

Tecnología y manejo económico para las comunidades de Mamiña



Claudia **Bonomelli** cbonomel@uc.cl
Cristián **Barrera** cbarreram@uc.cl
P. **Gil** pmgil@uc.cl
Tania. **Zaviezo** tzaviezo@uc.cl
Departamento de Fruticultura y Enología

El proyecto de implementación en Mamiña estableció unidades productivas demostrativas, con el fin de aplicar un manejo agronómico adaptado a la zona y sus agricultores.

Desde el año 2013, a solicitud de Minería Cerro Colorado – BHP Billiton, un equipo de profesionales de la Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal de la Pontificia Universidad Católica de Chile ha trabajado con comunidades indígenas que se dedican a la agricultura en las localidades de Mamiña, Quipisca e Iquiuca de la Región de Tarapacá, desarrollando proyectos de evaluación y manejo de suelos salinos, sistemas de riego, manejos agrícolas como control de plagas y adaptación de cultivos, entre otros.

Los resultados obtenidos en los primeros proyectos generaron las bases para formular una propuesta de implementación, que incorporó el establecimiento de unidades agrícolas demostrativas, en las que se ejecutaron todos aquellos manejos y tecnologías apropiados a la agricultura existente en Mamiña. Su fin fue motivar a los agricultores y mostrarles las innovaciones que podrían hacer más atractiva la actividad agrícola local.

En los proyectos de Diagnóstico, se detectaron importantes limitaciones de calidad y disponibilidad de agua y de control de tiempos y frecuencias de riego. En los casos en que se lograba acumular agua, era necesario usar equipos de bombeo que requerían energía eléctrica o combustible, recursos caros y de difícil acceso en el área. Por esto, como objetivo importante de la etapa de implementación, se demostró la conveniencia de acumular agua en estanques o cisternas flexibles, para irrigar con sistemas de riego de alta eficiencia y bajo requerimiento de presión. Ello permitió usar la gravedad como energía gratis, inocua, sin ruido, tecnologías que además son de fácil instalación por parte de los productores.

La etapa de implementación permitió contar con instalaciones a baja escala, trabajadas por agricultores de la zona, quienes establecieron innovaciones y cambios tecnológicos de fácil adopción. Los sectores seleccionados en la localidad de Mamiña se observan en la Figura 1.

Considerando las limitaciones y amenazas que la zona presenta, particularmente la competencia por el agua entre consumo doméstico, agricultura y minería, que afecta la disponibilidad de agua en el futuro para los sistemas productivos tradicionales, la propuesta tuvo el objetivo de masificar el uso de riego presurizado para el cultivo de superficies llamadas por los habitantes del área “eras” (Figura 2). Estas corresponden a platabandas de superficies

variables entre cinco y 100 metros cuadrados, delimitadas por pretilos, que se ubican sobre las terrazas formadas por muros de piedra que corresponden a estructuras centenarias propias de las culturas altiplánicas precolombinas. Son regadas por inundación con importantes volúmenes de agua que circulan entre ellas aprovechando sus diferencias de altura. El agua es conducida a las “eras” por medio de redes de canales de mampostería en piedra, que se han ido mejorando con revestimiento de hormigón.

La recomendación para la etapa de implementación fue riego localizado, específicamente goteo con bajo requerimiento de presión y energía (por diferencia de altura), que permite alcanzar eficiencias de aplicación cercanas al 90%, que en suelos arenosos y salinos debe aplicarse en forma frecuente, con láminas de lavado.

Entre la infraestructura asociada al riego para lograr una aplicación oportuna y eficiente del agua, se consideraron acumuladores tipo cisterna (Figura 3), los cuales permiten mantener una buena calidad de agua al evitar su exposición a la luz. El sistema consideró: válvulas automáticas a batería (Figura 4), mecanismos de inyección de fertilizantes y soluciones ácidas para la disolución y lavado de sales, además de tensiómetros para el control de humedad.

La etapa de implementación permitió contar con instalaciones a baja escala, trabajadas por agricultores de la zona, quienes establecieron innovaciones y cambios tecnológicos de fácil adopción.



Figura 1. Sectores seleccionados para la instalación de módulos demostrativos en la localidad de Mamiña “eras”.



Figura 2. Habilitación de “eras” o terrazas para sitios de cultivo demostrativo en la localidad de Mamiña. Tradicionalmente en la zona se realizaba riego por inundación.



