Principios básicos para el manejo eficiente del agua en el cultivo de arroz en Colombia

FEDEARROZ
FONDO NACIONAL DEL ARROZ

AMTEC
Adopción Masiva de Tecnología

FEDEARROZ
Fondo Nacional del Arroz

AMTEC
Adopción Masiva de Tecnología

PRINCIPIOS BÁSICOS PARA EL MANEJO EFICIENTE DEL AGUA EN EL CULTIVO DE ARROZ EN COLOMBIA

Darío Fernando Pineda Suárez, I.A, M.Sc.
Henry Morales Montaña, I.A

FEDEARROZ - Fondo Nacional del Arroz

Noviembre 2018

Editor: Iván Camilo Ávila C.
Myriam Patricia Guzmán G.

PRESENTACIÓN

En esta publicación se dará recomendaciones de carácter técnico en el área de manejo para un adecuado, riego y drenaje que soportarán la toma de decisiones por parte del agricultor, regadores y/o operarios que intervengan en el manejo del agua en el cultivo del arroz.

Aquí se mencionarán aspectos relevantes para el adecuado uso del agua, desde el punto de vista ambiental, suelos, agronómico y de riego y drenaje. Aspectos que proporcionarán al lector fundamentos que le permitirán tomar mejores decisiones para hacer del agua un recurso eficiente en el cultivo del arroz.

Con la presente publicación el Fedearroz - Fondo Nacional del Arroz, a través de su Programa de Adopción Masiva de Tecnología (AMTEC), dirgido a pequeños, medianos y grandes productores para el fortalecimiento del conocimiento y capacidades del agricultor en el manejo eficiente del agua en el cultivo de arroz frente al fenómeno del niño, pretende crear conciencia en la importancia del agua divulgando prácticas de manejo que contribuyen notablemente a racionalizar su uso en el cultivo de arroz en Colombia.

INTRODUCCIÓN

El agua es fuente y motor de la vida en la Tierra. Aproximadamente tres cuartas partes de la superficie del globo terráqueo están cubiertas por el vital líquido. No obstante, menos del 1% del agua del planeta es apta para sostener la vida humana. (WWF, 2012)

Cabe subrayar que en el año 2011 la población mundial llegó a los 7.000 mil millones de personas, asimismo, se prevé que para el año 2024, la cifra aumentará en 1.000 mil millones de personas, y para el año 2045 poblarán la Tierra cerca de 9.000 millones de seres humanos. (UNESCO, 2014)

Actualmente la agricultura utiliza el 11 % de la superficie del planeta y la agricultura irrigada representa el 70 % del total de extracciones de agua a escala mundial. Si no se mejora la eficiencia, se espera que en el mundo aumente en torno a un 20 % de aquí al 2050 el consumo de agua para uso agrícola (UNESCO, 2014)

La superficie de agua sobre el planeta supera abundantemente a la continental y más del 70% corresponde a mares y océanos, pero esta abundancia es relativa. El 97,5% del total existente en el planeta es agua salada, mientras que solo el 2,5% restante es agua dulce. (WWF, 2012)

Del porcentaje total de agua dulce cerca el 79% se encuentra en forma de hielo permanente en los hielos polares y glaciares, por lo tanto, no está disponible para su uso. Del agua dulce en estado líquido, el 20% se encuentra en acuíferos y sólo el 1% restante es agua dulce superficial de fácil acceso. Esto representa el 0,025% del agua del planeta. (WWF, 2012)

En los últimos años cada vez son más frecuentes la aparición de distintos fenómenos atmosféricos, tales como el Fenómeno del Niño y la Niña, los cuales reducen o aumentan la oferta hídrica de las distintas zonas, afectando directamente el sector agrícola del país. En el caso del cultivo del arroz en Colombia, el fenómeno del Niño ha venido afectando, pues estos alteran las temporadas invernales debido a que la cantidad total de lluvia se hace menor,

por lo tanto, aumentan las posibilidades que el cultivo pueda sufrir estrés por déficit hídrico ocasionando reducción del rendimiento de grano.

Otro efecto de la escasez de agua es la falta de implementación de prácticas que logren un manejo eficiente de la misma en el cultivo del arroz, el manejo tradicional del riego sin la implementación diversas prácticas, ha mostrado aumento en el volumen de agua utilizada para la producción de grano, reducción en la productividad y altos costos operativos, afectando en gran parte el manejo agronómico del cultivo, traduciendo en ineficiencia del sistema de producción de arroz.

Estudios realizados por Fedearroz entre los años 2007 y 2014, en donde se determinó el efecto de un adecuado manejo del cultivo como lo propende el programa tecnológico de AMTEC (adecuada preparación, nivelación del suelo, caballoneo con equipo de precisión láser, construcción de caballones con taipa, entre otras) demostraron una reducción del número de eventos de riego, frecuencia de riego, módulo de riego que se vieron reflejados en una notable reducción del volumen de agua utilizada por hectárea, aumentando la eficiencia en el uso del agua en el cultivo del arroz. Siendo hoy día aspecto primordial en cualquier explotación agrícola en la búsqueda de la optimización de los recursos naturales para la producción de alimentos.

"Más arroz con menos agua".

SABIAS QUE...

En el año 2012 había en todo el mundo más de 324 millones de hectáreas equipadas para riego, pero solo el 85% fueron efectivamente irrigadas (FAO, 2015).

Con solo el 20% del área irrigada en el mundo se produce el 40% de la producción mundial de alimentos (FAO, 2015).

En el 2016 en Colombia, el 49% del área correspondió a arroz riego con 570.802 ha, el cual fue responsable apenas del 56% de la producción nacional (DANE-FEDEARROZ, 2017).

Entre el 2010 y 2016 el rendimiento por hectárea de arroz riego superó en 35% el arroz secano en Colombia (DANE - FEDEARROZ, 2017).

Los primeros estudios demostraron que, en Colombia en arroz riego, bajo el Programa AMTEC logró ahorrar en el uso del agua cerca del 42% frente al manejo tradicional. (MADR, CIAT & FEDEARROZ, 2015).

CONTENIDO

1. Como mejorar la eficiencia en el uso del agua 8
1.1 Estructuración del predio 8
1.2 Adecuación del terreno 10
1.3 Drenajes 12
1.4 Secciones de riego 13
1.5 Caballoneo 14
1.5.1 Uso de la taipa en el caballoneo 16
1.5.2 Diferencia de nivel entre caballones 18
1.5.3 Inundación de la melga 19
1.6 Bordeo 20
1.7 Instalación del riego 21
1.8 Módulo de riego 25
2. Avances para el manejo del agua para arroz secano 27
3. Estrategias técnicas para aumentar la retención de humedad del suelo en lotes arroceros 28
4. Fuentes de agua para el aprovechamiento en el cultivo de arroz ... 30
4.1 Reservorios construidos en tierra 30
4.2 Pozos profundos 36
5. Nuevas tecnologías para aumentar la eficiencia del uso del agua en el cultivo del arroz 38
5.1 MIRI: sistema de riego en arroz por múltiples entradas 38
5.2 Sistema de nivelación georreferenciada 46
6. Recomendaciones generales 47
7. Bibliografia 48

1. COMO MEJORAR LA EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA

Para mejorar la eficiencia en el uso del agua en el cultivo de arroz es necesario adecuar tanto el lote (predio) como el suelo de la mejor manera posible, a continuación, se mencionan las labores relacionadas con la adecuación del lote:

1.1 Estructuración del predio o lote

- ✓ Estructuración del área en secciones de riego, de acuerdo a la topografía del terreno.
- ✓ Los canales principales de conducción del agua desde la bocatoma de la fuente de agua hasta el lote deben ser revisados, y permanecer limpios antes y durante el riego.
- ✓ Tener obras hidráulicas como (bocatomas, canales de conducción, partidores, sifones, desarenadores y demás) en buen estado de construcción y mantenimiento, que le permita hacer un buen uso de estos.
- ✓ Los canales de riego deberán ser diseñados de cuerdo al caudal que se requiere para irrigar el área de cultivo.
- ✓ Establecer una red de canales de riego y de drenajes en cada lote, que le permita irrigar y drenar de manera rápida.
- ✓ Identificar las zonas más altas y las mas bajas de cada lote.
- ✓ Identificar las entradas y salidas de agua en el lote.
- ✓ Cuando los predios son superiores a 10 ha se recomienda sectorizar el riego por varias entradas.

