios ya existentes).

RESULTADOS

Como se ha dicho se continúa con las actividades del proyecto por lo menos durante el ciclo de cultivos 2004-2005, con opción a un ciclo más. Los numerosos inconvenientes de orden burocrático-administrativo sufridos desde el comienzo, sumados a la irrupción de la crisis de Diciembre de 2001, resultan suficientes para justificar esta decisión.

A los fines de ilustrar sobre los distintos resultados obtenidos hasta el momento en los tres grandes componentes comprendidos en el estudio, se han seleccionado los siguientes:

Ingeniería de diseño *(gabinete)*

La tabla I, de diseño propio, ilustra sobre la metodología de cálculo y diseño de la tubería presurizada. La figura 4 muestra en forma esquematizada la red presurizada instalada hasta el momento en Retiro de Colana. Pueden verse la toma donde se reciben las aguas del río Colana, el canal matriz (construido a cielo abierto y revestido en piedra), el estanque principal del pueblo desde donde se abastece tanto al uso potable como para riego, aguas abajo el estanque del Proyecto

que permite acumular las horas de turnado de los agricultores que se conecten a la red presurizada, transformándolo en un caudal continuo que puede entregarse hasta con una frecuencia diaria de riego, de ser necesario. Este estanque ha creado no pocos inconvenientes porque está excavado sobre la roca irregular, con superficies muy rugosas y agudas y si bien en un principio fue revestido con diferentes tipos de membrana plástica, nunca pudieron controlarse las pérdidas, que resultaban significativas. Esto atentó seriamente sobre la confianza que generaba en los agricultores almacenar su turno en un reservorio que perdía ese bien tan escaso. En forma provisoria y como una solución de compromiso se logró manejar las pérdidas almacenando agua sólo en 2/3 de la capacidad real del estanque y de este modo se administró el turnado de los pocos agricultores que se habían conectado a la red, postergando la incorporación de un mayor número de agricultores, a pesar de los pedidos existentes, sobre todo a partir de la recuperación del precio de la nuez, luego del fin de la paridad peso argentino-dólar.

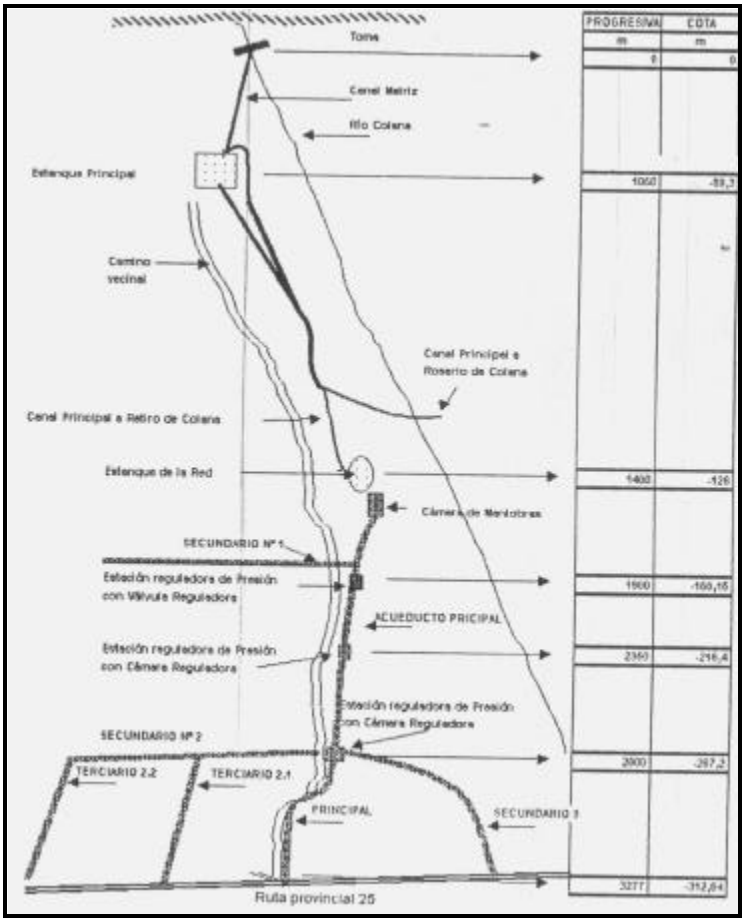

Figura 4. Esquema de la red presurizada por gravedad de Retiro de Colana (Pomán)

