



Innovación en el manejo del suelo y el agua para una producción agrícola sostenible

Freddy H. Villota González¹ y Patricia M. Aguirre Mejía^{2*}

¹Centro Universitario de Tonalá. Universidad de Guadalajara. México

²Instituto de Posgrado. Universidad Técnica del Norte. Ecuador

* pmaguirre@utn.edu.ec

Resumen

Existen extensiones de cultivos que se sitúan en zonas secas y/o territorios con fuertes pendientes. Para cubrir la demanda hídrica en estas áreas se establecen sistemas de riego, los cuales se ven afectados por prácticas inadecuadas durante el desarrollo de actividades agrícolas y el riego parcelario. La agricultura es una de las principales actividades económicas en la sierra ecuatoriana, sin embargo, no se desarrolla de manera adecuada. Por ejemplo, las prácticas agrícolas como: rotación de cultivo, riego parcelario, fertilización y análisis de suelos, generalmente se realizan por experiencia del agricultor debido a sus limitaciones económicas que le dificulta el acceso a asesoramiento técnico. En este sentido, es necesario que la agricultura sostenible tome impulso ya que se encuentra en el centro de la Agenda 2030 y constituye el primer paso fundamental para lograr el hambre cero, mediante el incremento de la superficie agrícola donde se practica una agricultura productiva y sostenible. Por otra parte, el riego tecnificado implica altos costos de establecimiento y mantenimiento, es así como el riego por gravedad es el método más utilizado por los pequeños agricultores y con sus consecuentes ineficiencias debido a la falta de conocimiento y recursos económicos. Algunos problemas que afectan el funcionamiento del sistema de riego son: daños en la infraestructura, desbordes, deslizamientos y disfuncionamientos por distribución y robo de agua. Todo esto produce erosión del suelo y desperdicio del agua; es así como surge la necesidad de elaborar estrategias que permitan el manejo de estos recursos. Algunas alternativas están vinculadas con la agroforestería y la tecnificación del sistema de riego de forma asociativa. Sin embargo, en Ecuador las políticas agrícolas no estimulan la adopción de este tipo de prácticas, la mayoría de los agricultores las realizan de forma empírica. Entonces, muchas veces se utilizan los mismos parámetros (diseño, selección de especies, tipo de sistema) en diferentes ecosistemas, y los resultados son sistemas deficientes y percepción negativa de los campesinos. Las acciones de la estrategia agroforestal bien implementadas están orientadas a la solución de estos inconvenientes.

Palabras clave: actividades agrícolas, Andes ecuatorianos, ecosistemas secos, manejo de suelo y agua, tecnificación en riego.



1. ODS y soporte legal en la innovación de sistemas de producción agrícolas

En el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) se considera la agricultura sostenible como uno de los ejes centrales de la Agenda 2030. Además, se menciona que es el primer eslabón fundamental para lograr el hambre cero, a través del incremento de la superficie agrícola donde se practica una agricultura productiva y sostenible (PNUD, 2018). La relación de la agricultura sostenible con los ODS se determina por el objetivo de garantizar la seguridad alimentaria mundial, promover ecosistemas saludables y la gestión sostenible de los recursos naturales. Esto se debe analizar de acuerdo con el desarrollo adecuado de las actividades agrícolas; por ejemplo, la aplicación correcta del riego, la cual consiste en un manejo adecuado del agua desde su captación hasta la distribución en la parcela. Además, al momento de regar se deben considerar las condiciones topográficas del terreno y la disponibilidad del recurso; por ejemplo, existen áreas con pendientes donde se debe realizar riego tecnificado con la finalidad de optimizar el manejo del agua y suelo.

Las actividades agrícolas están consideradas en varios ODS de forma directa, por ejemplo, en el objetivo 2 sobre hambre cero; donde se promueve la producción sostenible de alimentos para cubrir la demanda generada por el crecimiento demográfico. Objetivo 6 sobre agua limpia y saneamiento; relacionada con actividades de irrigación. Objetivo 9 sobre agua, industria, innovación e infraestructura; de igual manera se involucra proyectos de implementación de sistemas de riego para la agricultura. Objetivo 12 sobre producción y consumo responsable; a través de actividades agrícolas que promuevan la gestión y el uso sostenible de los recursos naturales. Objetivo 13 sobre acción por el clima; es importante mencionar que la agricultura es una de las actividades que más generan contaminación, por lo tanto, se promueve el desarrollo de estrategias para alcanzar una agricultura sostenible y amigable con el ambiente. Objetivo 15 sobre vida de ecosistemas terrestres; sus metas están orientadas a la rehabilitación de ecosistemas y suelos degradados, por ejemplo, el desarrollo de estrategias para evitar la desertificación (Gil, 2018).