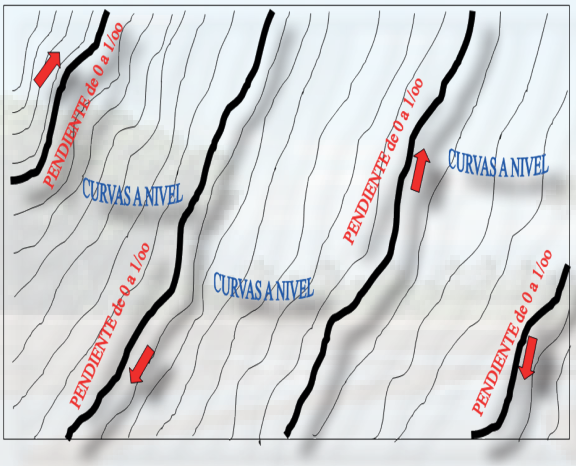


Fig. 1. Modelo de estructuración de un lote de arroz (SALIVE; et al, 2006)

Fig. 2 Vista aérea de las secciones de riego divida por caballones permanentes en un lote de arroz. (DOTTO, 2014).

Fig. 3. Canal de riego tipo trapezoidal revestido en cemento.

1.2 Adecuación del terreno

- ✓ Para iniciar las labores de adecuación del suelo dentro del lote es necesario evaluar la humedad del suelo. Se recomienda preparar el suelo en capacidad de campo (ni muy seco, ni muy húmedo).

- ✓ Si el suelo está muy duro (compactado), condición que podrá ser identificada con la medición de la resistencia a la penetración con penetrómetro de cono (4a) y/o penetrómetro del bolsillo (4b), el agua no infiltrará en el suelo, aumentando la escorrentía y ocasionando erosión hídrica, entonces, será necesario realizar su descompactación a través de un uso adecuado del arado de cincel vibratorio (4c).

Fig. 4a. Penetrómetro de bolsillo.

Fig. 4b. Penetrómetro de cono

Fig. 4c. Arado de cincel vibratorio

- ✓ Para reducir los altibajos que existe dentro del lote, se recomienda la micronivelación del suelo, la cual puede ser con palas hidráulicas de bajo impacto sin realizar cortes profundos en el perfil del suelo (Fig. 5b). La pala multicuchillas o Landplane (Fig. 5a) es una buena opción. (lotes con capas muy superficiales de suelo deberán ser previamente evaluadas para este fin).

Fig. 5a. Uso de Landplane en lote de arroz.

Fig. 5b. Terreno micronivelado con 2 pases de landplane

1.3 Drenajes

- ✓ Los drenajes podrán ser construidos antes y después de preparar, nivelar, caballonear y/o sembrar, con el ánimo de reducir el encharcamiento y de eliminar zonas fácil inundación (Fig. 6a) que pueden afectar principalmente la geminación de la semilla que impide el adecuado establecimiento del cultivo en su fase inicial. Los drenajes podrán ser construidos en seco de manera eficiente con pequeñas zanjadoras o envaletaderas (Fig.6b) sin profundizar en el suelo más de 10 cm (Fig.6c). Previamente a su construcción deberá ser identificados los sitios de fácil inundación y de difícil drenaje.

Fig. 6a Área cultivada sin drenaje

Fig. 6b Envaletadera para construir drenaje.

Fig. 6c Drenaje construido

1.4 Secciones de riego

Diseñar y construir caballones permanentes o fijos para sectorizar el lote en secciones de riego. Estos caballones podrán tener un pequeño desnivel (1-5 cm cada 10 m distancia entre los puntos) con el fin de conducir agua a lo largo de este. (Fig. 7a y 7b).

Fig. 7a Caballón permanente con menor pendiente.

Fig. 7b Caballón permanente en lote con mayor pendiente

(SALIVE, 2003)

En lotes con topografía muy pendiente, es necesario identificar depresiones por donde el agua se acumula y arrastra suelo con el fin de prevenir la aparición de cárcavas (Fig. 8), en estos sitios es recomendable construir diques con sacos de suelo y piedra. (Fig. 9).

Fig. 8. Cárcava en lote arrocero formada por la erosión hídrica. (SALIVE, 2003)

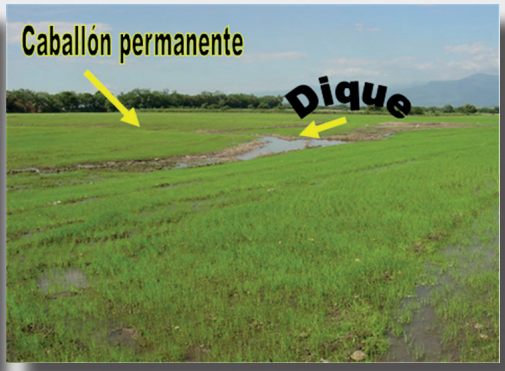
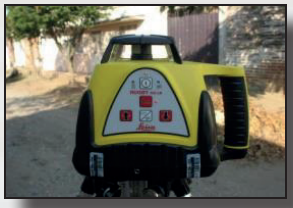


Fig. 9. Construcción de obras para mitigar los problemas de erosión en los lotes de arroz de riego como Caballones permanentes y diques. (SALIVE, 2003)

1.5 Caballoneo

- ✓ Para mejorar la distribución del agua de manera uniforme se deben construir caballones con taipa, estos serán diseñados localizando puntos del lote con el mismo nivel (caballones a curva de nivel). En la actualidad por su precisión y eficiencia operacional se recomienda utilizar equipos de nivelación láser. El cual consta de un emisor de rayo láser (Fig.10a), el cual es capaz de emitir un rayo láser horizontal a 360° de circunferencia y a una distancia que puede oscilar entre os 400 y los 700 m. También consta de un sensor receptor que va sujetado a una estadía (Fig.10b), el cual recibe el rayo láser y emite un sonido contínuo cuando está al mismo nivel del emisor y un trípode que sostiene el equipo emisor láser (10b).



10a)

10b)

10c)

Fig.10a. Emisor láser. Fig.10b Sensor Receptor de láser Fig. 10c. Trípode en aluminio.

Generalmente, para incrementar el rendimiento del caballoneo láser con operación manual, se implementan dos sensores receptores simultanemente, el primer sensor receptor se encarga de localizar los puntos de nivel para trazar la ruta por donde se construirá el caballón, mientras que el segundo sensor se encarga de localizar y diseñar el siguiente caballón, teniendo en cuenta que debe existir una determinada diferencia de nivel entre el caballón actual y el siguiente, nunca dos curvas con distinto nivel podrán interceptarsen. Cada punto se podrá marcar con cal para orientar al operario del tractor, quien será el encargado de construir cada caballón a través de la taipa.

11a)

11b)

Fig. 11a-11b. Equipo de nivelación laser de operación manual y localización de caballones con dos sensores simultáneamente.

- ✓ El caballoneo con equipo laser, también puede ser trazando las curvas a nivel con el sensor receptor instalado en un tractor. Para esto, el receptor deberá ser instalado en un mástil ubicado en la parte frontal del tractor y con fácil visibilidad para el operario (Fig.12a). El Receptor deberá estar conectado a un visor de luces que le indicará al operario la orientación de la actual curva a nivel que está trazando, procurando mantenerse siempre en la luz verde como lo indica el visor, asegurando que la ruta por donde viene construyendo el caballón esta al mismo nivel (Fig.12b).