Como solución definitiva se optó por contratar la construcción de un nuevo estanque, bajo la modalidad de un tanque australiano, con válvula y descarga de fondo, para lo que en estos momentos se está realizando el movimiento de suelos en un lugar vecino, con menores problemas de topografía de base. Se piensa que la obra estará concluida en diciembre de 2004.

Aguas abajo del estanque puede verse la traza del acueducto principal, de los secundarios 1, 2 y 3 y de los terciarios, con sus estaciones reguladoras de presión (algunas con válvulas reguladoras y la mayoría con cámaras reguladoras, construidas localmente, que se ilustran en la figura 5.

Figura 5. Cámara reguladora de presión de construcción local

En cuanto a la *evaluación específica del uso del agua* se presenta a continuación algunos resultados obtenidos *a nivel global* (pérdidas y eficiencias de la red, necesidades de riego del nogal, volúmenes almacenados y distribuidos): El cuadro1 evidencia la mejora en la utilización del escaso recurso disponible(100 litros por segundo durante 10 días por mes) factible de alcanzar con la red presurizada, por la importante reducción de pérdidas de conducción externa (río – boca toma propiedad) y la significativamente más alta eficiencia de aplicación del riego localizado.

Cuadro 1. Pérdidas y eficiencias en red y finca (para una superficie de 200 ha)

PERDIDAS Y EFICIENCIAS	ANTES DEL PROYECTO	ESTIMACIÓN CON PROYECTO
Pérdidas en la red (efic. conducción externa)	35,0	10,0
Pérdidas totales (%)	67,5	19,0
Eficiencia de aplicación (en finca) (%)	50,0	10,0
Eficiencia del uso del agua: (eficiencia de riego) (%)	32,5	81,0

A través del análisis del balance hídrico (cuadro 2) podemos conocer la disponibilidad para el ciclo del nogal así como los meses con déficit y excedente de agua. Así en el mes de diciembre se produce el mínimo caudal (50-60 l/s ó 54.000 m^3) y a partir de las lluvias de verano (enero a marzo) pueden aprovecharse hasta 130 l/s (116.000 m^3).

El cálculo del requerimiento hídrico del nogal para las condiciones agrometeorológicas de Colana (345.000 m^3 para enero) evidencia que la disponibilidad sólo alcanza a satisfacer un 16% del mismo en diciembre y un 36% en enero, generándose un déficit hídrico importante, en esa crítica fase del ciclo vegetativo del cultivo (Figura 6). Mediciones más precisas realizadas en 2003-2004 nos permiten afirmar que la necesidad neta real para el mes de enero es de 1715 m^3 /mes (es decir bastante mayor a la estimada al comienzo del estudio, de 1060 m^3 /mes).

Cuadro 2. Balance hídrico de las localidades de Retiro y Rosario de Colana con y sin proyecto

Meses	Necesidad			Disponibilidad		Excedente o Déficit	
	Neta (NNR)	Bruta Actual	Bruta Futura	Bruta	Neta (NNR)	Actual	con Proyecto
	m^3/mes	m^3/mes	m^3/mes	m^3/mes	m^3/mes	m^3/mes	m^3/mes
ENE	212000	652308	261729	348192	136192	-304116	86463
FEB	170000	523076	209876	314496	144496	-208580	104620
MAR	168000	516924	207408	348192	180192	-168732	140784
ABR	150000	461539	185185	321729	171729	-139810	136544
MAY	110000	338461	135802	297278	187278	-41183	161476
JUN	0	0	0	274685	274685	274685	274685
JUL	0	0	0	253809	253809	253809	253809
AGO	0	0	0	234519	234519	234519	234519
SEP	92000	283076	113580	216696	124696	-66380	103116
OCT	188000	578461	232099	200227	12227	-378234	-31872
NOV	212000	652308	261729	185010	-26990	-467298	-76719
DIC	224000	689231	276543	160704	-63296	-528527	-115839