Figura 3. Estanque o cisterna flexible de ocho mil litros para la acumulación de agua de riego. Al costado izquierdo se ubicó inyector de fertilizante y ácido.



Figura 4. Válvulas de sector de riego (izquierda a derecha); válvula de bola para inicio o corte del riego, medidor de volumen aplicado, válvula de compuerta para la regulación de presión y válvula de programación de inicio y corte del riego).

En la localidad de Mamiña, los productores almacenan el agua que proviene de vertientes en estanques comunitarios llamados “cocha”, éstos son excavados en suelo y revestidos total o parcialmente con hormigón. Desde ellos, reparten el agua.

Se habilitaron tres “eras” o platabandas por productor, de tamaños entre cinco por cuatro metros y siete por cinco metros, en los cuales se contaba con válvula reguladora de presión y de corte rápido, así como medidor de volumen de agua aplicado. En uno de los casos, al contar con mayor presión disponible (diferencia de altura), se pudo instalar una válvula para automatizar el riego a partir de un programador operado por batería de 9V.

El riego localizado se aplica frecuentemente, en época de escasez hídrica, cuando el agua proviene de canales puede que al momento del riego no haya agua disponible para regar, por ello las organizaciones de regantes aplican sistemas de turnos que les permite repartir el agua entre los regantes cada un número determinado de días, ello requiere almacenar el agua en tranques de acumulación para regar con mayor frecuencia que la permitida por el turno.

En la localidad de Mamiña, los productores almacenan el agua que proviene de vertientes en estanques comunitarios llamados “cocha”, éstos son excavados en suelo y revestidos total o parcialmente con hormigón. Desde ellos, reparten el agua. También pueden obtener el agua desde los afloramientos del estero que recorre la parte baja de esta localidad; sin embargo, la disponibilidad no es segura, por lo que la habilitación de estanques o estructuras de almacenamiento de agua es necesaria.

Existen distintos tipos de estanques para la acumulación de agua. Para volúmenes importantes se construyen excavados en suelo. Éstos pueden ser revestidos por membranas plásticas para evitar la infiltración. Para volúmenes pequeños hay estanques plásticos, sin embargo, por costo, durabilidad, facilidad de transporte entre otras razones, una buena alternativa fue recomendar estanques flexibles, fabricados de polietileno negro resistente al deterioro que causa la radiación ultravioleta. Son comercializados en

empaquetaduras de fácil transporte y de fácil instalación (Figura 5).



Figura 5. Instalación de estanque flexible de ocho mil litros en unidades demostrativas de la localidad de Mamiña.



Figura 6. Mojamiento del sistema de riego de bajo requerimiento de presión recomendado para el área de Mamiña.



Figura 7. Muestreo de los suelos para luego ser analizados en el laboratorio “Agroanálisis UC”.



Sistema de riego de bajo requerimiento de presión

Los sistemas de riego localizado permiten alcanzar máxima eficiencia, alternativa recomendable para áreas donde hay escasez de agua. Sin embargo, requieren presión para funcionar. Esta puede ser lograda con desniveles disponibles entre la fuente y el área de riego. Si no son suficientes, entonces es necesario el bombeo, cuestión que los hace demandantes de energía (eléctrica, por combustible, paneles fotovoltaicos, entre otras). Lo recomendable –en este caso– era un sistema de riego por goteo de bajo requerimiento de presión para regar superficies de hasta 500 metros cuadrados considerando un desnivel desde un metro de altura, para lograr un funcionamiento óptimo, obteniendo con ello todas las ventajas de los sistemas de riego localizado, sumando a ellas la fácil instalación y mantención.

El patrón de mojado que produce el sistema de riego instalado se observa en la Figura 6.

Suelos y nutrición

Para conocer las características físicas y químicas de los suelos se tomaron muestras representativas a distintas profundidades en los sitios demostrativos en que se establecerían los cultivos (Figura 7). Así, se podría saber si el suministro de nutrientes era adecuado para los cultivos, el tipo y cantidad de sales, si existían elementos tóxicos y, en terreno, estudiar condiciones de lixiviación o acumulación de elementos.

La textura predominante era franco arenosa, adecuada para realizar cultivos de hortalizas, existiendo un buen drenaje y a la vez una retención de agua adecuada.

Los resultados de los análisis de las distintas “eras” de cultivo indicaron que todos los suelos presentaban lo





Figura 8. Presencia de sales en los suelos.

propio de la zona, pH levemente alcalino a alcalinos, con excesos de sales, como sulfatos, bicarbonatos, cloruros, sodio, boro, entre otras. La mayoría de los suelos se clasificaba como sódicos y salinos sódicos y destacaba el hecho que en los suelos en que no se había hecho agricultura reciente, los excesos de sales eran mucho mayores y se requeriría de manejos adicionales para mejorarlos.