Otros ODS se relacionan de manera indirecta con las actividades agrícolas, principalmente en las metas de los objetivos, por ejemplo, Objetivo 1 sobre fin de la pobreza; a través de proyectos de apoyo para los pequeños agricultores del sector rural. Objetivo 3 sobre salud y bienestar; mediante el desarrollo de la agricultura orgánica sin el uso excesivo de productos químicos que afectan la salud humana. Objetivo 5 sobre equidad de género; principalmente en el sector rural donde existe mano de obra familiar y se incluye el trabajo de la mujer. Objetivo 7 sobre energía asequible y no contaminante; a través de la implementación de maquinaria inteligente que funciona a través de paneles solares, para evitar el uso de combustibles fósiles. Objetivo 8 sobre trabajo decente y crecimiento económico; mediante el desarrollo de proyectos agrícolas que beneficien al productor y consumidores, con productos de calidad que tengan un valor justo en el mercado. Objetivo 10 sobre reducción de desigualdades; a través del desarrollo de proyectos que potencian y promueven la inclusión social, económica y política de los agricultores. Objetivo 11 sobre ciudades y comunidades sostenibles; mediante el apoyo de los vínculos económicos, sociales y ambientales positivos entre las zonas urbanas y rurales. Objetivo 14 sobre vida submarina; a través de la gestión de los recursos hídricos en actividades de irrigación para evitar la disposición de contaminantes en los ríos que desembocarán en los océanos. Objetivo 16 sobre paz, justicia e instituciones sólidas; mediante la promoción y aplicación de leyes y políticas en favor de la agricultura sostenible. Objetivo 17 sobre alianza para lograr objetivos; mediante el mejoramiento de la cooperación regional e internacional para el desarrollo de tecnologías ecológicamente



racionales, también la divulgación y difusión de información científica que promueva el desarrollo de la agricultura sostenible (PNUD, 2018).

Algunos países de Latinoamérica incluyeron en los textos codificados de poder constituyente y de carácter jurídico – político, varios artículos relacionados con las actividades agrícolas. Por ejemplo, la (Constitución de la República del Ecuador, 2008) de manera general considera varios fundamentos de la agricultura sostenible en dos artículos: Art. 12.- “El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida” (p.13); Art. 13.- “Las personas y colectividades tienen derecho al acceso seguro y permanente a alimentos sanos, suficientes y nutritivos; preferentemente producidos a nivel local y en correspondencia con sus diversas identidades y tradiciones culturales” (p.13); y en el Art. 411.- El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua (p.147).

Además, en Ecuador el órgano responsable de la elaboración del Plan Nacional es la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES, 2017), desde donde se plantearon los siguientes objetivos relacionado con las actividades agrícolas: objetivo 3 para garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones; y, objetivo 6 para desarrollar las capacidades productivas y del entorno para lograr la soberanía alimentaria y el Buen Vivir Rural.

Es importante mencionar que el riego como principal actividad agrícola se maneja a través del (MAGAP, 2013). Es un instrumento fundamental e imprescindible para el desarrollo de las zonas rurales, debido a que se enfoca en las respuestas a los problemas fundamentales del riego y en las propuestas necesarias para garantizar el buen vivir rural.

2. Sectores más vulnerables identificados para afrontar el cambio climático

El cambio climático es uno de los principales problemas que afectan a la humanidad, se caracteriza por tener impactos que pueden ser positivos o negativos. Por ejemplo, un cambio brusco significa resultados adversos que afectan directamente a los sistemas naturales y humanos de todo el planeta. En este sentido, El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) afirmó que el cambio climático es una modificación en el estado del clima que puede identificarse mediante cambios en la media y/o la variabilidad de sus propiedades (pruebas estadísticas), y que persiste durante un período prolongado generalmente por décadas. Además, La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) atribuye los cambios del clima directa o indirectamente a la actividad humana (IPCC, 2013).