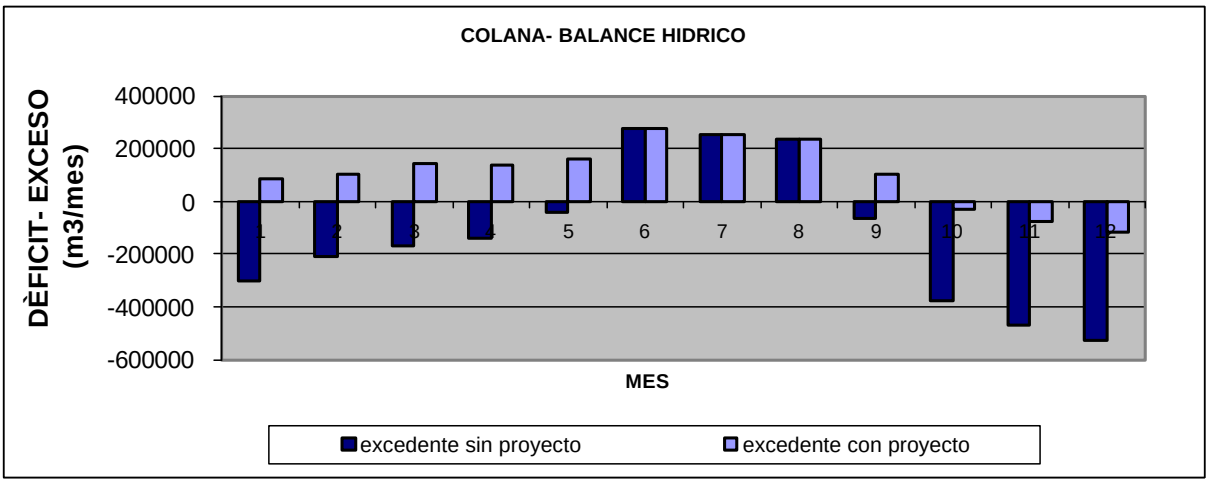

Figura 6. Balance hídrico con y sin proyecto

A pesar de que está próxima la construcción del nuevo estanque (1.000.000 litros) se lleva un prolijo registro y control de volúmenes almacenados y derivados a las fincas conectadas a la red (por ahora sólo 8 usuarios) (Cuadro 3). Es necesario aclarar que la eficiencia de la red ha sido definida como el cociente entre el agua entregada en la finca y el agua almacenada en el estanque. Las mediciones de eficiencia de la red de tuberías exhiben valores cercanos al 100%, por lo que las diferencias entre agua almacenada y agua realmente derivada deben atribuirse prácticamente sólo a las pérdidas del estanque.

Para obtener los valores de eficiencia de riego a nivel de finca se han realizado (y se siguen realizando) campañas de evaluación a campo tanto del riego tradicional (localmente conocido como "riego por extendido") como en riego localizado (Chambouleyron, 1993) (Cuadro 4) En él puede comprobarse un cuidadoso manejo del escaso caudal disponible (recordar que se trató de un año hidrológico seco), materializado en un alto valor de eficiencia de conducción externa (canales y

acequias): 79,7 %. Al mismo contribuye también la proximidad de las propiedades en las que se realizó la evaluación.

Si bien también los valores de eficiencia de aplicación (cociente entre volumen infiltrado en el terreno y volumen ingresado a la finca), analizando las láminas acumuladas se observa que son muy pequeñas. En la práctica el turno de riego se acaba antes de que pueda darse el tiempo de riego necesario para reponer el agua consumida por el cultivo (altas pendientes en el sentido del riego acompañado de fuerte escurrimiento).