En particular, el catión sodio era el que más limitaba, presentándose una Relación de Absorción de Sodio (RAS) excesiva. El sodio en exceso afecta no solo como elemento tóxico para las plantas, sino que deteriora la infiltración del agua, al afectar la estructura del suelo.

El primer manejo en los suelos con mayor concentración de sales fue realizar lavados, vaciando el agua de los acumuladores flexibles en más de una oportunidad, antes de establecer los cultivos. Luego, al determinar las distintas especies a cultivar, se mantuvo con el riego, el bulbo de raíces húmedo, fomentando desplazar las sales hacia fuera de la zona de raíces. Al hacer este manejo se podían ver costras de sales en el margen del bulbo de mojado, las que se fueron retirando con palas y espátulas (Figura 8), de forma tal de no incorporarlas nuevamente al suelo. Después del manejo señalado, se realizó un nuevo análisis de suelo para verificar el resultado de las prácticas realizadas.

Con el manejo descrito, se logró disminuir las sales del suelo, principalmente los cloruros y sodio, quedando a nivel de raíces una mejor condición química. Adicionalmente, al bajar el sodio, mejoró la condición física del suelo, en lo que dice relación a la infiltración del agua de riego. Dado que la presencia de sales es propia de estos suelos y que el agua también tiene sales, solo se logra disminuir temporalmente, debiéndose manejar de manera permanente mientras dura el cultivo.

En cuanto a los nutrientes, se verificó un exceso de potasio que provenía de fertilizaciones anteriores, en que no usaban indicadores como el análisis de suelo. Los demás nutrientes estaban adecuados, salvo el fósforo que se encontraba deficiente en algunos casos. Para manejar la fertilización, se recomendó ácido fosfórico, aplicado por fertirrigación, de tal forma que aumentara este elemento en el suelo, permitiera acidular el agua de riego y disolver las sales de los emisores.

Inyector de fertilizantes y acidulación del agua de riego

Una de las ventajas más importantes del riego localizado es la posibilidad de

incorporar el fertilizante junto al agua de riego. Además, permite acidular el agua cuando se requiere, como en este caso que se utilizó ácido fosfórico, lo que ayuda al ambiente de las raíces.

Hay varios tipos de inyector. Sin embargo, para el tipo de sistema de riego y nivel de manejo del productor, se optó por habilitar uno que aprovecha el desnivel existente entre una altura mayor a la del estanque de acumulación de agua y la de los emisores. Esto logra que la solución se incorpore a la red de riego (Figura 9).

Control de riego a través de tensiómetro y tacto

El manejo del riego incluye procesos como la determinación de tiempos y frecuencias, los que en la práctica se basan en técnicas de control del esta-



Figura 9. Tipo de inyector de fertilizantes y soluciones ácidas.

do hídrico de las plantas o nivel de humedad de suelo. En este proyecto, se realizó en función del nivel de humedad de suelo con tensiómetros (Figura 10), instrumento que permite conocer indirectamente el nivel de humedad del suelo a partir de la tensión o atracción del agua que ejerce la superficie de las partículas del suelo. Adicionalmente, es posible determinar en forma práctica con la sensación al tacto si la humedad es adecuada, aspectos que se consideraron en la capacitación indicando que el criterio al tacto fue asociado a no superar los 30 cb en el tensiómetro.

Control de plagas

Una de las primeras actividades consistió en la capacitación para la instalación de trampas de feromonas específicas en cada sitio para detectar la presencia de insectos (Figura 11).

Dentro de los insectos detectados y que causaron daños en los cultivos incluidos en las unidades demostrativas estaban pulgones (áfidos) y lepidópteros masticadores, particularmente larvas de noctuidos, los que se controlaron con productos de línea ecológica comercial, de origen natural y muy bajo riesgo para la salud humana.

Es interesante destacar que durante las visitas se detectó también la presencia de enemigos naturales de plagas, como depredadores coccinélidos. En particular, se pudo observar pulgones parasitados por microavispa y todos los estados de desarrollo de depredadores coccinélidos (chinitas) donde la especie presente además es nativa (*Eriopsis chilensis*) (Figura 12).