12a)

Fig 12a Equipo de caballoneo operado a través de tractor.

12b)

Fig. 12b. Visor ubicado en el mástil del tractor.

1.5.1 Uso de la taipa en el caballoneo

Justamente después de realizar la demarcación de los puntos con cualquiera de los sistemas anteriormente descritos, se realiza el caballoneo a través de una taipa, que consiste en pasar por encima y uniendo los puntos demarcados por el sistema de nivelación láser, con un conjunto de discos caballoneadores y un cilindro compactador (Fig. 13), el cual se encarga de conformar el caballón. Antes de ejecutar esta labor es necesario realizar un adecuada calibración de cada uno de sus componentes, de esta forma se construye un caballón con las dimensiones adecuadas como se muestra en la figura 14. Para la óptima distribución del riego hasta formar una lámina de agua a la altura deseada, se recomienda que previamente al caballoneo se haya micronivelado el terreno con la pala multicuchillas "Landplane" esto contribuirá a que la altura de agua no sobrepase los 5 cm.

Fig. 13. Caballoneo con taipa luego de la demarcación de los caballones con el equipo de nivelación laser.

Fig. 14. Caballoneo luego de ser construidos con la taipa debidamente calibrada. (IBARRA, 2017)

En la figura 15 se observa la perdida de arroz en la base del caballón cuando no se utiliza taipa, debido principalmente a una inadecuada germinación de la semilla, producto de una desuniformidad de las áreas de siembra en el caballón, ocasionando áreas que se seca muy y rápido (cresta del caballón) y áreas frecuentemente inundadas (base del caballón) que impide la germinación de la semilla, ocasionando muerte de la misma.

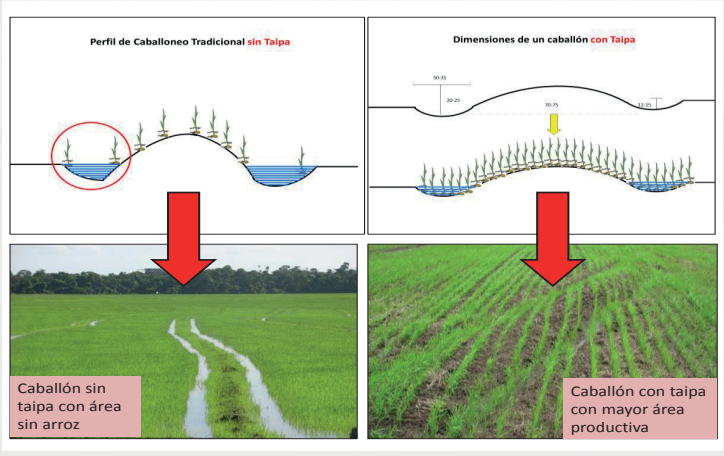


Fig. 15 El uso de la taipa ofrece mayor área productiva (Izquierda: arriba y abajo): Esquema de caballón sin taipa. (Derecha: Arriba y abajo): Esquema de caballón y fácil establecimiento del cultivo en lote con taipa.

1.5.2 Diferencias de nivel entre caballones

- ✓ La diferencia de cota entre caballón y caballón nunca deberá ser mayor la altura del caballón desde la superficie del suelo y la cresta del caballón. De lo contrario la melga no podrá ser inundada en su totalidad.

- ✓ La diferencia de cota entre caballones podrá ser modificada dentro del mismo lote de acuerdo a la topografía del terreno. A mayor pendiente la diferencia de cota entre caballones deberá ser mayor, y lo contrario ocurre en terrenos con menor pendiente. Esto facilitará la inundación que la totalidad de la melga consiga ser inundada.

- ✓ En lotes con topografía pendiente, en la parte de baja de la melga (izquierda) de la figura 16 se forma una lámina de agua de 12 cm de profundidad y en la parte de alta de la melga una lámina apenas de 2 cm, debido a la diferencia de nivel entre los dos caballones el cual es de 10 cm en el terreno.

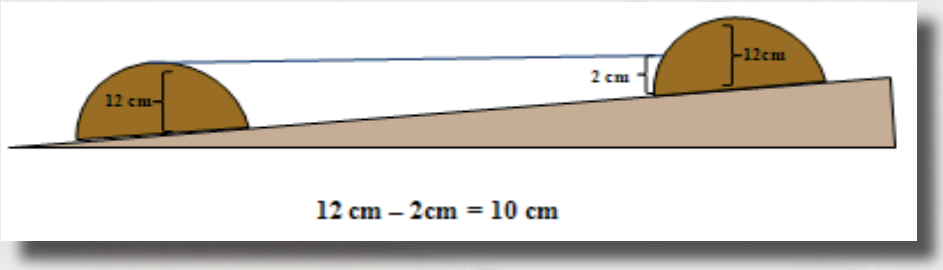


Fig. 16. Esquema con vista transversal de dos caballones con diferencia de nivel de 10 cm.

1.5.3 Inundación de la melga

La profundidad de la lámina de agua en la melga está influenciada por la micronivelación del terreno, la topografía del terreno y la altura del caballón. Entre mayor diferencia de nivel entre los caballones y mayor altura del mismo desde su base hasta la cresta mayor será la profundidad de la lámina de agua. En un terreno micronivelado se podrá efectuar mayor control de la profundidad de la lámina de agua. Se recomienda que la inundación de la melga no sobrepase los 5 cm (Fig. 17) y ocurra después que la planta de arroz tenga 4 y 5 hojas, pero esta profundidad no deberá ser superior a la altura de la planta.

Fig. 17 Inundación de la melga a una profundidad de la lámina de agua no superior a 5 cm. Lote con previa micronivelación con Landplane y caballoneo con sistema láser y taipa.

Fig. 18 Vista aérea de la inundación de las melgas después del caballoneo con taipa. (ÁREA TÉCNICA FEDEARROZ ESPINAL, 2017)

1.6 Bordeo

- ✓ Para aumentar la eficiencia de riego a través de la conducción del agua en el lote, se recomienda construir un caballón o en algunos casos dos caballones por el perímetro del lote, que le permita conducir el agua por el borde del lote, llegando rápidamente a zonas alejadas de la entrada del agua. Esta labor se conoce como "bordeo" (Fig. 19).

Fig. 19. Implementación del bordeo para conducir y distribuir el agua a través de los bordes del lote. (OSPINA, 2017)

1.7 Instalación del riego

- ✓ La instalación del riego podrá iniciar con los mojes de quema si es necesario o con el primer y segundo riego después de la siembra, de acuerdo a las condiciones del momento, pero con una buena preparación se obtiene una buena micronivelación, y esto contribuye a un buen caballoneo el cual ofrece la oportunidad de un adecuado riego, reduciendo notablemente las actividades la mano de obra y el tiempo y el módulo de riego necesario durante la instalación y mantenimiento del riego. En las figuras. 20a y 20b, se aprecia un lote con mayor y menor pendiente ya instalados en antes de la germinación, respectivamente.

- ✓ Todas estas actividades son las responsables directas para lograr un ahorro en el uso del agua y condicionando un ambiente óptimo para el buen desempeño agronómico de la variedad seleccionada.

Fig. 20a. Lote instalado con mayor pendiente antes de la siembra.

Fig. 20b Lote instalado con menor pendiente después de la siembra.

- ✓ Durante la labor de riego, cada melga comenzará a inundarse, pero habrá sitios en los bajos de la melga donde el agua podrá romper el caballón sin haber inundado completamente la melga, razón por la cual será necesario instalar en las partes altas de cada melga (Fig. 22) bocanas (bolsas de plástico recortadas), las cuales previenen el rompimiento del caballón y la erosión hídrica (Fig. 21b), pero facilitando el paso del flujo de agua entre melgas (Fig. 21a).