Cuadro 3.Control de volúmenes almacenados y entregados en finca. Año 2003

Fecha	Duración del turno (hs)	Escala estanque (cm)	Volumen almacenado (litros)	Caudal ingresado (l/s)	Escala canal (cm)	Caudal canal (l/s)	Caudal agua potable (l/s)	Agua usada en finca	Eficiencia de la red
13-Ago	2	126	360000	50	12,8	52,0		241000	0,67
26-Ago	2	123	345000	47,9	12,5	50,3		207000	0,60
04-Sep	2	114	310000	43,1	12,3	49,1		186000	0,60
17-Sep	2	130	390990	54,3	13,7	57,3		274000	0,70
25-Sep					12	47,4			
02-Oct					12,8	52,0	10		
09-Oct	2	126	360000	50,0	12,5	50,3		226000	0,63
16-Oct					12	47,4			
22-Oct					13	53,2	12,1		
05-Nov					13	53,2			
12-Nov					12,7	51,4			
23-Nov	2	120	336000	46,7	12,5	50,3		239000	0,71
26-Nov					12,5	50,3			
04-Dic					11,5	44,5	6,5		
11-Dic					11,8	46,2	7,0		

Por último el valor medio de la eficiencia de distribución (47,7 %) está indicando que, a consecuencia de la fuerte topografía y de las irregularidades del terreno se necesitaría que, para asegurar que la totalidad de las plantas reciban la lámina media, se debería duplicar el volumen aplicado (en la práctica duplicar el tiempo de riego o turnado). Sin embargo, si se considera que se aplican 22 mm por riego y una frecuencia media de riegos de 22 días se tendría un valor de 1.2 mm/día, bastante inferior a la necesidad de riego del cultivo, calculada en base a Penman y Monteith (6 mm/día).Esto significa que en la práctica se está satisfaciendo sólo el 20% de las necesidades de la planta, lo que se ve agravado si se tiene en cuenta que este déficit se produce entre los meses de noviembre a diciembre, período crítico de riego para el nogal (fase de crecimiento y llenado de los frutos) y afecta directamente a la producción y a la calidad final de la nuez.

Con respecto a las evaluaciones realizadas en las propiedades regadas con riego por goteo, el cuadro 4.. muestra valores de eficiencia de distribución del 95 % y láminas infiltradas acumuladas de 3.8 mm (en algunas propiedades regadas por aspersión para igual valor de láminas se obtuvo un valor promedio de eficiencia de distribución bastante menor (77%).

Complementariamente se están realizando mediciones de contenido de humedad de suelo a distintas profundidades comprendidas entre 50 – 250 cm en plantas test, que reciben distintos tratamientos de riego (normal y restringido en invierno y verano, respectivamente, versus normal en ambos

períodos. A su vez se aplican riegos considerados “normales” y riegos “profundos”). Para ello están utilizando Bloques de Bouyoucos, de construcción propia y sometidos a una cuidadosa calibración. y mantenimiento, para asegurar la confiabilidad de las lecturas. Por ahora, si bien se puede observar diferentes curvas de desecación del suelo entre las plantas que fueron abundantemente regadas en invierno y las que no,. se considera todavía prematuro extraer conclusiones definitivas.

Cuadro 4. Resultados de las evaluaciones de riego por superficie en el período agosto-diciembre del 2003