Tal vez a futuro se podría estudiar cómo favorecer la abundancia y efecto de los enemigos naturales en las plagas presentes, posiblemente manejando la vegetación contigua de modo de proveer un buen ambiente para estos insectos benéficos.

Conclusiones

El proyecto de implementación en Mamiña estableció unidades productivas demostrativas, con el fin de aplicar un manejo agronómico adaptado a la zona y sus agricultores.

Las características físicas de los suelos, textura –franco arenoso, fueron apropiadas para el cultivo de hortalizas, sin embargo, la condición química del suelo presentó restricciones por su alcalinidad, presencia de sales, boro en exceso y sodio, lo que se abordó dentro de los márgenes posibles de manejo,

con láminas de lavado, riego frecuente y acidulación del agua de riego y uso de especies adaptadas. Con el manejo anterior se fueron desplazando las sales del bulbo de mojado donde estaban las raíces y se fueron sacando con espátula y pala, dado el tamaño pequeño del área de cultivo.

Por último, mediante análisis de suelo se pudieron detectar los nutrientes esenciales que se encontraban en déficit, los que se aplicaron a través del inyector de fertilizantes, aportándolos en pequeñas cantidades en cada riego, como fue el caso del ácido fosfórico.

El sistema de riego escogido para las hortalizas en la localidad de Mamiña fue un sistema de goteo que permite con adecuado manejo, utilizar menor cantidad de agua, sumando a la ventaja de la incorporación de fertilizante a través del agua de riego por medio de inyectores. Su aplicación debe ser de alta frecuencia para mantener un nivel constante y adecuado de humedad en el suelo, pues las raíces están confinadas a un “bulbo húmedo”, zona que en suelos salinos no debe disminuir su humedad para no aumentar la concentración de sales.

La mayor frecuencia de riego requiere contar con la posibilidad de almacenar



Figura 10. Capacitación en el uso de tensiómetros.



Figura 11. Trampa de feromona y monitoreo de insectos.



Figura 12. Estados de desarrollo de depredadores coccinélidos.

agua para no depender de los sistemas de turnos, siendo necesario poseer estanques de fácil instalación para independizarse de los turnos, lo que en este caso se logró con los estanques acumuladores flexibles de polietileno de ocho metros cúbicos de capacidad. El estanque abastece de agua a un sistema de riego por goteo de bajo requerimiento de presión que funciona con desniveles que van desde un metro, lo que permite no requerir energía eléctrica ni generada por combustible abaratando costos de funcionamiento con tecnologías limpias y de bajo impacto para el medio ambiente.

El sistema de riego recomendado con un inyector tipo, ubicado por sobre el nivel del estanque acumulador que funciona por gravedad, consigue inyectar fertilizantes solubles y ácidos, especialmente ácido fosfórico.

En cuanto a las plagas, las que más se observaron en los cultivos incluidos en las unidades demostrativas fueron pulgones (insectos chupadores) y larvas de lepidópteros (masticadores), las que fueron monitoreadas con trampas y controladas con productos de línea ecológica comercial, de origen natural y muy bajo riesgo para la salud humana.

Es importante notar que la decisión de control de plagas y los métodos a utilizar dependen de manera muy importante del destino que se le va a dar a los

cultivos y el valor comercial que estos representen. En el presente proyecto, los cultivos serían para autoconsumo, representando un bajo valor para los agricultores y, por lo tanto, implementar medidas de control costosas no era justificado. Si en el futuro, las hortalizas producidas tienen otros destinos, como restaurantes y ferias, hay que evaluar cuáles serían los métodos más adecuados de adoptar y con qué intensidad. Esto se engloba en el concepto de cálculo del “nivel de daño económico” que define cuándo una medida de control económicamente se justifica, es decir, un nivel de plaga donde el valor de lo que se pierde por no controlar es más alto que el costo de la medida de control. Dentro de este análisis además se deben incorporar otros requerimientos de la comunidad, como por ejemplo la producción sin plaguicidas contaminantes o de origen sintético.

Los agricultores escogidos participaron activamente en el proyecto, especialmente en las actividades de capacitación y de ejecución de las prácticas agronómicas (Figura 13).

El proyecto de implementación en Mamiña da cuenta de un paquete tecnológico “apropiado” para las condiciones de los productores de esta localidad, que puede ser transferible y de fácil adopción a otras localidades similares (Figura 14).



Figura 13. Capacitación del equipo UC en las comunidades de Mamiña.



Figura 14. Modelo de manejo agronómico establecido en la localidad de Mamiña.