Fig. 21a. Bocana en plástico instalada en la parte alta de la melga.

Fig. 21b. Bocana destruída causando erosión hídrica.

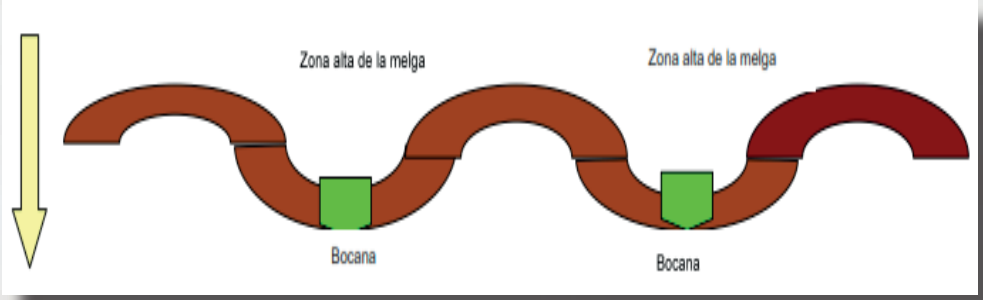


Fig. 22. Esquema de sitios del caballón donde se deben instalar las bocanas.

- ✓ Durante el riego del cultivo a partir de la emergencia de la 4ª y 5ª hoja en la planta es importante haber sellado cualquier salida de agua, con el fin de reducir las pérdidas de agua, suelo y fertilizante. Recuerde que una de las mayores pérdidas de agua se debe a la escorrentía.

- ✓ Para reducir las pérdidas de fertilizantes por efecto de la temperatura y el sol, es importante irrigar lo antes posible después de cada fertilización, ya que a medida que se tarda en irrigar el cultivo, las pérdidas de fertilizantes especialmente se aumentan los nitrogenados.

Fig. 23. Cultivo de arroz con riego instalado y un adecuado establecimiento.

1.8. Módulo de riego

- ✓ El módulo de riego se define como el caudal mínimo necesario para irrigar satisfactoriamente una hectárea, Teniendo en cuenta el balance hídrico del cultivo presente. Para suelos de textura (más arenosa) el módulo de riego normalmente es mayor, pero eso no quiere decir que no se puede reducir. Gran parte de la reducción en el módulo de riego se logra a través de la óptima implementación de las actividades mencionadas en esta edición.

- ✓ La reducción del tamaño de los lotes al igual que división del lote en secciones de riego contribuyen a reducir el módulo de riego.

- ✓ El módulo de riego también depende de la humedad del suelo antes de iniciar el riego, un suelo más húmedo, saturará más rápido, esto contribuye a reducir el módulo de riego.

- ✓ La división de los caudales, contribuye a aumentar la eficiencia en el uso del agua. Al iniciar el riego con un caudal total, se recomienda dividir este caudal en pequeños caudales para que el agua con caudales menores ingrese por las diversas entradas que fueron previamente habilitadas, de

esta forma se distribuirá mejor el agua, aumentado la eficiencia operacional del riego en tiempo de riego y área irrigada, reduciendo la erosión hídrica, y finalmente aumentando la eficiencia en el uso del agua (EUA).

- ✓ En lotes con manejo de riego eficiente se ha logrado módulos de riego que oscilan entre 0,5 y 3 l/s por hectárea/cosecha. Módulos de riego por encima de 3 l/s se consideran altos y por consiguiente tendrán mayor uso en el agua de riego y aumento de los costos de producción.

- ✓ Con la adecuada ejecución de los puntos anteriores se logra mayor eficiencia en el uso del agua para el cultivo del arroz, permitiendo obtener más arroz con menos agua y de esta forma hacer a los productores más rentables, competitivos y sostenibles.

Fig. 24. Sistema de Monitoreo de flujo de agua a través de canaleta UTAH y sistema FlukBox con sensor ultrasonido

2. AVANCES PARA EL MANEJO DEL AGUA PARA ARROZ SECANO

El arroz secano se considera un cultivo de alto riesgo debido a que su éxito depende directamente de la oferta de lluvias, pero esto no significa que no se pueda intervenir para mejorar su condición. En las zonas de secano durante la temporada de lluvias es común que ocurran aguaceros o lluvias torrenciales muy intensas, pero a través de ciertas prácticas es posible aprovechar parte de esta agua de escorrentía en los lotes arroceros antes que continúe su rumbo por el drenaje natural de acuerdo a la topografía del terreno.

Dentro de las prácticas que se recomiendan para optimizar el agua en el manejo de arroz secano están:

- Mejorar la infiltración a través de la descompactación del suelo con arado de cincel vibratorio.

- Caballonear a curva de nivel para reducir la velocidad de escorrentía y de esta forma incrementar la infiltración del agua lluvia.

- Realizar prácticas de adecuación como la micronivelación para mejorar la uniformidad del terreno, permitiendo que el agua de lluvia se desplaces de manera más controlada sobre la superficie del terreno, permaneciendo más tiempo en las melgas.

- Construir canales en sitios circundantes al lote y de alta escorrentía con el fin de conducir el agua a áreas cultivables.

- En las zonas circundantes a los lotes durante las épocas lluviosas pueden formarse zonas inundables, donde pueden almacenarse agua para posteriormente bombear agua a los lotes.

3. ESTRATEGIAS TÉCNICAS PARA AUMENTAR LA RETENCIÓN DE HUMEDAD DEL SUELO EN LOTES ARROCEROS

Existen varias prácticas que pueden aumentar la capacidad de retención de humedad en el suelo, a través del acondicionamiento físico y biológico del mismo:

- El manejo de residuos de cosecha con su leve incorporación, a través del uso de sistemas de pica-pajas en cosechadoras (Fig. 25a), Desbrozadora (Fig. 25b) y lote con tamo como residuo de cosecha distribuido en el campo) (Fig. 25c).

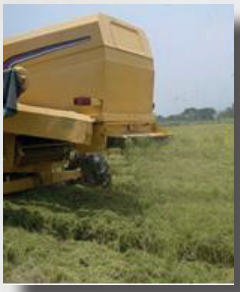


Fig. 25a

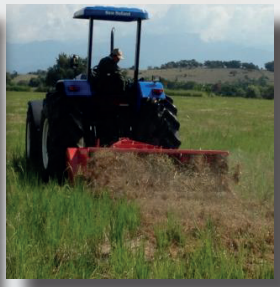


Fig. 25b)

Fig. 25c

(CASTILLA, 2010)

- La descompactación del suelo de forma mecánica a través del adecuado uso del cincel vibratorio (Fig. 26), incrementa la capacidad de infiltración del agua en el suelo a través de sus poros, rompiendo las capas de suelo endurecidas superficialmente.

Fig. 26

(CASTILLA, 2010)

- El sistema de rotación de arroz con algunas leguminosas como el frijol mungo, soya y/o crotalaria, contribuye notablemente en la aireación del suelo y por consiguiente facilita la dinámica microbiológica y la retención de humedad.

Figura. 27a. Cultivo de frijol mungo como abono verde

Figura. 27a. Cultivo de crotalaria.

(CASTILLA, 2010)

4. FUENTES DE AGUA PARA EL APROVECHAMIENTO EN EL CULTIVO DE ARROZ

En la actualidad el cambio climático viene ocasionando una serie de situaciones que vienen impactando en las diversas actividades antrópicas. Una de ellas es la agricultura, ya que es una actividad que depende directamente del comportamiento climático. Donde el agua se convierte en uno de los principales recursos limitantes.