Propiedad	1	2	3	4	5	Promedio
Cultivo	**Nogal**	**Nogal**	**Nogal**	**Nogal - Frut.**	**Nogal**	
Sup. (ha)	1,5	2	0,75	0,6	0,55	
Turno (hs)	2	3	0,5	1	1,5	
Caudal en Toma (l/seg)	53	48	50	50	55	
Caudal en Finca (l/s)	43	27	45	41	49	
Volumen en toma (litros)	381600	518400	90000	180000	297000	
Volumen en finca (litros)	309600	291600	81000	147600	264600	
Volumen escurrido (l)	6600	74500	0	0	25200	
Eficiencia cond. ext. (%)	81,1	56,3	90,0	82,0	89,1	**79,7**
Eficiencia aplicación (%)	97,9	74,5	100,0	100,0	90,5	**92,6**
Eficiencia distribución (%)	77	31,5	37	66	27	**47,7**
Lámina de riego (mm)	20,2	10,9	10,8	24,6	43,5	**26,3**

Por último los Cuadros.5y 6 resumen el esquema de funcionamiento operativo del riego por goteo y los resultados obtenidos combinando métodos de riego, frecuencia y duración del turnado (en riego por superficie) y número de goteros por planta:

Cuadro 5. Esquema de funcionamiento del riego por goteo (para emisores de 2 l/hora)

Diámetro copa (m)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Nº goteros/planta	1	1	2	4	6	9	12	16	20	20	22	24
Hs/día riego	4	6	6.75	6	6.25	6	6.125	6	6.075	7.5	8.25	9

Cuadro 6. Litros de agua por planta aplicados en cada riego en función del método de riego

Diámetro copa (m)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Frecuencia de riego
Goteo	8	12	27	48	75	108	147	192	243	300	363	432	Diaria
Aspersión	88	132	297	528	825	1188	1617	2112	2673	3300	3993	4752	11 Días
Tradicional	176	264	594	1056	1650	2376	3234	4224	5346	6600	7986	9504	22 Días

Para entender mejor estos resultados debe recordarse que el riego por aspersión moja una superficie mayor que la del diámetro de la copa (superposición o solape). A su vez, con riego por "extendido" las plantas reciben dosis no uniformes entre sí (tanto en profundidad como en superficie mojada) mientras que las plantas que se riegan por "tazas" aprovechan más directamente el agua en la zona radical y se presentan como más uniformes.

Respecto del riego por goteo los emisores fueron instalados a 1m de distancia entre ellos sobre el lateral y a razón de 1 gotero/m^2 (para un diámetro medio de bulbo húmedo igual a 2, 20 m en el tipo de suelo predominante en la zona: suelos francos, profundos pero con una fuerte presencia de rocas, piedras grandes y gravas en superficie).

Si se toman, por ejemplo, plantas de 10 m de diámetro de copa el volumen de suelo mojado en riego por manto será de 30 m^3, en riego por aspersión de 60 m^3 y en goteo 80 m^3. A su vez la superficie mojada será del 100%, 40% y 55%, respectivamente. (En riego por goteo el diseño previó una importante superposición de bulbos húmedos atendiendo a las particularidades del suelo del lugar).

A modo de *resultados de toda la actividad de transferencia (extensión)* realizada desde el comienzo del proyecto pueden mencionarse -como de mayor trascendencia- los siguientes:

- Transferencia de información meteorológica. La estación agrometeorológica automática (EAA), oportunamente adquirida por el Proyecto e instalada en la Finca "La Ramonita", finca experimental piloto (y sede operativa de las actividades de campo Retiro de Colana, Pomán), proporciona a productores y usuarios en general, con frecuencia diaria, información climática actualizada de variables como temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección de vientos, etc. Asimismo constituye una valiosa herramienta para el cálculo local de las necesidades de riego del/los cultivos, a partir del conocimiento de su evapotranspiración.

- Charlas/Jornadas, etc. destinadas a productores locales y de zonas vecinas sobre las características particularidades del proyecto en relación a la forma de aprovechamiento de la red presurizada por gravedad.

- Capacitación a productores en tecnologías de manejo del nogal (injerto, sanidad, vivero familiar, riego, fertilización, etc.