En ocasiones el cambio climático y la variabilidad climática se consideran sinónimos ya que interactúan constantemente y se originan del efecto invernadero antropogénico. Sin embargo, son términos totalmente diferentes: la variabilidad climática se caracteriza por su acción en períodos de tiempo cortos, mientras que el cambio climático persiste en periodos más prolongados, incluso los fenómenos de la variabilidad climática se tornan más extremos debido al cambio climático (Alzate et al., 2015).

Los países más afectados por el cambio climático son los que están en vías de desarrollo, debido a la dependencia al entorno natural y la presión que ejercen sobre los recursos. En Ecuador, la necesidad de respuesta a los efectos de la variación del clima y las fuertes

demandas de producción ha provocado la incorporación progresiva de criterios de mitigación y adaptación a los programas y proyectos de inversión (MAE, 2012). Además, según la fuente anterior, los sectores más vulnerables identificados para afrontar los retos del cambio climático son: energía, procesos industriales, agricultura, ganadería, manejo de desechos, pesca, acuicultura, salud, recursos hídricos, ecosistemas naturales, grupos humanos vulnerables, turismo, infraestructura, y asentamientos humanos. Además, sus afectaciones podrían causar las mayores pérdidas económicas, sociales y ecológicas en el país.

3. Estrategias de adaptación y mitigación al cambio climático

La adaptación es la capacidad que tiene un sistema para ajustarse a la variabilidad del clima y los fenómenos extremos que produce el cambio climático; su finalidad es moderar los daños potenciales para aprovechar las oportunidades y enfrentar las consecuencias (Pachauri y Meyer, 2014). Existen diferentes respuestas adaptativas disponibles para las sociedades humanas, estas pueden ser: 1) De carácter tecnológico como la tecnificación en riego; 2) A través del comportamiento de la sociedad como el reciclaje; 3) De gestión como las prácticas agrícolas modificadas; y, 4) De política como las regulaciones de planificación (IPCC, 2007).

En el 2012 el Ministerio de Ambiente Ecuador (MAE) ha elaborado la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC) con el fin de dar respuesta a los desafíos planteados por este hacia los sectores más vulnerables. La ENCC está compuesta por dos Líneas Estratégicas de acuerdo con el Ministerio del Ambiente Ecuador:

- Adaptación al Cambio Climático cuya finalidad es reducir la vulnerabilidad social, económica y ambiental frente a los impactos del cambio climático.
- Mitigación del cambio climático que tiene como finalidad reducir las emisiones de GEI y aumentar los sumideros de carbono en sectores estratégicos.

Las líneas estratégicas poseen objetivos generales, objetivos específicos, resultados esperados, y lineamientos para la Acción entre el 2017 y el 2025. El objetivo de la línea estratégica de adaptación es crear y fortalecer la capacidad de los sistemas social, económico y ambiental para afrontar los impactos del cambio climático. Por otra parte, el objetivo de la línea estratégica de mitigación es crear condiciones favorables para la adopción de medidas que reduzcan emisiones de GEI y aumentar los sumideros de carbono en los sectores estratégicos (MAE, 2012).

Entre los principales resultados esperados para la línea estratégica de adaptación se encuentra la elaboración del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAGAP), el cuál asume los grandes retos del subsector dentro del desarrollo nacional (MAGAP, 2013):

- Insertar al riego dentro de las políticas de desarrollo rural.
- Priorizar la pequeña y mediana producción.
- Cuidar las fuentes y ecosistemas abastecedores de agua.
- Apoyar a procesos de prevención y sanción de la contaminación de los cursos de agua.
- Ampliar el área regada
- Rehabilitar la infraestructura construida.
- Tecnificar el riego.
- Garantizar el acceso equitativo al agua para riego.
- Establecer mecanismos de coordinación entre los responsables de la gestión del riego.
- Desarrollar procesos de capacitación a las entidades responsables y a los regantes.

4. Sistema de producción agropecuaria

En un sistema de producción agropecuaria existen un conjunto de elementos o componentes que interaccionan de forma dinámica y están organizados en función de obtener diferentes productos de cultivos y animales (Zakzuk et al., 1996). La finalidad de la producción es alcanzar objetivos socioeconómicos específicos para las familias que se dedican a estas actividades (García, 2005). Además, de una interacción compleja entre procesos sociales, ambientales y biológicos (Hecht, 1999).