El cultivo de arroz en Colombia viene siendo amenazado por la reducción de la disponibilidad hídrica, a pesar que Colombia es considerado uno de los países de mayor riqueza hídrica, sin embargo, su disponibilidad es baja debido a la precaria gestión de los recursos hídricos, ya que no existen planes claros dentro de las políticas sectoriales del gobierno nacional que enfrenten esta situación de exceso y déficit.

Razón por la cual los sectores productivos como el arroz viene promoviendo la implementación de estrategias que mitiguen el efecto de la baja disponibilidad hídrica, una de estas se enfoca en el almacenamiento de agua a través de reservorios y el uso legal y responsable del agua subterránea proveniente de pozos profundos.

4.1 Reservorios construidos en tierra

El almacenamiento de agua a través de reservorios construidos en tierra y en predios o fincas arroceras puede contribuir en aprovechar estas aguas.

Ventajas de la implementación de reservorios:

- ✓ Garantiza la oferta del agua en cualquier momento de os cultivos.
- ✓ Posibilita el manejo de las prácticas culturales en el momento oportuno.
- ✓ Facilita la planificación de las mejores épocas de siembra y cosecha.
- ✓ Transforma un sistema de producción agrícola de secano a riego.

- ✓ Establece parámetros confiables de riego.
- ✓ Reduce la posibilidad que los cultivos se afecten por agua en época secas.
- ✓ Reduce el riesgo de caudales erosivos en los cultivos durante momentos de inundaciones.
- ✓ Reduce la posibilidad de inundaciones de las zonas agrícolas (control de inundación).
- ✓ Define un área irrigada más estable.
- ✓ Permite la captación, transporte y distribución eficiente del agua en los lotes.

Etapas del proceso estudio, diseño y construcción de un reservorio en tierra a nivel de fincas:

Fase I: Establecer las necesidades hídricas del cultivo, así como las actividades agropecuarias en el área a beneficiar con el reservorio, es necesario determinar el balance hídrico del área a beneficiar mediante información histórica de las condiciones meteorológicas, identificando estaciones climáticas cercanas al sitio del reservorio. Esta información permitirá conocer la dinámica a partir de flujo de agua de entrada y de salida (ingresos y pérdidas) (Fig. 28).

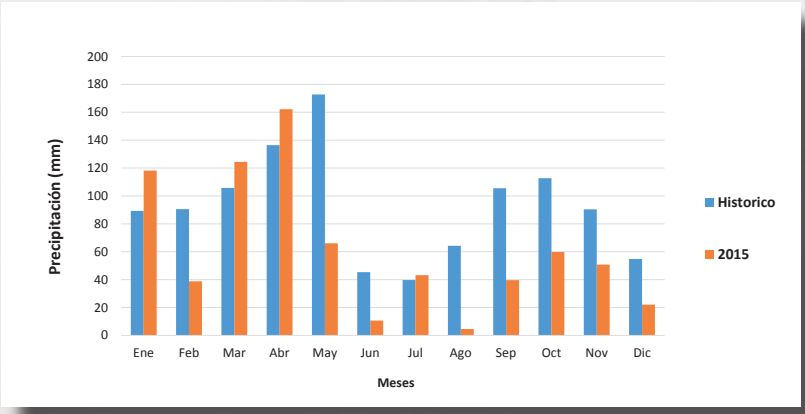


Figura. 28. Registro de información y comparación de precipitación histórico y 2015.

Fase 2: Identificación de sitios potenciales, con visitas previas para establecer los sitios potenciales de almacenamiento de agua teniendo en cuenta las características topográficas que permitan almacenar agua de manera natural con la mínima construcción de diques, en esta fase será necesario determinar el área de aporte como sub-cuencas y forma de captación del agua hacia el nuevo reservorio (Fig. 29).

Figura. 29. Identificación de sitios potenciales para almacenamiento de agua.

Fase 3: Levantamiento altimétrico, mediante el uso de equipos topográficos como la estación total, el cual mediante un trabajo dirigido por un topógrafo permite establecer la altimetría detallada y generar un plano altimétrico con información suficiente capaz de establecer los sitios aptos para el almacenamiento de agua y estimar y calcular tanto los volúmenes de tierra de excavación y de relleno para establecer las dimensiones del espejo de agua acuerdo a lo proyectado en este estudio.

Figura. 30. Estación total como equipo para realizar el levantamiento altimetrico de la zona de estudio.

Figura. 31. Resultado de levantamiento altimétrico en archivo de diseño CAD.

Fase 4: Estudios de suelo y geotécnia, se selecciona el material para la construcción, se realiza análisis de curva de infiltración mediante una calicata y apiques para la toma de muestras de suelo que permite establecer si el tipo y naturaleza propia de la excavación es apto para la conformación del muro o terraplén.

Figura. 32. Estudio de suelos: Realización de apiques y diagnóstico de perfil de suelo a través de calicatas y pruebas de infiltración.

Fase 5: Estudio de diseño que incluye cálculo de los volúmenes de movimiento de suelo. Volumen de suelo a ser excavado, volumen de suelo a ser levantado, cálculos de dimensionamiento del muro de contención.

Así como definición de parámetros estructurales para la construcción de los reservorios, tales como: Altura del muro, inclinación del talud, longitud del muro, borde libre, dimensiones de los cortes transversales del muro, dimensiones del vertedero (aliviadero).

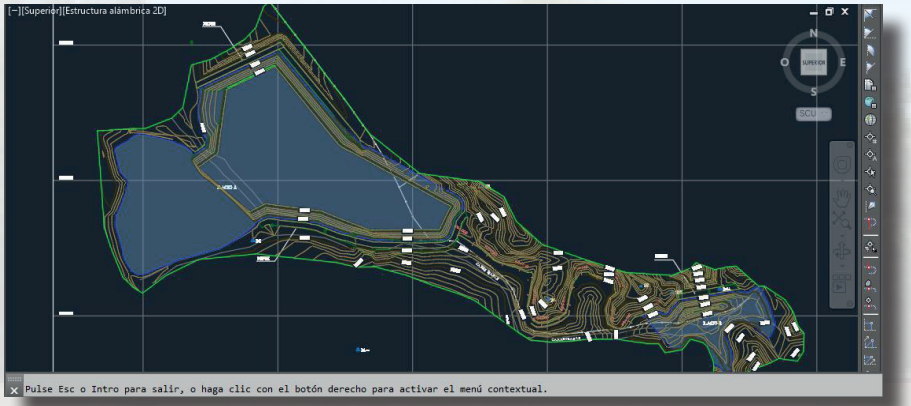


Figura. 33. Diseño digital producto del análisis plano altimétrico para el dimensionamiento del reservorio.

Fase 6: Selección de la maquinaria y equipos para la construcción, los cuales fueron seleccionados de acuerdo a las necesidades de potencia de la obra, la disponibilidad en la zona y a su rendimiento operativo.

Figura. 34. Muestra de parque de maquinaria que puede ser usada en el proceso constructivo, como retroexcavadora y pala niveladora adaptada al sistema hidráulico de un tractor.

Fase 7: Proceso constructivo, incluye la limpieza del sitio seleccionado, descapote del área a compactar, el establecimiento en campo de las cotas o niveles de referencia, delimitación del área a excavar y el área de construcción del muro, Instalación de la tubería de toma de agua y desarenador, Construcción del muro o terraplén, compactación de las capas de suelo durante la conformación del muro y verificación de taludes interna y externa del terraplén.

Figura. 34. Proceso constructivo de reservorios (descapote, explanación, y construcción y compactación del muro de contención o terraplen).

(DOTTO & PINEDA, 2016).

Fase 8: Llenado del reservorio, en este proceso puede tardar de acuerdo a la oferta hídrica del sitio y a la capacidad de almacenamiento. Durante la estación lluviosa la precipitación puede significar una fuente importante para su llenado. Los reservorios construidos en Lérida y Venadillo (Tolima) fueron orientados en todo el proceso por Fedearroz – Fondo Nacional del Arroz.