- Capacitación a productores en seguridad alimentaria (confección de chacinados de carne de cerdo alimentados con desechos de la cosecha de la nuez)

- Creación de un vivero piloto, administrado por la Cooperadora del INTA Catamarca y destinado a brindar material genético adecuado para asegurar la reconversión varietal (variedades "criollas" por Chandler y otras variedades americanas de demanda actual en el mercado local y/o de exportación). En él se produce un promedio de 1400 plantas al año, destinadas a injerto. Las que alcanzan tamaño adecuado (1,20 m de altura y suficiente vigor) para la siembra en el primer año se comercializan a unos $ 7/planta. El resto se conserva para la temporada próxima. Cabe destacar que el Vivero sirve, además, como parcela demostrativa ya que en ella se vuelca a campo todo el "paquete tecnológico" que se pretende sea llevado a la práctica –en forma paulatina-por el agricultor, de la mano del cambio de riego "por extendido" a riego presurizado.

Resulta asimismo importante mencionar que toda la actividad de extensión ha sido enfocada siempre hacia la transferencia y adopción de tecnologías que faciliten -al productor en general y sobre todo a los minifundistas- alternativas de diversificación, mejorando su capital productivo y ampliando sus beneficios económicos. Se ha puesto énfasis, además, en la seguridad de la más o menos rápida adopción de dichas tecnologías, atendiendo a la modalidad de trabajo de la zona y a la particular idiosincrasia de sus pobladores. Esta tarea, estuvo siempre conducida por especialistas en Extensión de INTA, de gran prestigio y reconocimiento entre los agricultores.

En todos los eventos se entregó a los asistentes profuso material didáctico-informativo y de difusión, oportunamente elaborado a ese fin por los especialistas involucrados (técnicos y extensionistas). Se dispone de las probanzas de cada una de las actividades de transferencia aquí seleccionadas (certificados, lista de asistentes, copia del material entregado, etc.)

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Al momento, surgen dos claras ventajas favorables a los sistemas presurizados que propone en el Proyecto: el sensible incremento de la eficiencia de distribución del agua a nivel de finca y la facilidad operativa para el control del agua puesta a disposición de las plantas y de su sistema radical (disminución de perdidas por precolación y/o escurrimiento superficial, aplicación de láminas muy pequeñas, alta frecuencia de riego y buena capacidad de respuesta a los requerimientos de evapotranspiración del cultivo).

Este ajuste entre dosis de riego y necesidad hídrica del cultivo deberá necesariamente verse reflejada en la fase final del mismo (cosecha). Y no sólo en un determinado año (correspondiente a nuestra determinación), sino en los años futuros. De este modo la incidencia de la tecnología en la aplicación del agua será indiscutida.

Asimismo deberá continuarse con el registro e interpretación de las mediciones de humedad de suelo antes y después de riego para determinar si se logra determinar con certeza qué profundidad de humedecimiento de suelo es capaz de aportar al cultivo el requerimiento hídrico demandado por la planta. Y qué manejo del riego por goteo (cantidad de emisores/planta, caudal de los emisores, frecuencia de riego, etc.) es el que permitirá al productor alcanzarlo.

Resulta evidente que la adopción de prácticas relativas al cultivo propiamente dicho (renovación varietal, técnicas modernas de poda, diversificación de la producción, calidad de postcosecha y búsqueda del mejor modo de asociativismo para afirmar estrategias de comercialización) por parte de los actuales agricultores acompaña con éxito a la adopción de la técnica de riego presurizado.

CONCLUSIONES

La presente etapa de desarrollo del Proyecto permite presentar algunas conclusiones:

- Para garantizar la exitosa continuidad en el tiempo de los resultados alcanzados hasta el momento es altamente prioritario contar con un reservorio capaz de almacenar el volumen necesario para satisfacer la vocación de sumarse a la red presurizada de todos los productores que así lo soliciten. Se eliminarán así las pérdidas ya comentadas, amortizándose adecuadamente los costos del sistema.