Este grupo de sistemas agropecuarios se componen por subsistemas de cultivo, crianza, transformación y de actividades no agrícolas. El conjunto de actividades que se desarrollan en torno al ámbito productivo responde a una lógica relacionada con la combinación e interacción de tres principales componentes: mano de obra familiar, capital e instrumentos de producción disponibles, tierra y el agua de riego (Apollin y Eberhart, 1999). Además, dichos sistemas evolucionan con el tiempo, nunca permanecen estáticos. Permiten alcanzar el objetivo económico, social y político de los productores y su evaluación debe considerar un análisis de los aspectos históricos, la evolución social, la situación económica, tecnológica y cultural de las transformaciones humanas y ambientales (Zúniga, 2011). Se ha establecido que todo sistema debe considerar los siguientes elementos (Hart, 1985):

- *Componentes.* – son los elementos básicos (la materia prima) del sistema.
- *Interacciones entre componentes.* – modos de relación entre los componentes del sistema proporciona las características de estructura a la unidad.
- *Entradas.* – flujos que ingresan al sistema y provienen del medio exterior.
- *Salidas* – flujos del sistema de producción que van hacia el exterior.
- *Limites.* - es el medio que delimita externamente al sistema.

La estructura de un sistema es la forma como se organizan los componentes que lo integran; la finalidad es que el resultado tenga cohesión y permanencia para que lo identifiquen y diferencien de otro (Silva Zakzuk et al., 1996). Además, dependerá de las siguientes características (Hart, 1985):

- *Número de componentes.* Cantidad de elementos que interactúan para construir el sistema.
- *Tipo de componente.* Corresponde a las características de un componente individual que lo diferencia de los demás.
- *Interacción entre componentes.* Arreglo u organización entre los componentes de un sistema.

La parte más fundamental en la estructura del sistema según (Hart, 1985) es la interacción entre componentes. Sin embargo, el número y tipo de componentes influye sobre los tipos de interacción que pueden ocurrir dentro de un sistema. Las interacciones entre componentes pueden ser de diferentes tipos: 1) Cadena directa, en la cual una salida de un componente es la entrada del otro; 2) Cadena cíclica, en la cual hay retroalimentación; y 3) Competitivo, en la cual los componentes compiten por la misma entrada (Figura 1).

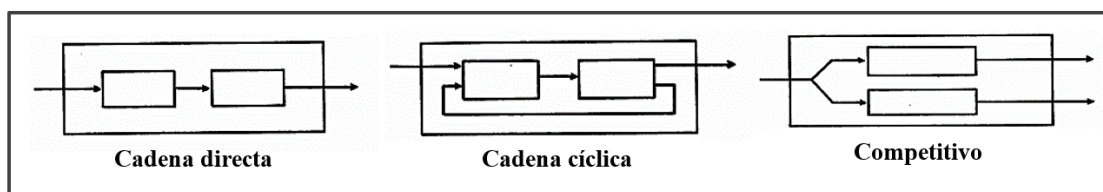


Figura 1 Tipos de interacciones entre componentes de un sistema. (Hart, 1985).

El funcionamiento del sistema de producción depende de los tres elementos constitutivos principales. Por esta razón, proponer una innovación técnica al sistema necesita de una evaluación preliminar para analizar las consecuencias que tendrá esta modificación sobre los otros elementos; el cambio en un elemento repercute sobre el funcionamiento y organización de todo el sistema (Villaret, 1994). El funcionamiento del sistema de producción tiene diferentes etapas sucesivas (Apollin y Eberhart, 1999):

- *La caracterización de la estructura del sistema.* Se identifica la disponibilidad de factores como mano de obra familiar y la fuerza de trabajo, la tierra y sus características, y el capital.
- *La caracterización de los subsistemas de cultivo y de crianzas.* Se refiere a las decisiones técnicas del agricultor; por ejemplo, elección de producciones vegetales y animales, implementación de asociaciones y rotaciones en los cultivos, y prácticas de producción.
- *Análisis del funcionamiento del sistema de producción.* Comprende el análisis de varios aspectos: a) las formas de uso de las fuerzas productivas por parte de la familia campesina (uso de la tierra, organización de la mano de obra y utilización del capital disponible), y las interrelaciones entre estos elementos. b) la repartición de las fuerzas productivas (tierra, mano de obra y capital), entre los diferentes subsistemas de cultivo, de crianza y de transformación, y c) los flujos de materias al interior del sistema (abonos orgánicos) o de productos con el exterior del sistema (compra de insumos, venta de productos agrícolas).