Fig. 35. Reservorio Hacienda Albania (Lérida-Tolima)

Fig. 36. Reservorio Hacienda La Sonora (Venadillo -Tolima).

4.2 Pozos profundos

Los acuíferos son cámaras localizadas a grandes profundidades dentro del suelo que albergan grandes cantidades de agua que pueden ser aprovechas por el ser humano a través de la explotación de un pozo profundo. Se estima que en el subsuelo existe cerca de 20 veces más agua que la que se conocen como agua superficial que la componen los ríos, quebradas, lagos y lagunas.

Fig. 37. Aprovechamiento de agua subterránea a través de bombeo de pozos profundos

El origen de un acuífero puede ser de cientos a miles de años, en el cual parte del agua de lluvia se infiltra (percola) a grandes profundidades hasta alcanzar capas impermeables. La mayoría de los acuíferos son de agua dulce. La profundidad de la capa impermeable puede variar de pocos metros por debajo de la superficie del suelo a cientos y miles de metros. A continuación, se mencionan algunas ventajas:

- ✓ Acceso a grandes volúmenes de agua.
- ✓ Alternativa de fuente de agua disponible si no existe posibilidad de aprovechar aguas superficiales.
- ✓ Los acuíferos pueden ser explotados en cualquier momento, inclusive durante periodos prolongados de sequía.
- ✓ Existen zonas donde los acuíferos están a menor profundidad, eso implica un costo menor en su perforación y explotación.

- ✓ En general el agua subterránea es de buena calidad, si no existe una fuente de contaminación.
- ✓ Las pérdidas de volumen de agua del acuífero después de su explotación son mínima.
- ✓ En primera instancia su disponibilidad hídrica y su caudal no son afectados por condiciones climáticas del momento.
- ✓ Los acuíferos pueden ser abastecidos constantemente si existe zonas de recarga que lo posibiliten.
- ✓ Sus costos de mantenimiento, después de construidos son bajos, solo se asumen los costos de bombeo.
- ✓ Los riesgos de derrumbes internos son bajos, solo pueden ser alterados por temblores o sismos fuertes en sus fallas tectónicas.

La Tomografía subterránea, se ha convertido en una técnica de diagnóstico muy eficaz para establecer la capacidad de almacenamiento de los acuíferos diagnóstico, sin requerir realizar procesos de intervención del suelo.

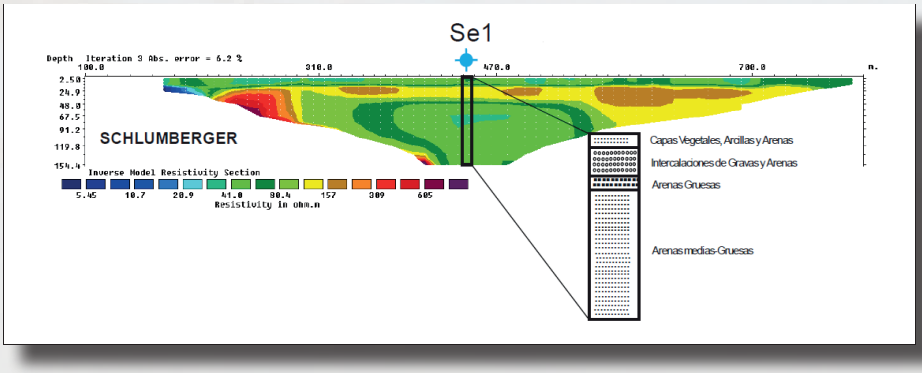


Fig. 38. Imagen de una tomografía basados en los resultados obtenidos de la resistividad eléctrica. (CUEVAS, 2017).

El método de tomografía eléctrica de resistividad, es una técnica de prospección geoeléctrica que se ha utilizados en los últimos años con importantes resultados principalmente en la identificación de unidades litológicas o estructuras geológicas en áreas con anomalías complejas en ramas de la Ingeniería y la Hidrogeología.

Este método se basa en obtener una sección 2D de resistividades reales del subsuelo, modelo a partir del cual podremos determinar presencia o no de filtraciones de agua en profundidad, mediante la localización de áreas en donde tengamos una disminución anómala del valor de la resistividad en el terreno (UPC, 2010). Para esto es necesario un programa de inversión, con el que se puede transformar las resistividades aparentes obtenidas en campo a los valores reales.

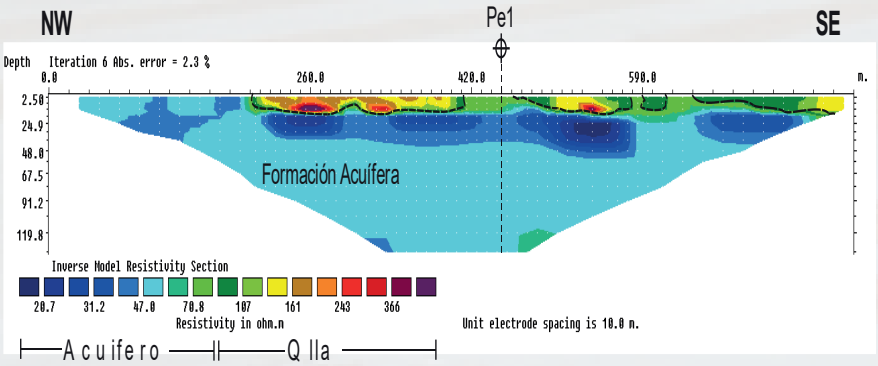


Fig. 39 Tomografía de resistividad eléctrica. (CUEVAS, 2017).

5. NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA AUMENTAR LA EFICIENCIA DEL USO DEL AGUA EN EL CULTIVO DEL ARROZ

5.1 MIRI: RIEGO EN ARROZ POR MÚLTIPLES ENTRADAS

Con el propósito que los agricultores arroceros colombianos sean más eficientes en el uso del agua en sus cultivos, la Federación Nacional de Arroceros, Fedearroz – Fondo Nacional del Arroz, viene implementando en Colombia el nuevo sistema de Riego de Arroz por Múltiples Entradas conocido como MIRI (Multiple Inlet Rice Irrigation). Este sistema fue desarrollado en el año 2003 por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos y las Universidades de Arkansas e Missouri. (Vories & Tacker, 2004). MIRI es un sistema de riego de baja presión que facilita la conducción y la distribución del agua dentro del lote. Puede ser operado en ausencia de un sistema de bombeo. Este sistema dispone el uso de uso de mangueras de polietileno y compuertas plásticas insertadas en la manguera capaces de controlar el flujo de agua de forma independiente, logrando así, reducir el uso del agua y aumentar la eficiencia operacional del riego.