- Complementariamente, el mayor número de usuarios presurizados estará en directa relación a la incorporación de tecnología, la que será volcada al cultivo del nogal (tanto de los pequeños productores minifundistas (mayoritarios) como al resto. De este modo se dará cumplimiento a los supuestos de la presente investigación: un manejo eficiente e integral del riego y del cultivo se traducirá en más agua por planta, mayor superficie productiva bajo riego, mejores plantas con más kilogramos de nuez/planta y mayor calidad del producto final (es decir, mejor precio y mayor beneficio para el productor).

- Es necesario, en el riego tradicional, profundizar el análisis y continuar las determinaciones a campo relacionadas a la variable contenido de humedad del suelo correlacionándola con el almacenaje y el aporte subsuperficial.

- En cuanto al riego presurizado localizado (goteo) resulta claro que dada las particulares condiciones de suelo y topografía del lugar resulta muy ventajoso respecto de los riegos tradicionales (por extendido o desborde superficial y por tazas o palanganas). Al significativo ahorro de agua se suma la ventaja que brinda la gravedad, para no sumar costos de bombeo que, en otras situaciones topográficas constituyen una limitante económica muy importante.

- La marcada falta de uniformidad del cultivo en los métodos tradicionales -tanto más significativa en plantas nuevas o en montes con plantas de diferentes edades- es causante de un importante desperdicio de agua que no puede ser corregido a pesar de la idoneidad y tradición de regantes de los productores (adecuado conocimiento del manejo del suelo y del turnado disponible en la zona).

- Aún cuando los productores muestran interés en adoptar la tecnología que suponen los métodos presurizados (acompañado por el vaivén de los precios del producto) su implementación masiva se ve limitada por cuestiones económicas. No debe olvidarse que en el caso del Proyecto que nos ocupa el grueso de la inversión de instalación de la red troncal y de equipamiento -tanto para la aducción como para la derivación (tuberías de distintos diámetros, accesorios, caudalímetros, emisores, etc.)- han sido provistos por el Estado (Nacional y Provincial). Si bien algunos productores podrían encarar la instalación de laterales y emisores en su propiedad con recursos propios, todos ellos requieren asistencia técnica para su óptimo manejo (tiempos de riego, dosis de fertilizantes, revisión de pérdidas, reposición de emisores, recambio de tuberías, etc.)

BIBLIOGRAFÍA

Amorena, Jorge. (1990). *El riego en el distrito de Londres (Belén, Catamarca*). Dirección de Riego de la provincia de Catamarca (inédito).

Chambouleyron, Jorge y otros (1982). *Diagnóstico de problemas de riego en Catamarca*. INCYTH-CRA, Mendoza, Argentina.

Chambouleyron, Jorge. (1993). *Diseño y evaluación del riego presurizado*. (Capítulo V de Riego y Drenaje, texto de grado, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo). Mendoza, Argentina.

Del Amor García, José. (1998). *Modernización de los regadíos tradicionales de Mula, España.* Caja de Murcia, España.

Ferreyra Spada, Raúl. (1999). Congreso Internacional de Nogalicultura. Catamarca, Argentina.

García Serrano, José. (1993). *La planificación de la presurización del agua de riego a gran escala.* Seminario Nacional de Riego Presurizado. Mendoza, Argentina.

Goldhammer, David. (1998). *Walnut Production*. Manual. C20. Pub. 3373. University of California. USA.

Pizarro Cabello, Fernando. (1996). *Riegos localizados de alta frecuencia*. Mundi Prensa, Madrid, España.

Silva, Rodolfo y otros. (1999). *Comportamiento de plantas de naranjo Valencia adultas al cambio de sistema de riego.* XXII Congreso Argentino de Horticultura. Tucumán, Argentina.