La función de un sistema se define en términos de procesos, por ejemplo, recibir entradas y producir salidas. Este proceso se puede caracterizar mediante la utilización de diferentes criterios, entre los más importantes se pueden describir los siguientes (Hart, 1985):

- *Productividad.* Medida de la salida de un sistema.
- *Eficiencia.* Medida que toma en cuenta las cantidades de entradas y salidas de un sistema.
- *Variabilidad.* Toma en cuenta la probabilidad en la cantidad de salidas.

5. Innovación en sistemas de producción

La innovación constituye una herramienta indispensable en los sistemas de producción agropecuarios. Consiste en la aplicación de nuevos conocimientos en los procesos productivos y organizacionales. Además, ocurre con una apropiación social de los conocimientos, ideas, prácticas y tecnologías, cuando un cambio sea útil y beneficioso en el quehacer productivo u organizacional. Una innovación se da una vez que la novedad que se implementa es algo nuevo para ese contexto y no necesariamente para el mundo (IICA, 2014).

La contribución de la innovación en los sistemas de producción está dada por los aportes de los últimos 20 años de agricultura sostenible, que permite la mitigación y adaptación a los efectos del cambio climático que se producen en los sistemas agrícolas (IICA, 2017). La innovación agrícola es el proceso donde las personas o las organizaciones impulsan el uso de productos, procesos y formas de organización existentes o nuevos en la sociedad o en la economía. Esto con el fin de aumentar la eficacia, la competitividad, la resiliencia ante las crisis, o la sostenibilidad ambiental para alcanzar la seguridad alimentaria y nutricional, el desarrollo económico y la gestión sostenible de los recursos naturales (FAO, 2015).

El significado complejo de la innovación permite clasificarla desde diferentes formas. Según el (IICA, 2014).

- *Innovación institucional.* Aborda cambios en los aspectos políticos, normas, regulaciones, procesos, acuerdos, modelos, formas de organizarse, prácticas institucionales o relaciones con otras organizaciones. Estos cambios se realizan para crear un ambiente más dinámico y propicio para mejorar el desempeño del sistema y hacerlo más interactivo y competitivo.
- *Innovación tecnológica.* Consiste en la aplicación de nuevas ideas, conocimientos científicos o prácticas tecnológicas dirigidas al desarrollo, la producción y la comercialización de productos, la reorganización o mejora de procesos productivos. Estas innovaciones se asocian con cambios en los productos o en los procesos productivos, pero pueden generarse innovaciones tecnológicas en el mercadeo o en la forma de organización.
- *Innovación social.* Consiste en el desarrollo o mejora sustancial de estrategias, conceptos, ideas, organizaciones, productos o servicios, que permiten un cambio positivo en la manera de satisfacer y responder a las necesidades sociales. Se construyen por un conjunto de actores, que buscan el bienestar de los individuos y las comunidades mediante la generación de empleo, consumo, participación u otro cambio que mejore la calidad de vida de las personas.

La innovación agrícola surge de la acción colectiva, de la coordinación y del intercambio de conocimiento entre diversos actores (Figura 2), tiene un papel fundamental y permite alcanzar una agricultura más sostenible. Para el desarrollo agrícola es necesario una buena capacidad de adaptación y respuesta a los eventos que generan duda en los precios de los mercados y problemas relacionados con el cambio climático. Además, se incluyen aspectos como el avance tecnológico y la transformación institucional, así como el papel del Estado, el sector privado y la sociedad civil (IICA, 2017).



Figura 2. Sistema de innovación agrícola (IICA, 2017).

6. Estrategias de innovación en el manejo del suelo y agua en los sistemas de producción agrícola

El cambio climático agudiza la escasez del recurso hídrico, la inseguridad alimentaria y la pobreza rural y urbana. Por esta razón, la clave para responder a este fenómeno es incorporar tecnologías que optimicen el uso del agua y suelo. Esta adopción tecnológica debe ser aceptada por los agricultores, para ello se requiere que sea de bajo costo, adecuada para la localidad, fácil de difundir, efectuada bajo el enfoque de agricultura sostenible y de manejo racional de suelos y agua (Martínez Guzmán, 2013).

