

Producción sustentable de maíz. La aplicación de tecnología para el uso racional de los recursos

*Asociación de Usuarios Productores Agrícolas “Ruíz Cortínez»
Módulo II-2 AC*

por Érika Barrón Carreño

Introducción

El Módulo Ruíz Cortínez es una organización de productores, integrada a la Asociación de Usuarios Productores Agrícolas de la Red Mayor Distrito de Riego 075 Río Fuerte, Sinaloa AC, agrupa 1,240 productores del sector social y 399 pequeños propietarios con 18,613 hectáreas del municipio de Ahome, Sinaloa, en 6,834 ha (34% del total) se siembra maíz; su misión es administrar grandes volúmenes de agua, en el año 2016-17, que ha sido un año estable se le asignaron 166,378,000 m³ de agua superficial al año. (Registro Público de Derechos del Agua, 2017), si consideramos que una hectárea sembrada de maíz requiere 9,000 m³ en lámina bruta de agua por ciclo, cada hectárea habilitada cuenta con 11,482 m³ de agua que pudiera aprovecharse en dos ciclos, se encuentra en una situación límite entre el volumen disponible y el requerido.

Es una organización acorde con la dinámica productiva de Sinaloa, estado que en los veinte últimos se convirtió de productor de alta diversificación agrícola al mayor productor de maíz grano blanco híbrido en llanuras costeras, contribuyendo a disminuir la dependencia de importaciones de maíz para la industria local e incluso exportar a Ghana y Venezuela. Su función auxiliar es dotar de agua captada en las 11 presas en el estado le permite advertir de las situaciones límite por las sequías recurrentes y las lluvias atípicas e iniciar la formación de una cultura para prevenir afectaciones mayores.

Los productores maiceros asociados en promedio aplican 6 riegos/ciclo con altas dosis de fertilización, factores de los que dependen los rendimientos sostenidos entre 11 y 15 ton/ha en un escenario de precios tendenciales a la baja y la necesidad estratégica de maíz grano híbrido en la industria de alimentos balanceados.

SAGARPA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA,
GANADERÍA, DESARROLLO RURAL,
PESCA Y ALIMENTACIÓN



75 AÑOS DE INNOVACIÓN PARA UNA
AGRICULTURA MÁS PRODUCTIVA,
SUSTENTABLE E INCLUYENTE
EN LAS AMÉRICAS



INNOVAR
para
competir



El tema hídrico ligado a la actividad agrícola es percibido como estratégico por la mayoría de los productores y para la organización, por lo que han buscado y sostenido alianzas con los investigadores regionales que desarrollan alternativas para el manejo integrado del agua que aumente la eficiencia sin demeritar rendimientos, incluso aumentándolos.

Esta síntesis del esfuerzo por aprovechar los recursos tecnológicos disponibles, que ha generado paulatinamente una “visión clara como productores que manejan el suelo y el agua”. La introducción de una forma de manejar integralmente el riego con apoyo de una plataforma tecnológica, representa una innovación relevante al tiempo que han desarrollado sus capacidades para aprehender la tecnología para asegurar la sustentabilidad y el éxito como productores.

Antecedentes de la Organización

La misión de la organización de productores usuarios de agua es “Operar, conservar y administrar infraestructura hidroagrícola y los volúmenes de agua concesionados, incrementando la eficiencia del uso de recurso hídrico y la productividad de los recursos tierra y agua” y su visión es “ser la organización de los usuarios de riego con capacidad de gestión y recursos que le permitan disponer de información para proponer alternativas tecnológicas y mecanismos de implementación de las mismas para, a través del incremento de la productividad de los recursos tierra y agua, alcanzar la autosuficiencia alimentaria y lograr ingresos económicos suficientes para alimentación, salud, educación y bienestar de los productores agrícolas en la región”.

Su función es abastecer de agua superficial a 1,639 productores agrícolas, 75% del sector social que en promedio trabajan 8.15 h y 399 pequeños propietarios, que en promedio trabajan 22 hectáreas en el municipio de Ahome, Sinaloa De manera que de las decisiones colectivas sobre el agua impactan en 18,613 hectáreas de las cuales 6,834 ha (34% del total) se siembra maíz y en 35

Que una organización social administre grandes volúmenes de agua es un reto, pues implica tomar decisiones en escenarios cambiantes, por ejemplo en el año 2016-17, -año estable en el régimen de lluvia-Conagua asignó 166,378,000 m³ de agua superficial al año. (Registro Público de Derechos del Agua , 2017), si consideramos que cada hectárea sembrada de maíz requiere 9,000 m³ en lámina bruta de agua por ciclo, cada hectárea habilitada cuenta con 11,482 m³ máximo de agua que pudiera aprovecharse en dos ciclos, se encuentra en una situación

límite entre el volumen disponible y el requerido.

La disposición de agua es un factor que propicia la producción sobre todo en un territorio en donde se produce 2.1% del maíz de Sinaloa, el mayor productor nacional.

La organización se creó en torno durante la Reforma Agraria, en este caso, las aguas del río Fuerte en las que se concedió prioridad y exclusividad para riego de los cultivos de caña de azúcar para beneficiar a los ingenios, "las necesidades de agua crecieron y de igual forma el número e intensidad de los conflictos por ella, los productores privados del valle del Fuerte exigían una distribución racional y equitativa del agua y se organizaron para impulsar la reglamentación del uso de las aguas y promover mejores obras de irrigación; el caos y conflicto eran aspectos cotidianos en la distribución del agua por el canal cubierto por cientos de bombas que tomaban el agua, muchas de ellas de manera ilegal, lo que se agravaba en años de sequía y en periodos de estiaje". (Aguilar Soto, C., 2010)

Con la incorporación del riego por gravedad en la conformación del Distrito de Riego, la agricultura avanza a pasos acelerados, se abren nuevas tierras al cultivo; atraídos por este boom arriban a la región familias procedentes de otras zonas del país para unirse al naciente desarrollo agrícola, por lo que se hizo necesaria la organización en esta región donde se produce 40% de los productos agrícolas de Sinaloa.

Si bien en su fundación data de 1936 y desde 1992 la Comisión Nacional del Agua transfiere el manejo de las redes hidráulicas de los Distritos de Riego a asociaciones civiles de usuarios para la gestión y manejo de las redes hidráulicas y su relación con la transmisión de derechos de agua, en las últimas dos décadas los problemas de abasto de agua, la crisis de rentabilidad de la actividad y los vínculos creados en espacios de confianza en el modelo de productor – investigador ha consolidado una identidad autónoma de organización de productores que busca impactos regionales sensibles en la vida de cada uno de ellos y que de manera autónoma deciden construyen de manera colectiva la sustentabilidad ambiental, la viabilidad social y rentabilidad económica.

Actualmente es una organización de productores insertos en la dinámica productiva de Sinaloa, estado que, en los veinte últimos, se convirtió de productor de alta diversificación agrícola al mayor productor de maíz grano blanco híbrido sobre todo en las llanuras costeras del norte que reducen la marcada balanza deficitaria en maíz

Es una organización democrática con una marcada identidad hacia la

proactividad, el desarrollo de capacidades y la conciencia ambiental en el sector agrícola. Su importancia en la producción de maíz radica que, de acuerdo con FIRA, en la zona de influencia de la organización se encuentran tres de los quince municipios productores de maíz a nivel nacional en conjunto aportan 11.1 por ciento del total de la producción y obtienen rendimientos por hectárea superiores al promedio nacional y el principal factor es la producción de riego. (FIRA , 2015)

Los productores asociados desarrollan una visión de organización integrada para enfrentar los complejos problemas en el manejo del agua en la región donde, como ejemplo, únicamente 45% del agua de uso agrícola se aprovecha en los sistemas de riego rodado, que son los más utilizados por los productores de maíz.

La organización provee un espacio para la masificación y transferencia de propuesta de métodos desarrollados por científicos y tecnólogos de la región, de manera especial, el sistema computacional Irri-Model para pronóstico y gestión del riego en tiempo real que desarrolló el Centro de Investigación Regional de Noroeste, en el Campo experimental Valle del Fuerte del INIFAP con base en modelos de programación integral del riego en función de tiempo térmico, modelos de predicción de la fenología y último riego, así como un modelo de gestión del riego enlazado a módulos de riego. Además de procesar información climática en tiempo real e histórica: el portal integra y procesa bases de datos de clima y documentos técnicos y cuenta con una interfaz gráfica que los usuarios podrán ejecutar en cualquier momento desde una computadora tradicional o de bolsillo.