PLANILLA DE DISEÑO DE RIEGOS LOCALIZADOS - DISEÑO HIDRAULICO DE LATERALES
EEA INTA SECCION RIEGO

	Vivero	Ramonita - Retiro	MONOLATERA	40	x	25	Sombreado	100	%			21-Mar	2003				
	Caudal/salida l/h			1,666667	Plantas x fila de		lote			200		200,0					
	Largo de	lote	m	40	Distancia e-salidas m					0,33333		0,33					
	Ancho del lote (m)			25	Pte.terc.(+ a favor)					10		0	MAX PR EN				
	Precio emisor $/e			0	Cant.Emisores/lote					3000		3000,0	EMISOR DE LAT CALCULADO				
	Precio lateral $/m			0,11616	Costo mangueras l $/lote					116,16		116,2	**19,63**	mca		0,00	
	Laterales/fila de pl.			1	Costo emisores $/lote					0		0,0	MIN PR EMIS DE LAT CALC.				
	Carga inicial(m):			20	longitud de lateral					40		40,0	**19,52**	mca			
	Diámetro lateral(mm):			16	Eto(mm/d)					3,5		3,5	%MAX/MIN:				
RAM.	Pte.natural(+ a favor)			0	Etc(mm/d)					3,5		3,5	**1,00**	%			
MONC	Ep.de diseño(mm/d)			5	Costo de este lote($)							199	MAXIMA EN CAB.				
ó	Coef.de cultivo kc.			1	NEC.Neta DE RIEGO(l/pl.dia)					0,7		0,7	TERCIARIA				
BILAT	Distancia e-plantas m			0,2	Volumen l x lote(l/d)					3500	l/s	1,39	**19,635**	mca			
LAT?	Distancia e-filas m			1	Salidas x pl x lateral					0,6		0,6	MINIMA EN CAB TERC				
1	T.operativo(hs/dia)			0,7	salidas por lateral					120		120,0	**16,614**	mca			
MGN	Sombreado (fracción)			1	laterales por lote					25		25,0	MINIMA				
DE	Intervalo e-riegos(hs)			24	Salidas x planta					0,6		0,60	EN LOTE:				
SEG.	Modelo de emisor	6	cinta ttape		Filas de plantas x lote					25		25,0	**16,50**	mca		16,50	
0	Diám.Terciaria(mm)			25	Plantas x lote					5000		5000,0					
%	Precio Tubo Ramal($/m)			2	Caudal x unilat.(l/s)					0,05556		0,05556	**15,97**	%			
	Salinidad agua dS/m			0	HF EN RAMAL(m)-			MONOLATERAI		3,02		3,02					
	Ce ext permitida dS/m			2,5	NBR (l/pl.dia)							0,7					
	Eficiencia de Riego			1	LAMINA BRUTA mm/d:							3,5					
	Mayoracion			1	Cant.tub.lat./lote(m)							1000,0					
	Coeficiente de Uniformidad			1	Potencia neta HP							0,5291					
	Diam.bulbo hum.(m)			1	Volumen/pl.dia (l/d)							0,7					
	Superficie humedecida %			235,61945													

ECUACION DEL EMISOR. **(poner valores y hacer /DVA; regresion en lotus)**

p mca	q l/h	lg p	lg q	Resultado de la regresión		
8	1,8	0,9031	0,255273	Constante	0,083	1,2105
12	1,9	1,0792	0,278754	Error típico de est Y	0,005	
14	1,95	1,1461	0,290035	R cuadrado	0,97	
16	2	1,2041	0,30103	Nº de observaciones	7	
18	2,1	1,2553	0,322219	Grados de libertad	5	
20	2,12	1,301	0,326336			
22	2,15	1,3424	0,332438	Coeficientes X	0,185	
				Error típico del coef	2	

pte= 5,232 r2= 0,9695 cte= 1,211 0,083
5,232 1,210525

Distancias:	
Entre tomas de secundaria, m	
Entre tomas de terciaria, m	
Entre tomas de lateral, m	
Número de secundarias	
Numero de terciarias	
Diámetro de secundaria	25
Diámetro de principal	60
Dist. Ppal- terciaria 1	0
Dist. Bbomba- sec. 1	0

	PRESION
MAXVALUE	19,63201
MINVALUE	19,5173
DIFERENCIA MAX-MIN	0
DIFERENCIA EM 1-EM<	0,12