El manejo del suelo y el agua está determinado por las labores culturales y el manejo del campo. Por esta razón, las estrategias de la agricultura de secano se basan en la producción de alimentos utilizando el agua de manera eficiente y minimizando su desperdicio en la parcela. La disminución de las pérdidas de agua involucra reducir la evaporación mediante la rápida cobertura del suelo, para lo cual se utiliza cortinas rompe vientos, se realiza labranza mínima, y se controla malezas. Por otra parte, el uso eficiente del agua corresponde a la utilización de especies que consumen menos agua, fertilización adecuada a la disponibilidad de agua, control de plagas y enfermedades, momento óptimo de siembra, variedades seleccionadas para cumplir su ciclo dentro del período climático de crecimiento y otras herramientas que se asemejan al manejo agrícola (FAO, 2003).

Las técnicas de innovación tecnológica se pueden introducir y manejar de forma exitosa cuando existe capacitación sobre su uso o los agricultores poseen el conocimiento necesario, por ejemplo, la FAO plantea los siguientes elementos exitosos para que la adopción tecnológica funcione:

- Las ideas deben provenir de los agricultores.
- El riego a presión es más aceptable que el riego por gravedad; entonces, el futuro desarrollo de la irrigación debería ser por presión.
- Focalizar la distribución eficiente del agua para evitar que continúen las altas pérdidas de agua, el robo de agua y el riego no programado.
- Capacitar a los agricultores sobre el pago de las tarifas por los servicios de agua hasta que los agricultores adquieran el concepto de que el agua no puede ser obtenida gratuitamente.
- Proporcionar asistencia técnica adecuada a los agricultores ya que pese a toda la capacitación realizada todavía hay grandes deficiencias en el conocimiento de los agricultores acerca de las prácticas agrícolas, los requerimientos de agua y los turnos de riego.
- Proponer soluciones específicas de acuerdo con las necesidades de cada elemento analizado.

Sin embargo, el uso de tecnologías inadecuadas puede producir la degradación del capital natural; es decir, se empobrece y contamina el suelo y las fuentes de agua debido al uso cada vez mayor de agroquímicos (Corrales-Roa y Torres, 2002). Las estrategias productivas de la familia campesina se determinan por la combinación de los tres componentes constitutivos que se detallan a continuación (Apollin y Eberhart, 1999):

- *Medios de producción (tierra, agua de riego y capital), y mano de obra familiar.* La principal importancia de estos elementos se enfoca en la combinación y las interrelaciones entre ellos, más no en las características individuales.
- *Entorno socioeconómico y agroecológico.* Influencia sobre la dinámica de funcionamiento de los sistemas de producción en las características de los mercados, acceso y políticas agrícolas relacionadas con precios y crédito (entorno económico). Ayuda mutua entre productores relacionadas principalmente al

intercambio de medios de producción (entorno social). Las condiciones ambientales determinan directamente el potencial o los limitantes del sistema de producción.

- *Lógica agrotécnica*. Prácticamente, está relacionada con los fundamentos que establece el productor para las decisiones técnicas tales como elección de producciones, sus utilizaciones y las técnicas a emplearse.

7. Sistemas de riego: sus características en los sistemas de producción agrícola

En ocasiones se confunde dos términos cuando se refiere al riego en una parcela; métodos de riego y sistema de riego. Sin embargo, método de riego se define como el conjunto de actividades o reglas que caracterizan el modo de aplicar el agua en las parcelas regadas, mientras que el sistema de riego es el conjunto de equipamientos y técnicas que proporcionan la aplicación del agua de riego siguiendo un método dado (Pereira et al., 2010). Existen diferentes métodos de riego y el estudio de (Pereira y Trout, 1999) los clasifica de la siguiente manera:

- *Riego de superficie o riego por gravedad*. Comprende el riego realizado por inundación, riego en canteros tradicionales y surcos cortos o en canteros con nivelado de precisión, riego por infiltración en surcos o en fajas y el riego por escorrentía libre.
- *Riego por aspersión*, se caracteriza porque son sistemas estáticos y su disposición es en cuadrícula, fijos o móviles. Se componen con sistemas móviles de cañón o ala sobre carro tirada por enrollador o por cable, y sistemas de lateral móvil, pivotante o de desplazamiento lineal.
- *Riego localizado o microrriego*. Considerados los más eficientes comprenden el riego por goteo, por difusores o borboteadores (“bubblers”), por tubos perforados o porosos. la microaspersión y el riego subsuperficial por tubos perforados y tubos porosos.
- *Riego subterráneo*, realizado por control de la profundidad de la capa freática, pero en la Península Ibérica no es común este tipo de riego.