Irri-Model es un sistema Freeware (software de libre distribución, gratuito, 100% funcional, pero de código cerrado, a diferencia del software libre y con la restricción de inscribirse y aportar datos específicos para alimentar a las bases de datos centrales). El investigador Ernesto Sifuentes Ibarra comenzó en 1997 a desarrollar su idea y 2009 con un financiamiento de Fundación Produce Sinaloa se creó la plataforma; los productores del módulo han adoptado y realimentado para la mejora, como una alternativa de solución a la creciente variabilidad climática, las lluvias atípicas y la dificultad para determinar y en el mejor de los casos, optimizar las oportunidades de riego y reducir el uso del agua y sobre todo es una plataforma de aprendizaje colaborativo entre productores, un espacio virtual que se alimenta de la información que cada productor aporta a la plataforma.

La organización contribuye con información relevante a la producción de granos básicos, especialmente maíz que permiten disminuir la dependencia de importaciones para la industria y la actividad pecuaria

e incluso exportar a Ghana y Venezuela; en los módulos la producción más importante se observa en el ciclo Otoño-Invierno, aprovechando el agua captada en las 11 presas en el estado, en promedio se aplican 4 riegos/ciclo y altas dosis de fertilización, factores de los que dependen los rendimientos sostenidos entre 11 y 15 ton/ha

Precisamente el riego es el factor aglutinante, ya que la operación, conservación y administración es una responsabilidad compartida entre la Comisión Nacional del Agua (Conagua) y los usuarios organizados en asociaciones civiles y sociedades de responsabilidad limitada de interés público y capital variable, por eso el espacio privilegiado para resolver los problemas del manejo de agua.

En 2016 hay 40 integrantes de grupo líder que reciben capacitación y seguimiento técnico constante. Específicamente, los productores asociados manifiestan que participar en la plataforma Irri-Model, permite la reducción en los costos de irrigación por efecto de la reducción de la cantidad de agua suministrada por hectárea e incremento en la intensidad de cultivos, permite decidir con una base más .

Objetivo	Descripción
1	Ser la organización que promueva el manejo integrado del agua agrícola en la región.
2do	Mejorar la estructura de costos de los asociados al utilizar herramientas tecnológicas de vanguardia en el manejo de agua.
3ero	Promover la modernización de los sistemas de conducción de agua a nivel predial y en toda la línea de conducción.

Tabla 1. Objetivos estratégicos de la organización. Fuente: Elaboración propia con base en entrevistas a consejo directivo.

Motivación para la innovación de la organización

La necesidad de consumir agua rodada de manera sustentable

El maíz es el cultivo más importante de México y cultivar una hectárea en la región en el ciclo 2015-16 requirió en promedio 5,977 m³ por hectárea de agua, al requerir de una lámina neta de entre 500 y 800 mm para el desarrollo óptimo, alrededor de cinco milímetros de lluvia o riego diarios, aun cuando las investigaciones han probado que puede ser de 400 mm a 420 mm, programando cada etapa de su desarrollo demandará diferentes cantidades de agua. Cuando brota de la tierra, requiere menos cantidad; basta sólo una humedad constante. En la fase de crecimiento deberá tener suficiente agua, siendo la floración el periodo más importante, porque de ello dependerá la producción obtenida. El maíz se adapta a todo tipo de suelos pero requiere drenaje para no permitir encharcamientos que asfixien las raíces.

La organización identificó como principales motivaciones para la innovación:

- Evidencias del desperdicio o mal manejo del agua rodada, hay una percepción de abundancia.
- La dependencia del cultivo de maíz al agua,
- La percepción de “tener más tierra que agua” dada la condición del territorio, llanuras costeras desmontadas de selva baja caducifolia sin presencia de agua subterránea, detonan un espíritu de investigación – experimentación.
- Aprovechar el conocimiento de las necesidades de agua para el cultivo de maíz para elevar el rendimiento en hectáreas con mejor manejo.

Identificación del problema y diseño de la solución

El problema principal que comparten los productores de maíz es la sustentabilidad de los rendimientos del cultivo del maíz en un escenario de menor disposición de agua.

De acuerdo con los investigadores de INIFAP “el sistema tradicional de riego en maíz se aprovecha 45% del agua que se aplica, es decir: por cada 100 litros de agua que entran a la parcela solo 45 litros se quedan en la zona de raíces, el resto se pierde en el drenaje y por percolación profunda, arrastrando fertilizantes móviles y suelo, provocando estrés en los cultivos, contaminación y riesgos sanitarios”.

Como se observa en la ilustración 1 en los últimos diez años ha aumentado la superficie cosechada en el CADER El Fuerte, que coincide con el territorio de la Asociación “Distrito de Riego 75”, y en la ilustración 2 se observa la tendencia negativa de los rendimientos, mientras el precio tiende a la baja, de manera que deben optimizar costos en el riego.

De acuerdo con el Registro Público de Derechos del Agua la disposición de agua superficial de 259,841,000 m³ satisface el consumo de agua agrícola, pues la concesión data de hace 22 años, pero los productores de manera reiterada señalan que al aumentar la superficie y no mejorar los sistemas de riego y aplicar láminas de la manera “tradicional” aumenta el riesgo de desabasto, porque la cantidad de agua en volumen que envía CONAGUA de las presas es la misma, mas en los últimos años se ha observado alta variabilidad climática , lo que ha provocado alteraciones en los ciclos fenológicos de los cul-

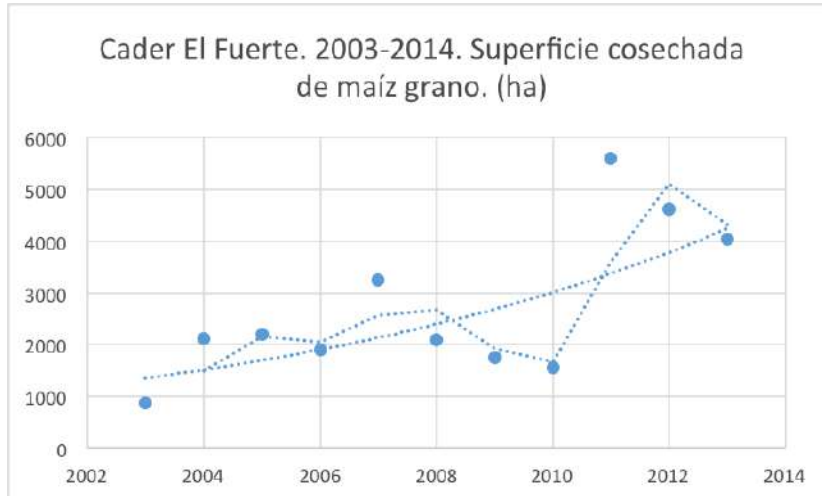


Ilustración 1. Tendencia de la superficie de maíz cosechada. Fuente: elaboración propia con base en SIAP.

Cultivo	10	25	50
Maíz	2.5	3,8	5

Fuente: elaboración propia con base en SIAP.

tivos, con mayor severidad del maíz y en los escurrimientos hídricos del sistema de presas, incrementándose la frecuencia de periodos de escasez (llegando a niveles inferiores al 50% de su capacidad de conservación). Ante esta situación resulta cada vez menos preciso el manejo tradicional del agua de riego de los cultivos.

El cambio de sistema a goteo presurizado es una inversión que el productor promedio no puede realizar, a pesar de que con optimización podría obtener rendimiento de hasta una tonelada más por hectárea.

Descripción de las innovaciones determinantes en el éxito exportador

De producto

La organización surge por la necesidad de "abastecer del agua necesaria para el desarrollo de los cultivos a los productores agrícolas asociados" reconocen la importancia del suministro y que existe preocupación constante por la cantidad de agua de los cultivos, el momento oportuno de riego y la frecuencia de aplicación.

Para definir cómo y cuánto regar los asociados pueden utilizar indicadores tradicionales o "directos": la percepción de las condiciones del

suelo, del estado en el cual se encuentre la planta, de las condiciones climáticas que influyen en el proceso evapotranspirativo de la planta y el suelo.

La propuesta de cambio de la organización es que utilicen el método indirecto que es resultado del cálculo de balance de humedad del suelo (entradas de agua = salidas de agua) y para ello se integre al manejo del sistema Irri-Model realiza de manera automatizada a partir de:

- Medidas de las condiciones del clima, los cuales determinan la demanda evaporativa de la atmósfera o la evapotranspiración de referencia (potencial).
- Características del cultivo: estado de desarrollo, periodo fenológico, distribución del sistema radicular.
- Características del suelo: capacidad de retención de humedad, aireación, profundidad y variabilidad espacial.