A diferencia del sistema convencional en el cual el agua ingresa al lote por una única entrada o por varias, pero sin un control de ingreso eficiente, mientras, el sistema MIRI aumenta la eficiencia de la distribución de una forma controlada debido a las compuertas reguladoras del caudal (ventanas), a lo que se conoce como el principio de oportunidad. (Fig. 40)

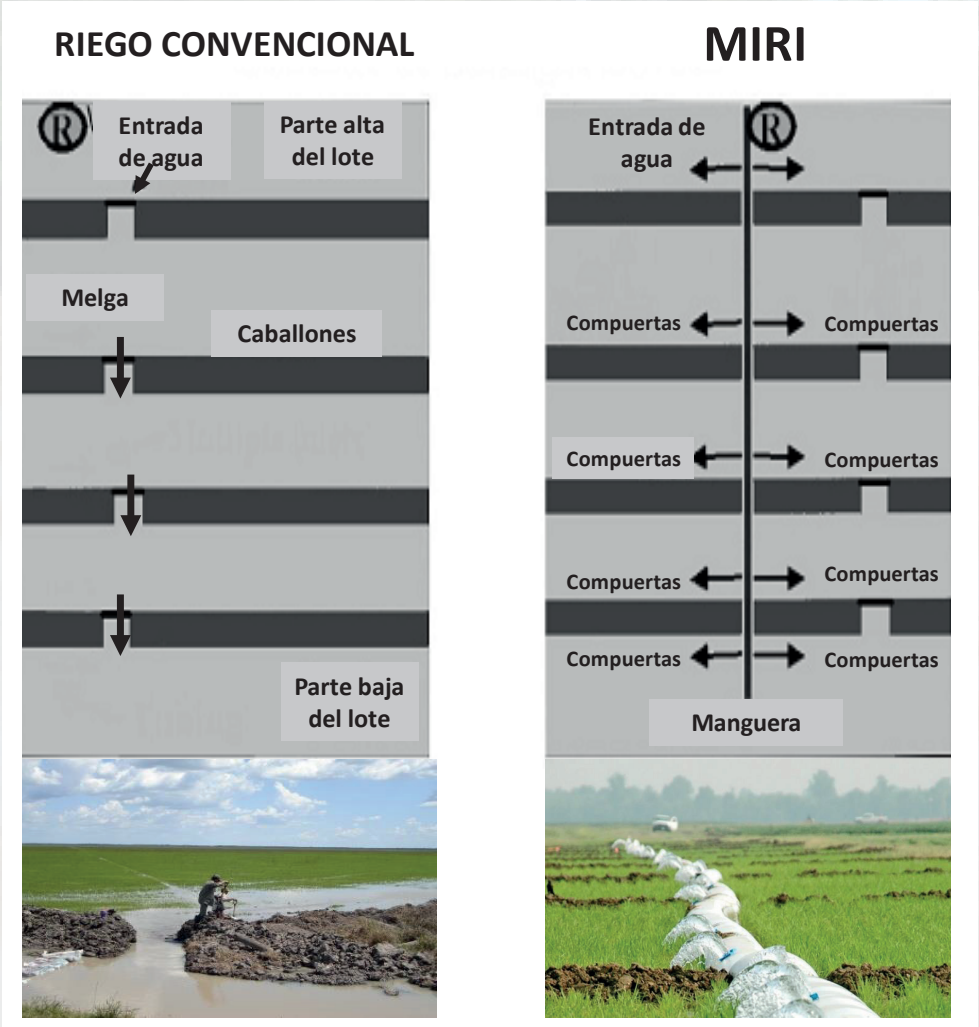


Fig. 40 Esquema comparativo entre el sistema de riego convencional (imagen izquierda.) y el sistema MIRI (imagen derecha). (VORIES & TACKER, 2003 Modificada por Pineda 2013).

También puede considerarse a este sistema de riego como localizado o por sitio, ya que va irrigando de manera independiente áreas del lote con ambientes de menor retención de humedad o áreas donde operacionalmente el riego es deficiente o tarda en llegar, teniendo una gran oportunidad dentro de la implementación en la agricultura por ambiente.

Resultados preliminares obtenidos por Fedearroz – Fondo Nacional del Arroz y dentro del marco del proyecto SATREPS en el semestre 2017A han demostrado que con el sistema MIRI se ha logrado un ahorro de agua hasta de un 32,8% comparado con el sistema AMTEC. Pasando de 8.893 m^3/ha en AMTEC a 5.971 m^3/ha con una precipitación total durante el ciclo (4 meses) de 411,2 mm. Estas diferencias se deben principalmente a una reducción en el tiempo de riego que oscila entre un 25 y 30% menos que el tiempo de riego en AMTEC.

Componentes del sistema MIRI

✓ Manguera de polietileno de baja densidad (PBD)

Tubo plástico flexible (Manguera) con espesor en la pared entre 300 y 500 µm, capaz de conducir grandes volúmenes de agua a baja presión. Diámetro para uso en arroz entre 6 y 10 pulgadas. Viene en rollos de 100 y 150 m de longitud (Fig. 41).

Fig. 41. Manguera de polietileno de baja densidad PBD de 8 pulgadas de diámetro.

✓ Compuerta o ventana de plástico

Esta compuerta es tipo Bloom Gate (BG) de 2.5 pulgadas de diámetro, la cual es ajustable (abre y cierra) para el control del ingreso del agua a la melga (Fig. 42).

Fig. 42. Compuerta plástica de descarga BG de 2,5 pulgadas de diámetro.

✓ Insertor de cuchilla metálica:

Equipo que permite perforar e instalar la compuerta BG dentro de la manguera llena de agua de forma uniforme y controlada de acuerdo al diámetro de la compuerta (Fig. 43).

Fig. 43. Proceso de perforación de la manguera e instalación de las compuertas controlando el flujo de agua.

✓ Sistema de despresurización y de conexión entre rollos de manguera

Tanque (Caneca de 200 litros) o tubo en PVC que permite aliviar la presión producto de la diferencia de altura de las cota inicial y final de la manguera, también sirve como sistema de conexión entre un rollo y otro rollo de manguera (Fig. 44).

Fig. 44 Sistemas de despresurización: tanque metálico de 200 litros y sistema T en PVC de 8x6 pulgadas de diámetro.

✓ Bocatoma portátil

Sección de ensamblaje que permite acoplar la manguera pasando de un canal abierto a un conducto cerrado (manguera). (Fig. 45).

Fig. 45 Bocatoma metálica como sección de ensamblaje de entre el canal de riego y la manguera PBD.

Fig. 46. Izq. Riego de germinación con el sistema MIRI (Hacienda Piamonte, Ibagué, 2017) y Der. Riego en arroz en fase vegetativa

Fig. 47. Sistema de riego MIRI en inicio de riego después de la siembra, Hacienda Piamonte, Ibagué, 2017.

Fig. 48. Inicio del sistema de riego MIRI con apertura de compuertas de forma alterna

Como se aprecia en la figura 49, el riego en el sistema MIRI, inicia desde la manguera como eje central hacia los bordes del lote, esto implica que la instalación del riego en el lote debe realizarse desde el interior hacia el exterior, iniciando con el refuerzo de las zonas sensibles del caballón procurando fugas de agua de manera no controlada.

Fig. 49 Vista aérea de primer riego con el sistema MIRI en lote de 10.3 ha, línea de riego 660 m de longitud en la hacienda Piamonte, Ibagué. (Cortesía Hacienda Piamonte, Ibagué, 2017)

Fig. 50 Vista aérea del sistema de Riego MIRI en arroz ya establecido de 30 día después de la emergencia Línea de riego 300 m Hacienda Piamonte, Ibagué, 2017. (BERNAL, 2017).

Fig. 51. Distribución del agua durante el riego a través de derivaciones del sistema MIRI en El Espinal, Tolima. (Área Técnica Fedearroz Espinal, 2017).

Además de conducir el agua, el sistema MIRI permite mejorar la distribución de la misma dentro del lote, haciendo derivaciones a través de los tanques que alivian la presión y conectan los tramos de manguera, como se observa en la Fig. 51. Las derivaciones permiten que el agua llegue de manera rápida y controlada a zonas de difícil irrigación, sin causar erosión hídrica, como si ocurre con los bajantes o tijeras. Este sistema remplaza a las bateas o diques en el cual se pierde importante población de arroz, ya que generalmente permanecen inundadas durante el establecimiento del cultivo.

5.2 SISTEMA DE NIVELACIÓN GEOREFERENCIADA

- ✓ Por otro los sistemas de navegación RTK (Real Time Kinematic) o Navegación Cinética Satelital en Tiempo Real es una nueva tecnología que viene ingresando al país para su uso especialmente en topografía y adecuación del suelo, permitiendo generar un plano digital altimétrico del lote, donde se podrá definir con criterio técnico el mejor diseño de riego, como distancia entre caballones, tamaño de las melgas, identificación de zonas de difícil riego y zonas de inundación, de esta forma esta tecnología le permitirá optimizar el uso del agua. Para el uso de trazado de caballón podría ser implementado esta tecnología con piloto automático.