Los elementos considerados en un sistema de riego son la infraestructura y los acuerdos de operación, gestión y mantenimiento que son administrados por las juntas de regantes. Estos elementos permiten un acceso equitativo al agua, y están enfocados en planificación, búsqueda de financiamiento y actividades de dimensionamiento, diseño y construcción de la infraestructura, la cual corresponde a los canales y/o tuberías que se componen por obras complementarias (partidores, cámaras rompe carga, puentes) y accesorios (válvulas de regulación, válvulas de purga, etc.) con la finalidad de optimizar el funcionamiento y operación del sistema (J. García, 2013).

Un canal de riego se encarga de conducir el agua por gravedad o bombeo, desde el lugar de captación hasta el lugar donde se necesita, el agua circula rodada en contacto con el aire o forzada en conducción con presión atmosférica (Blázquez Prieto, 2008). Es importante evaluar la eficiencia técnica en la movilización, transporte y distribución del recurso agua (Apollin y Eberhart, 1998), incluso, detectar los problemas eventuales en su construcción o mantenimiento (pérdidas y filtraciones en los canales, tramos de canales inadecuados o en mal estado). Este análisis permite generar estrategias de apoyo a las juntas de regantes y usuarios, para lo cual se deben considerar las características e interrelaciones de los siguientes elementos:

- El sistema normativo y los derechos del agua
- La geografía de la red de riego

- Los sistemas de producción y las estrategias familiares de producción
- La organización de regantes

Por otra parte, un diagnóstico enfocado de sistemas de riego debe comprender el análisis del conjunto de los componentes que los conforman, sus interacciones, y las consecuencias que un cambio en cualquiera de las partes tiene para el conjunto. Para el análisis se divide un sistema de riego en tres subsistemas (Anten y Willet, 2000):

- *El subsistema socio-organizativo*: Se refiere al conjunto de los usuarios, su organización y la gestión mediante reglas, normas y acuerdos de la infraestructura de riego. Los usuarios se organizan formal o informalmente para asegurar la operación y el mantenimiento del sistema. También, asignan tareas específicas para algunas funciones claves como dirección, convocatoria, vigilancia, etc.
- *El subsistema infraestructural*: Conformado por el conjunto de las obras de captación, conducción, repartición y distribución, almacenaje, protección en un sistema de riego.
- *El subsistema agrícola*. – Comprende el sistema de producción bajo riego. Por ejemplo, los cultivos y su manejo incluyendo la aplicación del agua (técnicas de riego con su eficiencia, láminas de riego, intervalos de riego). Igualmente, el manejo del suelo en las chacras con riego incluyendo labranza, nivelación, fertilización, control de la erosión; postcosecha; comercialización y economía de la producción.

8. Juntas de regantes

Las juntas de riego y/o drenaje de primer grado son organizaciones comunitarias sin fines de lucro, que tienen por finalidad la prestación del servicio de riego y/o drenaje, bajo criterios de equidad, solidaridad, interculturalidad, eficiencia económica, sostenibilidad del recurso hídrico, calidad en la prestación del servicio y en la distribución del agua. Se conforman con un mínimo de cinco miembros, en base a la normativa vigente; la Secretaría de Agua promueve e incentiva la asociatividad de beneficiarios (Secretaría Nacional del Agua, 2016).

Un análisis de funcionamiento de la junta de regantes permite elaborar un proyecto para consolidar sus capacidades, y dependiendo del caso según Apollin y Eberhart (1998) se pueden optar por algunas alternativas como:

- Fortalecer las capacidades operativas de la organización, lo cual consiste en obtener un papel protagónico durante el análisis de la planificación, seguimiento, organización de los trabajos de infraestructura, organización y recepción de visitas externas y gestión de fondos del proyecto.
- Favorecer una negociación entre grupos de usuarios, juntas, etc. El objetivo es definir reglas de operación, de mantenimiento, de tarifas más adecuadas y equitativas, si éstas no son eficientes.
- Favorecer una negociación entre todos para redefinir reglas y normas de distribución del agua (derechos y obligaciones) de forma colectiva.
- Capacitar a la organización, así como a los usuarios sobre métodos de negociación y resolución de conflictos.
- Ayudar a la organización a adecuar los reglamentos internos y estatutos con base en las nuevas reglas colectivamente definidas.