La programación del riego en tiempo real consiste en lograr reponer al suelo el agua requerida en la cantidad y momento adecuado para un desarrollo óptimo de la planta. La etapa predicativa de la programación de riego tiene por finalidad establecer una prioridad en los tiempos y frecuencias de riego que permitan obtener un adecuado desarrollo de los cultivos.

La organización en coordinación con el INIFAP y Fundación Produce Sinaloa transfiere el sistema "Irri-Model: programación integral y gestión del riego a través de Internet" adaptado al cultivo de maíz como respuesta colectiva al problema de la falta de manejo integral del agua. En entrevista con el presidente de la organización, Carlos Martínez León, presidente del módulo Ruiz Cortínez, comenta que "la organización buscaba brindar el servicio e igualdad en el agua, pero carecía de un sistema adaptado a las condiciones de suelo y tiempos de cultivo de nuestros asociados; programas para el riego desde la computadora hay varios, pero no se usan; éste es el que se adapta a nuestros cultivos... (sobre todo porque) se integra en nuestro programa de Riego por Gravedad Tecnificado (Rigrat) que es indispensable para resolver nuestros problemas del agua"

La organización promueve como una innovación exitosa en todo el proceso productivo por "su amigabilidad, precisión y versatilidad" al usar la tecnología de software colaborativo para la determinación del momento oportuno del riego que:

- Calcula la demanda hídrica del cultivo aun bajo condiciones vari-

ables de clima

- Elabora planes de riego bajo diferentes escenarios climáticos, de disponibilidad de agua y sistemas de riego.
- Pronostica el riego con alto nivel de precisión de acuerdo al desarrollo del cultivo, determinado por la acumulación de grados día (GDA).
- Ayuda a mejorar la administración de las actividades de las unidades de producción.
- Genera y envía solicitudes de riego al módulo que le presta el servicio de riego.
- Evalúa el manejo del riego en cada una de las parcelas al final de un ciclo agrícola.
- Consulta y actualiza las bases de datos climáticos en tiempo real. Es un sistema que "aprende" con los datos del ciclo anterior.

Programar los riegos incrementa la eficiencia de los riegos y fertilizantes, ya que es posible mantener niveles óptimos de humedad durante todo el ciclo de desarrollo del cultivo mejorando también el grado de uso de los fertilizantes nitrogenados. Estas condiciones también reducen el riesgo de enfermedades como *Rhizoctonia solani*, incrementando significativamente la calidad de la producción.

Dado que los suelos predominantes son de textura media (franco arenoso, franco, franco limoso y limoso) y la mayor parte de la superficie de siembra (82.6% del total) se establece con riego, es relevante la conexión entre estos dos factores de la producción, definir el riego por la percepción visual es impreciso sumando a la impresión de abundancia de agua en las presas; la plataforma computacional mediante serie de tiempos aporta los datos indispensables para la toma de decisiones.

El valor de uso de la información climática en tiempo real, proveniente de la red agroclimática del estado de Sinaloa, se presenta en un portal electrónico administrado en el Campo Experimental Valle del Fuerte de INIFAP, modelos de programación integral del riego, bases de datos climáticas históricas y en tiempo real, bases de datos de suelos, cultivos y sistemas de riego que cualquier productor puede acceder desde la página Facebook, por lo cual es una herramienta para la planeación de las actividades agrícolas.

La organización, al impulsar su uso, desarrolla la oportunidad de ser potenciadora tecnológica y en el eslabón de la cadena productiva que

da valor al proporcionar servicios de alto valor agregado para la toma de decisiones, por lo que realizaron cambios internos para integrar al total a los asociados al Distrito, ampliaron los esquemas de convocatoria, renovaron los comités técnicos internos para la difusión del programa de programación de riegos, capacitaron de manera presencial y en línea a una red de técnicos especializados y un sistema de monitoreo y evaluación del ahorro de agua.

Los elementos de la plataforma son:

- Enlace climático en tiempo real de las estaciones agroclimáticas, se utiliza el software Advantage Pro conectado a un dispositivo A840 Telemetry Gateway que es un Radio Telemetry Units (RTU), donde dichos datos se obtienen y actualizan por medio de Internet.
- Parámetros para el cultivo de maíz: El objetivo de la programación integral del riego es generar automáticamente, y en tiempo real, programas de riego de acuerdo a la fenología del cultivo y balance hídrico parcela por parcela usando el binomio días grado - crecimiento. Los científicos de INIFAP en el valle del Fuerte los parámetros de programación integral para el cultivo de maíz a partir de la experimentación en parcelas durante varios ciclos y durante la operación aumenta la precisión con los datos que aportan los productores.
- Portal electrónico en el que se realiza la descarga del software Irri-Model a la computadora o teléfono móvil del productor, la elaboración de programas de riego, publicación de proyectos y documentos técnicos en formato pdf, así como la interacción con los usuarios brindándoles asistencia técnica o capacitación.
- Software para programación y gestión del riego en tiempo real con catálogos para 1) Módulos, 2) Sistemas de riego, 3) Estaciones meteorológicas, 4) Tanques evaporímetros, 5) Pluviómetros, 6) Suelos, 7) Cultivos, 8) Parcelas

Esta información es consultada por cada productor si cuenta con una cuenta de usuario y contraseña con un entorno amigable versátil y preciso, para que el usuario lo opere en tiempo real a redes de estaciones climáticas automatizadas, al tiempo que aporta al proceso de bases de datos de suelo, clima, riego, cultivos y modelos de programación integral del riego al integrar la información de su parcela, sobre todo las fechas programas y el sistema corrige o confirma la factibilidad de acuerdo con la base de datos. Si aun requiere mayor precisión puede instalar un pluviómetro en su parcela y conectarla a la red.

La finalidad es que cada productor obtenga su plan de riegos para

una siembra específica, calculados con datos climáticos históricos y el pronóstico de la fecha del próximo riego de cada parcela, así como los tiempos de cada riego de acuerdo al gasto de riego (litros por segundo) de la parcela, las cuales pueden ser enviadas al módulo de riego como solicitud de riego y recalcular la lámina neta utilizada y evaluar ahorros.

En los módulos que integran la Asociación Civil se articulan de manera virtual con el productor y reciben en línea la solicitud que es revisada e incluida en las demandas semanales de agua y una vez aplicado el riego, automáticamente se registra e integra a la base de datos.

Innovaciones de proceso

Por innovaciones de proceso se entiende "la utilización de métodos, de equipos y/o de unos conocimientos nuevos o significativamente mejorados para prestar el servicio" (OECD- UE, 2005).

La organización incorporó conocimientos mejorados en el sistema de riego al 1) Formar un grupo de personas capaces de utilizar la tecnología de programación integral del riego, 2) Implementar un programa de capacitación a distancia a través de una plataforma educativa y 3) Transferir la tecnología de programación integral y gestión del riego en maíz, a través de Internet mediante prácticas y monitoreo en parcelas específicas para medir los incrementos significativos de la productividad del agua (kilogramos de grano producidos por metro cúbico de agua usada) con respecto al sistema tradicional, como parte de la tecnología de producción sustentable de maíz para aumentar la productividad y la sustentabilidad ambiental.

A.1. Identificación de las necesidades de nutrientes y humedad del suelo

Los productores que adoptan la innovaciones realizan análisis del nivel de sales solubles para medir conductividad eléctrica y del Potencial hidrógeno (pH) en caso de no tener las condiciones conviene lavar el suelo hasta conseguir una conductividad eléctrica menor a 2.7 mmhos/cm y un pH óptimo de 7. Asimismo miden la humedad antes del inicio del ciclo.

Con esta base, en laboratorios especializados realizan estudios hídricos, edafológicos y biológicos, aunque costoso es conveniente, incluso para determinar si conviene utilizar el terreno o dejarlo descansar un ciclo.

Si no midieran y corrigieran el nivel de sales solubles el rendimiento

disminuiría hasta 5% como se observa en la tabla 3.