Fig. 48. Antena RTK comandando la cota o nivel de nivel con orientación georreferenciada (http://www.agricien.net)

6. RECOMENDACIONES GENERALES

Las labores y/o actividades mencionadas en esta publicación son recomendaciones que han sido producto de la experiencia en la Investigación y Transferencia de Tecnologia de los Ingenieros Agrónomos de Fedearroz – Fondo Nacional del Arroz e implementadas con éxito en el Programa Nacional de Adopción Masiva de Tecnologia (AMTEC).

El éxito de cada labor y/o actividad sumarán de manera articulada para realizar un manejo eficiente de agua en el cultivo del arroz, por eso la integración de cada una de las prácticas aquí mencionadas contribuirán en ahorro del uso de agua en el cultivo del arroz.

Todos los implementos y equipos presentados que intervengan en el proceso de adecuación de suelo y riego deberán ser debidamente calibrados antes de iniciar su labor, con el fin de aumentar su eficiencia y eficacia de sus trabajos para los cuales fueron diseñados y construidos, de esta forma se contribuye a garantizar un manejo mas eficiente del agua en el cultivo del arroz.

En cada región arrocera de Colombia, todos los agricultores tendrán acceso a la tecnologia y estarán respaldados por los Ingenieros Agrónomos de Fedearroz – Fondo Nacional del Arroz.

El recurso hídrico es de todos y es nuestro deber como seres humanos protegerlo, preservarlo, administrarlo y usarlo de forma racional y eficientemente. Nosotros como miembros de la cadena productiva del arroz tenemos la obligación de preservar la seguridad alimentaria del país y solo se podrá lograr siendo sostenibles y eficientes en el uso de los recursos naturales.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ALCARAZ, R. Ciclo del agua. (2015). Disponible en: http://ndnatural.net/2015/03/22/el-ciclo-del-agua/.

ARÉVALO, D. Una mirada a la agricultura de Colombia desde su huella hídrica. World Wildlife Fund (WWF) 2012. Disponible en: http://www.huellahidrica.org/Reports/Arevalo-2012-HuellaHidricaColombia.pdf

BERNARDO, S. ALVES, A. MANTOVANI, E. Manual de Irrigação. Octava Edición. Universidad Fdeeral de Viçosa. Viçosa. MG. Brasil. 2011.

CASTILLA, L. A .Manejo Productivo de los Residuos de Cosecha. Revista Arroz. Fedearroz – Fondo Nacional del Arroz, 10-17 p. Vol 60. Bogotá, Colombia. 2012.

GOMES, A. DA S; PAULETTO, E. A.; FRANZ, A. F. H. Uso E Manejo Da Água Em Arroz Irrigado. En: Arroz Irrigado No Sul do Brasil. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. cap. 14. p. 417-455.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Faostat. 2015. Disponíble en: http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/O/OA/S.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Aquastat. 2015. Disponible em: http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water_use_agr/index.stm.

FEDERACIÓN NACIONAL DE ARROCEROS – FEDEARROZ/Estadística Arroceras. 2015. Disponible en: http://www.fedearroz.com.co/new/apr_public.php.

INFORIEGO.ORG. Agronomía del Riego. Disponible en: http://www.inforiego.org/opencms/opencms/info_tecnica/6_agronomia/index.html

MADR, CIAT & FEDEARROZ. Adaptación para la sostenibilidad Productiva. DAPA. Disponible en: http://www.slideshare.net/ciatdapa/resultados-componente-4-huella-hdrica-y-medicin-de-carbono

MORALES, H. Calibración de equipos: Clave para la correcta adecuación de suelos. Revista Arroz. Fedearroz – Fondo Nacional del Arroz, 4-14p. Vol. 61. Bogotá, Colombia. 2013.

OSORIO, S. Apuntes de geotecnia con énfasis en laderas. (2010). Disponible en: http://geotecnia-sor.blogspot.com.co/2010/10/el-agua-en-el-suelo.html

PINEDA. D. Mejoramiento de la Instalación Inicial del cultivo. Bajo el sistema de caballoneo a Taipa. Correo Fedearroz 2007. Fondo Nacional Del Arroz. Fedearroz, Bogotá, Colombia, 2007.

PINEDA, D. Aplicación de la tecnologia para el manejo eficiente del agua para riego. Revista Arroz. Fedearroz – Fondo Nacional del Arroz, 22-32 p. Vol. 58. Bogotá D.C, Colombia. 2010.
PINEDA, D. Sistema MIRI, nueva herramienta para mayor eficiencia en el riego. Revista Arroz. Fedearroz – Fondo Nacional del Arroz, 57-62p. Vol. 65. Bogotá D.C, Colombia, 2017.

PRECIADO, G. Resultados de Investigación Zona Llanos Orientales. Fedearroz 2014. Fedearroz – Fondo Nacional del Arroz.

SALIVE. A, RIOBUENO. C, CASTILLA. L. Mejoramiento del Sistema de Manejo de riego en Arroz Compendio de Resultados de Investigación 2003-2005. Fondo Nacional Del Arroz. Fedearroz, 100-107 p. Bogotá, Colombia. 2005.

SOSBAI. SOCIEDADE SUL BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO. Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para Sul do Brasil. Em: XXVIII Reunião técnica da cultura de arroz irrigado. 2010. Libro. 188p.

STONE, L. F. Eficiência do Uso da Água na Cultura de Arroz Irrigado. 1. ed. Santo Antonio de Goiás. Embrapa Arroz e Feijão. 2005. 48 p.

UNESCO, WWDR. Informe de las Naciones Unidas Sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo 2014. Disponible en: http://unesdoc.unesco.org/images/0022/002269/226962s.pdf

VORIES, E. D; TACKER, L. Investigating A Multiple Inlet Approach To Reduce Water Requirements For Rice Production. The Society for engineering in agricultural, food, and biological systems. Keiser, AR. N. 032014. 1-7p. (2003).

VORIES, E. D; TACKER, P. L; HOGAN, R. Multiplet Inlet Approach to Reduce Water Requirements For Rice Production. American Society Agricultural Engineers. Missouri. Vol. 21. n.4. p. 611-616 2005. Disponible em: http://naldc.nal.usda.gov/catalog/1754. Aceso: Mayo, 2012.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirnos hacer parte de los nuevos retos tecnológicos que afronta el sector Arrocero Colombiano en miras de la rentabilidad, competitividad y sostenibilidad.

A Fedearroz – Fondo Nacional del Arroz por conformar este proyecto de Asistencia Técnica Gremial, para el fortalecimiento técnico de los pequeños, medianos y grandes productores en el uso racional y eficiente del agua en el cultivo del arroz.

A los pequeños, medianos y grandes productores que han participado en la generación del conocimiento y nuevas capacidades técnicas para el manejo eficiente del agua en el cultivo de arroz.

A cada uno de los Ingenieros Agrónomos de Fedearroz – Fondo Nacional del Arroz por las contribuciones técnicas, ilustrativas y fotográficas que permitieron conformar el contenido de esta publicación.

A los productores arroceros que de manera desinteresada han permitido el desarrollo de nuestras labores profesionales en miras de la evolución de la investigación y la adopción de transferencia de tecnologia.

Terminó de imprimirse
en noviembre de 2017 en

Móni ca Vera
Diseñadora Gráfica

Bogotá, DC, Colombia
editorialmvb@gmail.com

FEDEARROZ
FONDO NACIONAL DEL ARROZ

ISBN: 078-958-58219-5-8