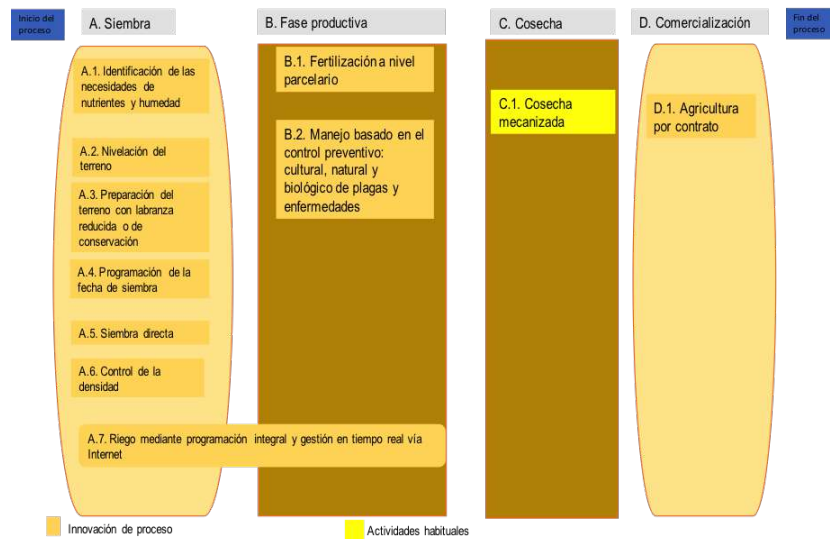


Tabla 2. Disminución del rendimiento en% de acuerdo al nivel de sales solubles o conductividad eléctrica
Fuente: CEVF- INIFAP, tecnología de producción sustentable de maíz, 2015, p.7

A.2. Nivelación de terreno.

El cultivo de maíz requiere suelos con pendientes menores de 1% y profundidad de 50 centímetros a 1 metro, por que emplean un equipo láser con el cual siguiendo la dirección del riego se nivele para evitar encharcamientos que generarían déficit de oxígeno o stress en las plantas. Además, la cobertura de agua o lámina irregular implica utilizar más agua para humedecer el suelo.

A.3. Preparación del terreno con labranza reducida o de conservación.

Antes utilizaban sistemas convencionales de preparación de terreno labrado con prácticas como el subsoleo, barbecho, rastreo, nivelación, surcado u escarificación; ahora la preparan el terreno con cobertura de paja del cultivo anterior, por lo menos de 30%, para lo cual se utilizan aperos y únicamente se remueve el suelo para facilitar la aireación. Se elimina la preparación del suelo a base de barbechos, “piqueo”, rastreos y formación de surcos.

Los surcos a marcar son tradicionales de 76 a 80 cm y empleado camas de 1.5 a 1.6 m. enfocados en el mejor manejo del riego y sin cambios en la densidad de población.

Con esta innovación se reduce el costo por renta de maquinaria, se mejora la fertilidad y capacidad de retención de humedad de los suelos, para enfrentar escenarios de baja rentabilidad de agua, reducir la combustión de diésel y de rastreo, aproximadamente 12,000 kg por

hectárea, lo que significa el retorno al suelo, de acuerdo con los investigadores de INIFAP, 60 kg de nitrógeno orgánico por hectárea e incrementar en un punto porcentual el contenido de materia orgánica en 4 años y mejorar la propiedades físico-químicas del suelo. Asimismo se incrementa la capacidad de almacenamiento de humedad por efecto de la cobertura de rastrojo, lo que significa un ahorro en promedio de 650 m³/ha, equivalentes a medio riego de auxilio. (INIFAP- Centro de Investigación Regional del Noroeste , 2015)

A.4. Programación de la fecha de siembra.

El sistema Irri-Model facilita el monitoreo del establecimiento de los cultivos en el tiempo y otorga la fecha recomendable, de manera tradicional cada productor en el ciclo otoño- invierno, que es el de mayor rentabilidad, decide sembrar entre el 25 de octubre y el 30 de noviembre. El mayor potencial de rendimiento relativo disminuye conforme se aleja de la fecha óptima de cada parcela, pues aumenta la transpiración de la planta. Es esta programación se calcula la acumulación de días- calor, aquellos donde se superan 30°C, pues la radiación y la temperatura pasan a ser decisivas para el crecimiento a través de su incidencia en la producción fotosintética de asimilados en la planta.

Con base en los estudios regionales sobre la pérdida de rendimiento por fallas en la programación de siembra se calcula que se puede dejar de percibir por lo menos \$3,000/ha. (INIFAP- Centro de Investigación Regional del Noroeste , 2015)

A5. Siembra directa

Los productores realizan la siembra en doble hilera en surcos a 80 cm con dos hileras de plantas separadas de 20 a 22 cm que permite el mejor manejo del riego y una mayor duración de la altura de las camas facilitando con ello la continuidad del sistema; este procedimiento se realiza con sembradora adaptada con disco frontales cortadores por delante del machete así como un sistema de sellado de semilla cuyas llantas estén posicionadas en forma de "V" con discos frontales en el equipo al momento de abrir surco para minimizar la obstrucción de la paja, posteriormente se deposita el fertilizante, líquido o granulado. Con este procedimiento se facilita la conducción de agua. Requiere precisión en el manejo de la sembradora de 8 unidades para obtener la separación entre hileras.

El incremento promedio registrado de la siembra directa es en promedio de 16% equivalente a 1.8 ton/ha.

A.6. Control de la densidad de población de plantas por hectárea.

Este factor aunado al costo de la semilla híbrida impacta la productividad. Mediante el modelo productor experimentador en el Valle del Fuerte Campo Experimental Valle del Fuerte a cargo de los investigadores de INIFAP José Luis Mendoza Robles (+) y Javier Macías Cervantes, cuando supera 90,000 plantas por hectárea disminuye el rendimiento por la competencia de las plantas por luz y nutrientes, aumenta el acame (doblez o inclinación que sufre el tallo de las plantas y que evita el crecimiento) y la plantas horras (que no emitieron estigmas y por lo tanto no darán fruto) y poblaciones mejores a 80,000 plantas decrecerá el rendimiento de forma significativa.

La densidad de población óptima asegura obtener el máximo rendimiento y evita el derroche en costo de la semilla y depende del ordenamiento. Así, en conjunto con el equipo de investigadores, los productores encuentran que 85,000 plantas por hectárea, más o menos 2,500 es óptimo para las condiciones de las parcelas, lo que hacen es distribuir alrededor de 8 semillas híbridas por metro lineal en hilera sencilla en surcos con 76 a 80 cm de separación y dado que no todas las semillas germina, se compra de 95,000 a 100,000 semillas por hectárea.

Para lograr este orden controlan que la velocidad del tractor y la sembradora no supere los 6 km/h, evitar el contacto de la semilla con el fertilizante o daño mecánico o por plagas a las semillas. Los productores reconocen que el precio de la semilla híbrida de alto rendimiento es alto y deben cuidarla y haciendo tareas sencillas evitan vacíos, que pueden hacerles perder hasta 160 kg/ha por cada 1,000 fallas de plantas, que en dinero representa \$720 por hectárea. Han encontrado un valor máximo de 16,000 plantas falladas/ha por lo que llegan a perder aproximadamente 2 ton/ha.

A.7. Riego mediante programación integral y gestión en tiempo real vía Internet

El insumo agua en la producción agrícola en el Valle es limitado, aunque por la presencia de 11 presas pudiera parecer abundante, además depende del régimen de lluvias en verano, cada vez más atípicas, por lo que es de incierta disponibilidad. Tradicionalmente los productores exigían a los módulos de riego el abasto sin límite, el volumen lo calculaban con lo que habían usado el año anterior y si no existía por la variabilidad de la disposición en la presas, se inconformaban.

Los representantes de los Módulos y del Distrito, al ser productores también se han enfocado en difundir la idea contraria a la abundancia que lleva al derroche y que es el agua y no los agroquímicos o la semilla híbrida la que determina el rendimiento. Esta idea sencilla

y avalada por años de experimentación en parcelas de productores cooperantes, requiere un trabajo constante con los productores para que también experimenten, ven resultados y se arriesguen al cambio, es a decir de los líderes entrevistados “la mayor innovación, una evidencia que cambia nuestro esquema mental” y es que la Revolución Verde afectó la conciencia sobre los factores de la producción al localizar en los insumos “duros” –maquinaria, semillas agroquímicos- el éxito de la agricultura y ahora “sabemos, por lo que hemos hecho con los especialistas- aquí en nuestra parcelas- que es la observación, el cuidado, el conocimiento lo que hace o no exitoso a un productor” (Bernal, 2016)

De manera que saber cómo funciona el agua en los cultivos, cómo el agua se transforma en alimento, cómo interactúa con el suelo a partir de la observación en la parcela y de la colaboración de lo que pasa en otras, de lo que hacen otros, permite generar conexiones valiosas para tomar decisiones sobre cuánta y en qué momento regar.

Disponer de la cantidad precisa de agua en el momento programado definirá el rendimiento, el reto para la organización es que si se programan las siembras entre el 25 de octubre y el 30 de noviembre, la floración y llenado de grano serán entre el 9 y 26 de febrero, fechas en las que de acuerdo con el Servicio Meteorológico Nacional aun no se presentan anomalías de sequía, mas si se retrasa la siembra, el volumen de las presas disminuye por efecto del incremento en la temperatura. (CONAGUA- SMN, 2017).

Los productores usuarios de Irri-Model tienen los datos del pronóstico climático semanales y aprender a tomar decisiones sobre el día y la hora exactos para aprovechar las condiciones ambientales, aprendieron el uso del dato real y regional para medir el número de riegos y la cantidad de agua, la carencia de ella causa estrés que en el periodo de floración por ejemplo merma entre 6 y 13 por ciento al día el rendimiento final del cultivo, (INIFAP- Centro de Investigación Regional del Noroeste , 2015), no se trata de utilizar agua por ahorrar, sino de programar su disposición, lo que implica el conocimiento de la relación agua- rendimiento, la coordinación adecuada del regador con el módulo de la Asociación de Productores y los encargados del riego en la parcela.

Los productores por experiencia comprenden muy bien lo que sucede a la planta con la carencia de agua, pero en una región privilegiada por el agua rodada proveniente de presas de 11 ríos cercanos al Mar de Cortés y donde además no hay control volumétrico del agua y los derechos del agua oscilan entre 4 y 5 por ciento del costo de produc-

ción; el exceso de agua no parecía importar, “más mejor” era el sentido popular del riego; la estrecha vinculación de la organización con el IN-IFAP y sus investigadores ha permitido cambiar paulatinamente esta imagen y comprender que “niveles altos de humedad (cercanos a la saturación) el rendimiento se afecta por una reducción en el oxígeno disponible para las raíces y le resulta difícil a la planta satisfacer sus necesidades de agua, nutrientes y aire. Cuando el suelo se satura los nutrientes solubles se disuelven y el agua se encuentra disponible en grandes cantidades pero se limita el oxígeno, cuando por efecto de la evaporación el suelo se drena y seca las cantidades de oxígeno y humedad pasan a una zona óptima para que el agua sea una limitante cuando se seca, Como la mayoría de los nutrientes que la planta necesita se absorben de forma iónica, el agua es también el medio cuya disponibilidad condiciona su absorción por las raíces” (Sifuentes, 2016).

El riego por gravedad es de alta intensidad y baja frecuencia y el suelo es el almacén de humedad hasta el siguiente riego, la innovación radica en reducir la frecuencia y la intensidad al aplicar un riego inicial con lámina de únicamente 24 cm. y tres de auxilio de 15 cm cada uno, aplicando el primer riego de auxilio a los 48 días después de la siembra ó 740 grados – días, que se monitorea antes de la floración, el segundo riego de auxilio al tener grano acuoso o los 80 días después de la siembra y el tercero a los 106 días después de la siembra al llegar a grabo lechoso a diferencia de los 10 riegos de auxilio que le aplican tradicionalmente.

A cada productor el módulo le asigna una lámina bruta de 90 cm por hectárea (9,000 m³/ha) cuya necesidad de riego o lámina neta es de 44 cm (4,460 m³/ha) o neta de 875 mm, con la aplicación de riegos programados se reduce a 42 cm de lámina neta y 69 mm de lámina bruta.

Con esta nueva forma de regar aumenta la eficiencia 60 por ciento y ahorros de 4,040 m³/ha de la asignación total por hectárea.

B.1. Fertilización nivel parcelario

De manera tradicional los productores aplicaban una dosis general de fertilizante, la innovación es utilizar los datos del sistema Irri-Model que utilizan los datos históricos para lograr una fertilización específica, aunado al análisis de suelo realizado con anticipación a la siembra, y diseñar un programa basado en el monitoreo del crecimiento de las plantas flexible ante eventualidades durante el desarrollo; esto supone tener una bitácora de campo con operarios capacitados en la

determinación de fertilización nitrogenada, la sobre fertilización representa un gasto innecesario en promedio de \$13.8 por kilo de nitrógeno aplicado en campo y sobre todo, genera un exceso de nitritos en los mantos acuíferos, la emisión de óxido nítrico, relacionado con el calentamiento global. Se estima que en una hectárea es posible reducir las dosis de nitrógeno hasta 45 kg/ha Si aplican menos nitrógeno del que requiere la parcela en particular disminuyen 1.5 ton/ha en el rendimiento total en el ciclo, el productor pierde en promedio \$5,250 por hectárea.

Para la aplicación de fósforo y potasio aplican la misma lógica, evitar recetas generales y además consideran el factor tiempo y la forma.

En el sistema tradicional la aplicación nitrógeno se realiza durante el floración, en este sistema aplican 30% de la dosis de fertilizante en la pre siembra, 40% en el cierre del cultivo y 30% durante la floración. En el caso del fósforo se aplica al suelo al momento de marcar el surco o dividir la dosis, la mitad en el agua del primer riego, cuando se utilice una fuente líquida o altamente soluble si los análisis reportaron niveles bajos o medios.

B.2. Manejo basado en el control preventivo: cultural, natural y biológico de plagas y enfermedades

Los productores por experiencia identifican el rezago tecnológico como descuido y aceptación de formulas generales, señalan que el primer limite para reducir las plagas es de la forma en que trabajan los vecinos, "no se fijan en los factores que dañan el cultivo y no invierten ni tiempo ni dinero en disminuir los daños, los dejan y cuando tienen el problema encima, gastan para el control de los insectos o plagas, quizá mucho más de lo que hubieran gastado si hubieran prevenido".

Desde la selección del terreno, consideran que si bien se hace labranza de conservación, no es "dejar enmotar el terreno, se debe deshierbar e incorporar picando toda la hierba, observando cómo está el suelo y mejorándolo". Otro aspecto importante es la selección de las semillas, se prefiere aquellas que tengan tolerancia a las plagas más frecuentes y comprar la que ya hemos probado que funciona en la parcela y no aquella que nos recomiendan las casas de agroquímicos, esto es un reto porque algunos vecinos utilizan semillas de baja resistencia y se promueve la proliferación de plagas. Señalan que observar la fecha de siembra específica para la parcela disminuye los factores climáticos adversos y la incidencia de plagas.

Prácticas culturales como plantar con la densidad de siembra baja genera espacios húmedos propicios para el crecimiento de hongos; la ex-

cesiva dosificación de fertilizantes originan exceso de follaje que favorecen la incidencia de plagas insectiles de hábitos defoliadores y del hongo que provoca el carbón común.

El control del riego mediante el uso del sistema Irri-Model permite el control de la humedad del suelo y se reduce la presencia del gusano trozador *Agrotis ipsilom*, los trips *Caliothrip phaseoli* y de enfermedades fungosas.

Al manipular las condiciones de humedad con la aplicación programada de riegos también impulsan el control biológico mediante el desarrollo de plagas benéficas como los nemátodos entomopatógenos del género *Sterinernema* depredadores de la familia Carabidae, uno de ellos es el gusano trozador. Los trips se controlan con catarina roja (*Cycloneda saguinea* L.), chiche pirata (*Orius insidiosus* Say), además de la introducción de estos organismos benéficos trabajan para su conservación mediante la manipulación del ambiente para favorecer su presencia y actividad, por ejemplo, restringen al máximo la aplicación de plaguicidas no necesarios, evitan las quemas de residuos de la cosecha o establecen alrededor y dentro del cultivo plantas hospederas atractivas para los enemigos de las plagas o les proporcionan otras condiciones como alimento suplementario, refugio, sitios de ovoposición. Asimismo con algunos productores cooperantes han producido crisopa (*Crysoperla* spp.) y tricograma (*Trichogramma pretiosum* Riley) que combaten insectos cogolleros.

En general los productores socios compran todos los insecticidas comerciales y aplican las dosis específicas a partir de muestreos oportunos, impulsados por la organización que realiza periódicamente, en alianza con la Junta Estatal de Sanidad Vegetal del Valle del Fuerte y su red de monitoreo, talleres y cursos de monitoreo de plagas y toma de decisiones con base en modelos de crecimiento y comportamiento de las plagas.

Sin embargo la aplicación específica y en tiempo exige un alto nivel de capitalización porque además estos productos son tasados en dólares. Para reducir costos investigan cómo instalar una casa de distribución de insumos al costo para los asociados, encontrando que el obstáculo es la concesión territorial de las casas distribuidoras de agroquímicos que les ha impedido comercializar al mayoreo estos productos, calculan que lograr el acopio y comercialización de insumos agronómicos les reduciría 30% los costos.

C.1. Cosecha

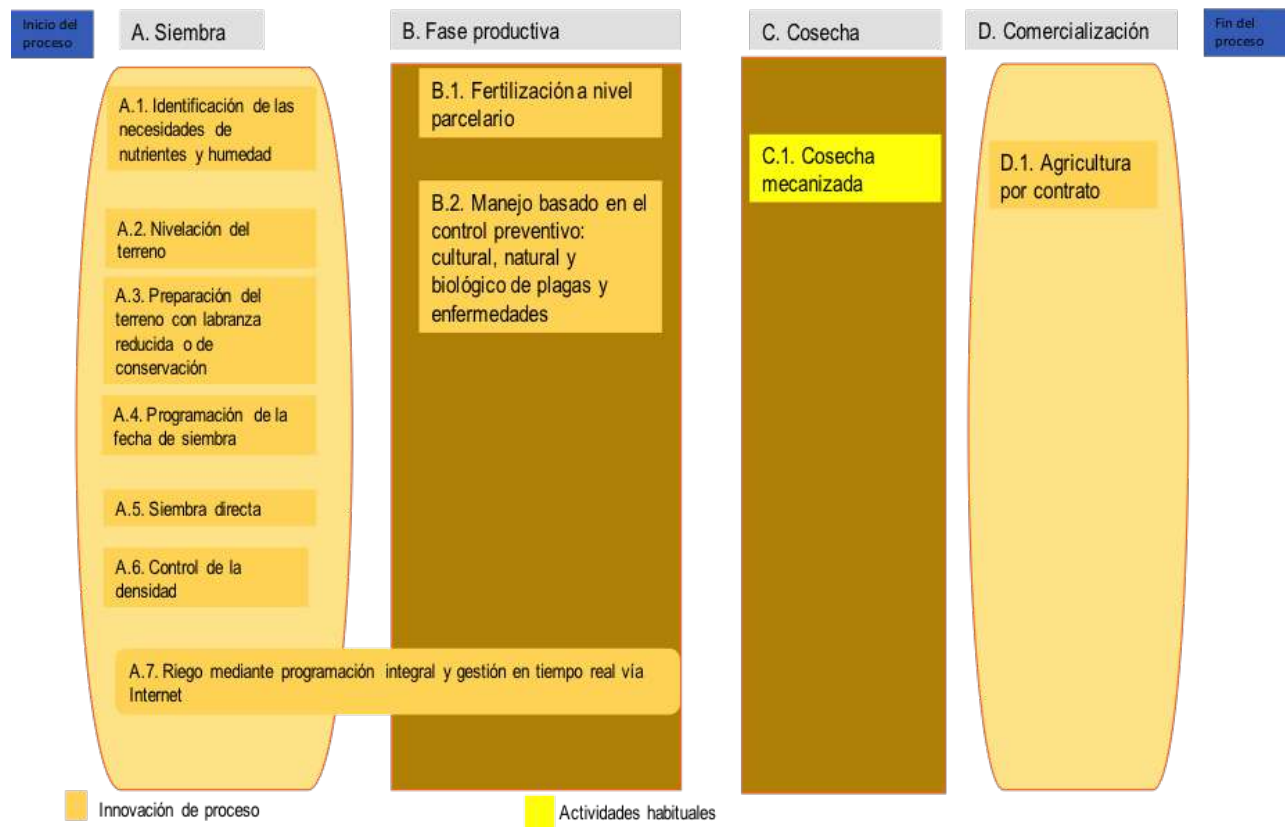
La cosecha es con trilladora y no han realizado innovaciones.

D.1. Comercialización

Desde los noventa se desarrolló la agricultura por contrato con apoyo de la Sagarpa y la Secretaría de Agricultura y Ganadería de Sinaloa, al inicio del ciclo se acuerda una fórmula de precio, en febrero será más 44 dólares de base, que en este momento arroja 193.5 dólares/ton., equivalente a 4,063.5 pesos contra \$3,200 que es el precio promedio estimado para pago en la bodega.

Proceso para la implementación de las innovaciones

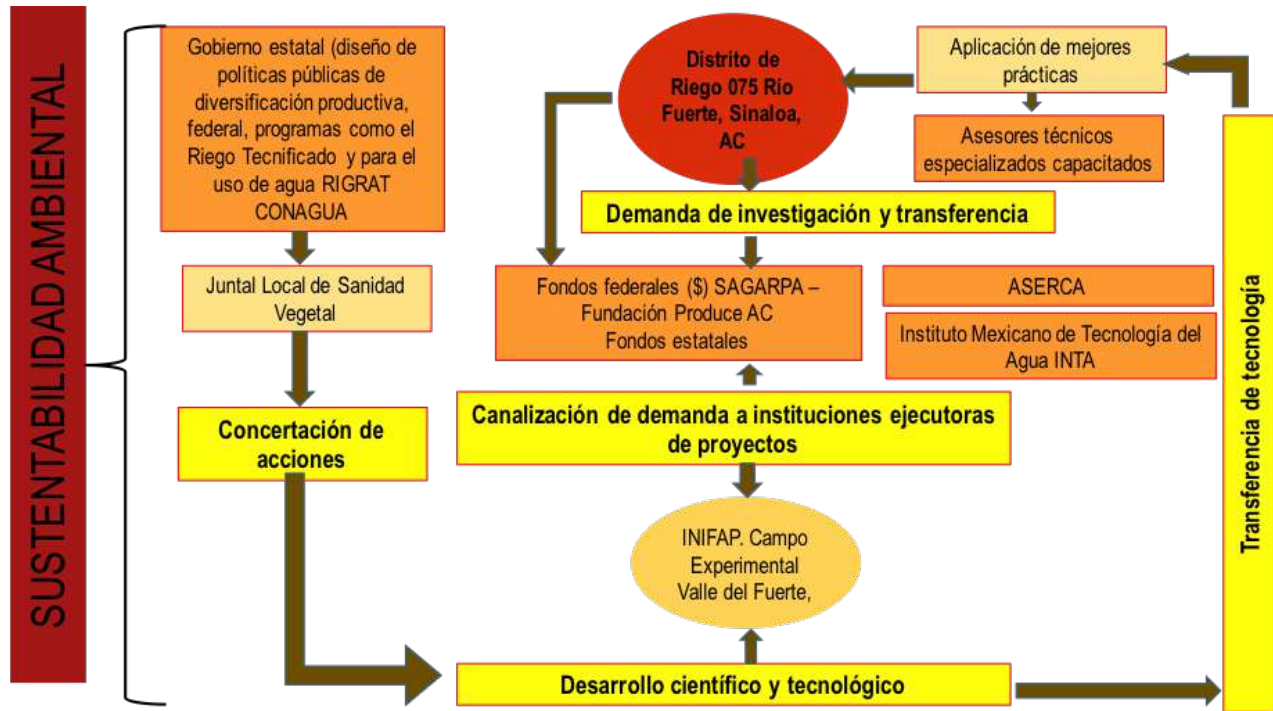
Los productores socios diagramaron todo el proceso productivo identificando aquellas funciones en las que han cambiado para aumentar su competitividad, tanto en el proceso como en la organización y la mercadotecnia.



Fuente: Elaboración propia con base en entrevistas con productores en OCDE, 2005 y metodología IICA-COFUPRO 2016.

Gestión de las innovaciones

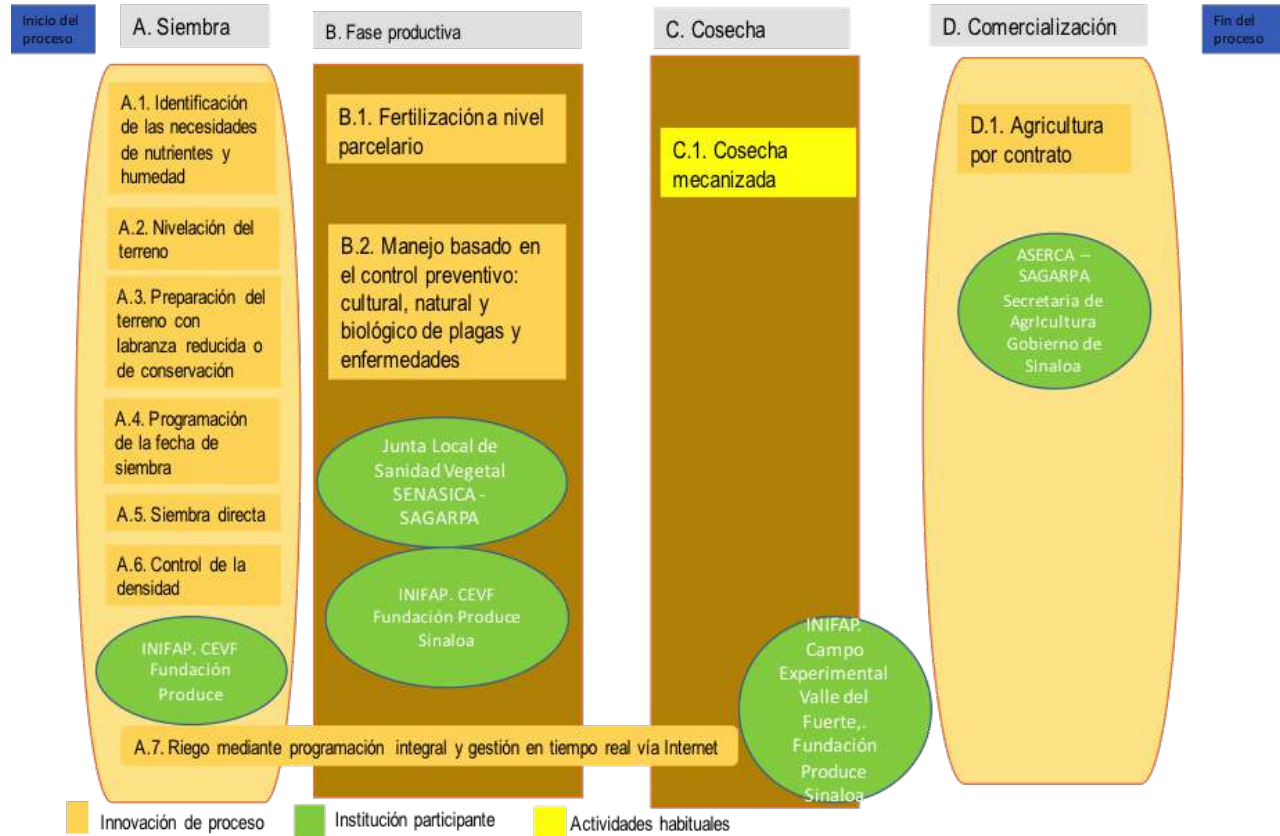
En el diagrama se observa el proceso para organizar y dirigir los recursos de la organización (humanos, materiales, económicos) con la finalidad de aumentar la creación de nuevos conocimientos, generar ideas que permitan desarrollar nuevos productos, procesos y servicios o mejorar los ya obtenidos.



Fuente: Elaboración propia con base en entrevistas y taller con productores en OCDE, 2005 y metodología IICA-COFUPRO 2016.

Participación institucional en las innovaciones

En el diagrama se ilustra la relación entre las fases del proceso productivo, las innovaciones realizadas y los actores que la fomentaron.

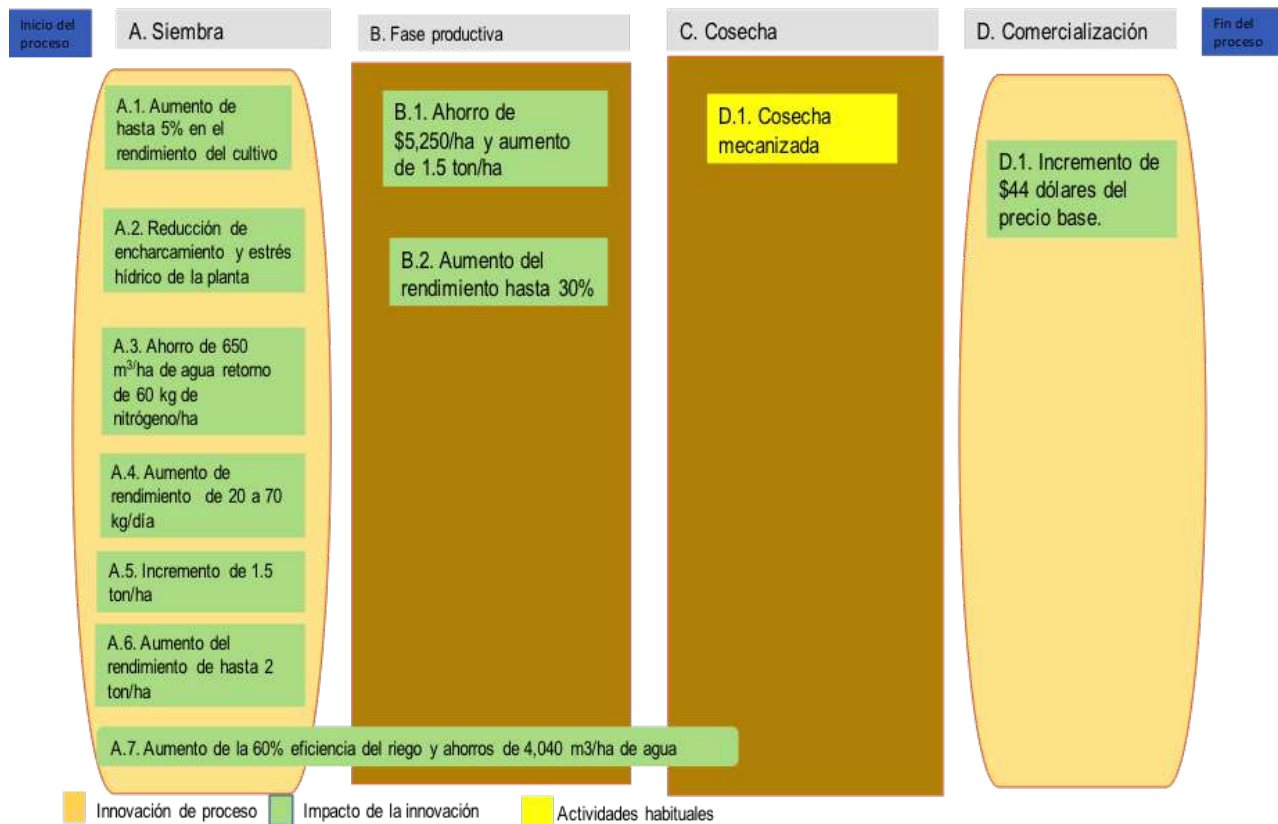


Fuente: Elaboración propia con base en entrevistas y taller con productores en OCDE, 2005 y metodología IICA-COFUPRO 2016.

Impacto de las innovaciones

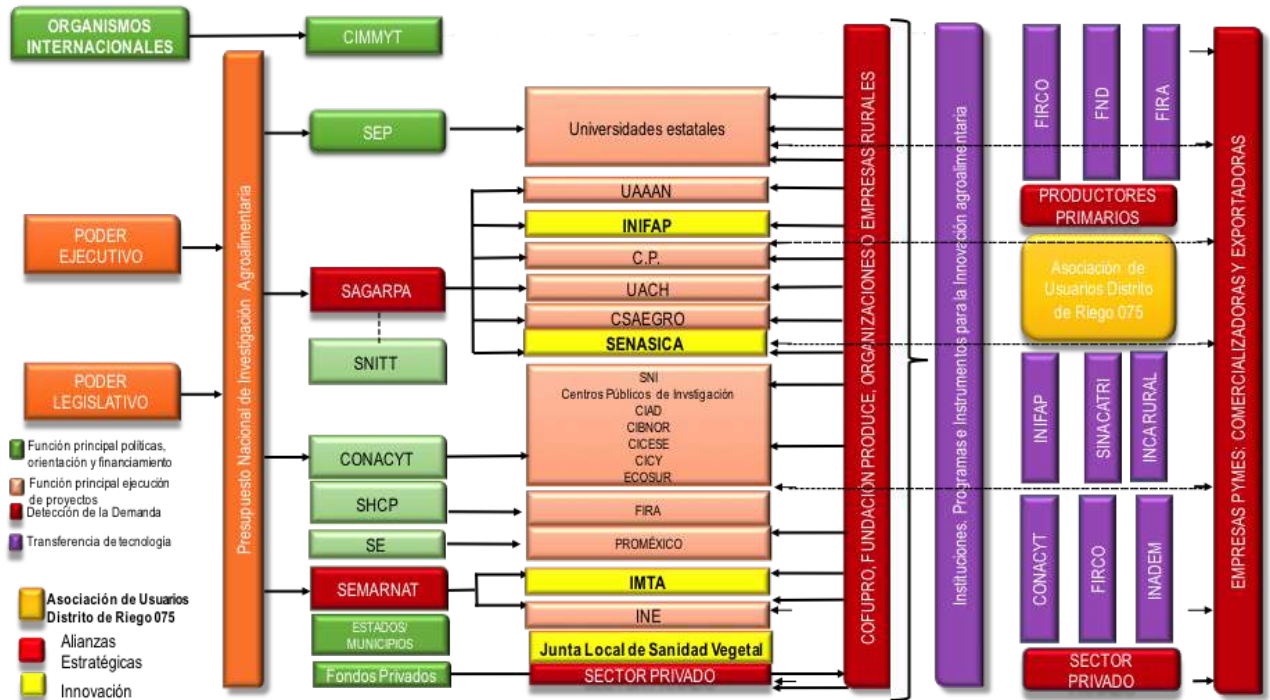
En el siguiente diagrama se observan los impactos descritos en el capítulo 5 en el proceso productivo comercial del maíz grano híbrido

Mapa de impactos de las innovaciones



Fuente: Elaboración propia con base entrevistas y taller con productores en OCDE, 2005 y metodología IICA-COFUPRO 2016.

Ubicación del caso en el SMIA



Fuente: Elaboración propia con base en entrevistas y taller con productores en OCDE, 2005 y metodología IICA-COFUPRO 2016.

Los indicadores relevantes para medir los impactos de las principales innovaciones que promueve la organización son los aumentos de la productividad –expresada en rendimientos promedio por hectárea, comparados con los costos de aplicar las innovaciones.

En la tabla 3 se desglosan todas las actividades que se realizan durante el ciclo, los cambios se han enfocado en aspectos del conocimiento y manipulación de las condiciones del cultivo, por eso las han definido como “culturales” como la programación de siembras y riego. De manera que han tenido evaluado con los productores que el rendimiento depende del manejo que cada productor logra, sin embargo pueden, después de 7 años de participar en el modelo productor- experimentador que se impacta en el rendimiento con tecnología adecuada a las condiciones de la región.

Actividad	Innovación	Sin innovación	Con innovación	Rendimiento sin innovación (ton/ha)	Rendimiento con innovación (ton/ha)	Incremento
A.1. Identificación de necesidades de nutrientes y humedad del suelo	Estudios especializados	\$-	\$1,150.00			
A.2. Nivelación del terreno	Uso de maquinaria laser	\$-	\$2,500.00			
A.3. Preparación del terreno con labranza reducida o conservación	Cambios en la forma de hacer trazos y acomodo de surcos.	\$2,500.00	\$2,500.00			
A.4. Programación de la fecha de siembra	Uso del sistema Irii-Model	\$-	\$-			
A.5. Siembra directa	siembra en surcos a 80 cm de doble hilera camas a 1 m doble hilera y surcos angostos	\$500.00	\$500.00	11.6	13.4	16%
A.6. Control de la densidad	Evitar espacios vacíos y tener el óptimo de 85,000 plantas/ha	\$6,453.00	\$5,019.00	10	11.9	19%
A.7. Riego mediante programación integral y gestión en tiempo real vía Internet	Uso del sistema Irii-Model. Reducción en el número de riegos de auxilio, de 10 a 4	\$5,977.00	\$3,510.00			
B.1. Fertilización a nivel parcelario	Realizar estudios. Se incluye en la actividad A.1.	\$-	\$-			
	Uso de insumos especializados	\$2,880.00	\$4,200.00			
B.2. Manejo basado en el control preventivo: cultural, natural y biológico de plagas y enfermedades	Uso de insumos especializados	\$3,447.50	\$4,481.75			
Total egresos		\$21,757.50	\$23,860.75	10.8	12.65	17%

D.1. Agricultura por contrato	Organizar la producción para cumplir los requerimientos de la industria regional	\$3,200.00	\$4,063.50			
Total ingresos		\$34,560.00	\$51,403.28		Escenario de venta sin contrato con rendimientos con innovación \$40,480	
Rentabilidad		\$12,802.50	\$27,542.53		\$16,619.25	

Tabla 3. Cálculo de costos de producción y rendimientos por hectárea de maíz grano híbrido Fuente: elaboración propia con base en entrevistas a la directiva de la organización

Tanto en Sinaloa, como en el CADER El Fuerte, los rendimientos promedio de maíz tienden a la baja, el impacto de la organización es difundir la posibilidad de mantener e incluso aumentar el rendimiento mediante cambios culturales que implica la programación de fechas, densidades, riegos, manejo biológico de plagas y enfermedades, aunque esto represente un aumento de costos, como puede verse, para un productor que produzca una hectárea debe disponer de \$23,860.5 y si no aplican las innovaciones únicamente \$21,757, considerando que en promedio cada productor tiene 9 hectáreas, implica un desembolso adicional de \$18,931.5 que puede compensarse con el aumento de 17% en el rendimiento y aun vendiendo a granel a las bodegas regionales la ganancia sería de \$16,619.25 contra \$12,802.5 que obtendrían si cultivan sin innovaciones; si asumen las innovaciones de proceso y además venden por contrato, la ganancia por hectárea de \$27,542.53.

Con la programación de riegos se ha evidenciado un ahorro entre 1,500 y 2,000 m³ por hectárea, con la aceptación de la tecnología por 80% de los productores de maíz, en 5,000 ha, el volumen regional ahorrado es de 7 millones de m³ por ciclo.

Ahora bien, la agricultura es mecanizada, aproximadamente ocupan 2 empleos permanentes por hectárea y en la cosecha a 4 personas; en 2015 se sembraron 4,041 hectáreas, por lo que se emplean del orden de 8 mil personas en alguna actividad ligada a la agricultura extensiva comercial de Ahome, lo que se sustenta el desarrollo local, por lo que es estratégico mantener la producción y que el rendimiento se mantenga o aumente.

Lecciones aprendidas

La organización en este proceso de documentación de caso, reflexionaron en que han asumido el costo de la Revolución Verde que publicitó la relación del rendimiento de toneladas/hectárea, con la compra de maquinaria y fertilizantes químicos y ahora la tarea de la organización es revertirlo, pues a partir de las investigaciones en campo, de los científicos aliados del INIFAP con el apoyo de Fundación Produce AC, el desequilibrio de los factores bioquímicos del suelo, resultado de la aplicación indiscriminada de agroquímicos y el manejo mecanizado del suelo.

Han demostrado que en las parcelas de los asociados, la salinización impacta fuertemente en la productividad, situación que se agrava ciclo por ciclo, aun no es general la conexión entre el deterioro del suelo y el manejo del agua, ni la percepción de la escasez en un valle costero

rodeado de once ríos, donde la concesión de agua de los productores parecería que se pudiera usar indiscriminadamente.

El avance tecnológico y la innovación son dos fuerzas que impulsan a la organización y han logrado identificar las prácticas productivas de rezago tecnológico, la mayor limitante es la capacidad personal de invertir recursos económicos y de liderazgo para formar capacidades para comprender y aplicar la tecnología.

Un aprendizaje organizativo es cómo lograr la interlocución para optimizar la intervención pública para posicionar en la agenda de apoyos, los subsidios al conocimiento, porque existe un severo déficit en cuanto a la incorporación de conocimiento y tecnología a sus procesos productivos.

Los límites a la innovación en la organización son las fallas de mercado, en especial del precio del agua que representa únicamente 5% del costo de producción, la falta de políticas de fomento al ahorro de agua, la percepción de abundancia a pesar de la evidencia a la naturaleza limitadamente apropiable del conocimiento, la intangibilidad de los resultados de la investigación y desarrollo (I+D) que no todos los productores asumen.

Bibliografía

CONAGUA- SMN. (2017). Monitor de sequía en México. Datos por municipio. Recuperado el 22 de enero de 2017

Aguilar Soto, C. (2010). Sistemas de regadío y empresarios agrícolas en el norte de Sinaloa, México, 1900-1960. . Toulouse, Francia: VI Congreso CEISAL 2010.

ASERCA. (2016). Reporte diario de Precios al Mayoreo de frutas en diversos mercados internacionales.

Bernal, J. J. (13 de diciembre de 2016). Descripción de las innovaciones de la Asociación de Riego. (Barrón, Entrevistador)

FIRA . (2015). Panorama Agroalimentario del Maíz. Recuperado el 8 de enero de 2017

INEGI. (2012). Integración territorial del XII Censo de Población y Vivienda

INIFAP- Centro de Investigación Regional del Noroeste . (2015). Tecnología de producción sustentable de maíz en Sinaloa . INIFAP.

OECD- UE. (2005). Manual de Oslo.

Sagarpa. (2014 de 2015). Atlas Agroalimentario Mexicano 2015.