

# Capítulo 31. Siembra directa en el cultivo de arroz en Chile<sup>1\*</sup>

Ramón Henríquez S., Gonzalo Henríquez S., Manuel Maureira C., Víctor Salas C., Joel Aravena C., Jaime Mellado S., Christian Véliz P., María Falcón E., Verónica Retamal P.

## Siembra directa en el cultivo del arroz

### Preparación de suelo

La preparación de suelo es fundamental para un buen establecimiento del arroz. Las lluvias primaverales impiden realizar el laboreo en fecha óptima para una posterior siembra. La humedad del suelo marca el piso de entrada al predio para que la maquinaria comience sus labores. La condición ideal del suelo para ser laboreado es en estado friable, caracterizado por la facilidad para desmenuzarse.

Se subdividen una serie de labores que, para el caso del sistema de siembra directa o en seco, están determinadas por la nivelación del terreno, la que se puede realizar con niveladora multilámina y mediante micronivelación con pala láser. Con posterioridad debe realizarse el diseño predial, el trazado de curvas de nivel y la construcción de taipas, para finalizar con la construcción de drenajes.

### Nivelación del terreno

La preparación de suelos arroceros y micronivelación con pala láser es imprescindible para la siembra de arroz (Foto 1). Consiste en dejar los cuadros o cancha a cota cero, a una diferencia de altura de 5 a 10 cm. La marca o curva de nivel es donde se construye la taipa o pretil. En el sistema de siembra directa con taipa se construye, además, una taipa dentro de la cancha. Esta práctica se puede realizar principalmente en verano, otoño o primavera, resultando muy necesario volver a nivelar el suelo cada 4 años.

También existe la posibilidad de que, una vez nivelado el suelo con pala láser, en los sucesivos años se realice una micronivelación con multilámina, la cual remueve el suelo a una diferencia de altura de 1 a 2 cm. La primera pasada va en sentido de la pendiente y la segunda perpendicular a la primera.



**Foto 1.** Nivelación del terreno con pala láser.

<sup>1\*</sup> El texto de este capítulo corresponde a un extracto del 'Manual de manejos bajo el sistema de siembra directa con taipas de arroz en Chile'. Serie Estudios para la Innovación FIA. 2018. Elaborado por AGROPARRAL. Resumen autorizado para su publicación.

## Construcción de canales de avances

El sistema de siembra directa, 'sobre taipa', se realiza con la 'taipadera', que consiste en dos pasadas paralelas distanciadas entre 2,0 y 2,5 m desde la cresta de la taipa. Éstas se deben disponer en sentido de la pendiente, para facilitar el movimiento del agua. El primer canal de avance se ubica en la entrada de agua al potrero en forma transversal, mientras que los restantes se disponen, en forma paralela, a una distancia de 150 m, además de canales laterales por el contorno del potrero. De acuerdo a la superficie del potrero, existen dos modalidades de construcción de canales de avances. La primera consiste en realizar dos canales laterales: el canal de entrada de agua y el canal de salida. Cabe señalar que generalmente se utiliza para superficies pequeñas (2 a 4 ha). La segunda modalidad consiste en realizar los dos canales laterales ya nombrados, más un canal que vaya de forma diagonal en el potrero. Esta modalidad se utiliza, preferentemente, para superficies mayores a 4 ha. En el sistema de siembra directa, dentro del cuadro, los canales de avances se pueden realizar con el equipo denominado 'pejerrey' (Foto 2), a una distancia de 1 m aproximadamente. Primero se deben construir los canales laterales y, cuando la superficie es mayor a 4 ha, los canales paralelos a una distancia de 150 m.



**Foto 2.** Canal de avance realizado con el equipo 'pejerrey'.

## Trazado de curvas de nivel

El trazado de las curvas de nivel es una labor que se debe realizar con:

- a) topógrafo:** el trazado de las curvas de nivel con topógrafo se realiza con un nivel topográfico y una regla graduada. Principalmente se utiliza para las nivelaciones realizadas con el equipo multilamina o pala niveladora, que deben ser construidas a una diferencia de cota de 2 a 4 cm (taipa) y de 6 a 8 cm (pretilos), o realizadas con tracción animal o tractor.
- b) equipo láser:** el trazado de las curvas de nivel con sistema láser se utiliza para mejorar la precisión y rapidez de la construcción de éstas, manteniendo las diferencias de las cotas nombradas anteriormente. La demarcación de estas curvas se realiza con arado surcador tirado por un tractor.
- c) micronivelación pala láser:** la demarcación de las curvas de nivel se realiza en los desniveles o trazados que va dejando la propia labor de la pala láser (Foto 3). Cuando la cancha supera los 15 a 20 m de ancho, se debe realizar una 'taipa loca' por el medio de la cancha para un mejor manejo del agua.



**Foto 3.** Maquinaria para trazado de curvas a nivel.

### Construcción de taipas y pretilos

Luego del trazado de las curvas de nivel, se deben construir las tapias con el equipo denominado taipadera (Foto 4). Éste se compone de dos cuerpos: el tren delantero, conformado por una serie de discos que van de forma perpendicular al enganche de los hidráulicos del tractor -los cuales se pueden regular para un mayor abarcamiento del suelo movido-, y el segundo cuerpo, compuesto por un rolo de forma cóncava con un ancho de 1,85 m y una concavidad de 17 cm. En primera instancia, se pasa con los discos del cuerpo delantero del equipo, rastreado por sobre la curva de nivel y el rolo lleno de agua, a una velocidad de trabajo de  $4 \text{ km h}^{-1}$ , para que se produzca un buen 'acamellonado' de la taipa. Cuando el suelo está recién nivelado con equipo láser, el orden de construcción de la taipas se realiza primero sobre la curva de nivel y, posteriormente, en la cancha. Cuando supera los 15 a 20 m de ancho, se construye una taipa que se denominada 'taipa loca'. Este procedimiento se realiza ya que las regulaciones de la taipadera son distintas. Se debe ejecutar entre otoño y primavera, idealmente en otoño, con una altura ideal de la cresta para las tapias que va desde los 15 a 17 cm, para dejar que las lluvias de invierno compacten el suelo, bajándola a 12 o 13 cm, para un mejor manejo de cultivo. La altura del pretil es de 30 cm aproximadamente.



**Foto 4.** 'Taipadera' para confeccionar taipas en curvas a nivel.

## Drenaje

Las construcciones de los drenajes (surcos) se realizan en sentido de la pendiente con una zanjadora o un arado surcador. La cantidad de drenajes dependerá de la pendiente del terreno y de la superficie del potrero.

## Preparación de suelo en siembra directa o en seco

### Laboreo convencional

El laboreo convencional de suelo es el que comúnmente se utiliza en nuestro país para adoptar el sistema de siembra directa.

### Mínima labranza

Este sistema consiste en alterar lo mínimo posible la condición de suelo, con el objetivo de conservar su estructura, reducir la demanda de energía para la producción del cultivo, conservar la humedad y disminuir el arrastre de partículas de suelo y la compactación (al reducir el tráfico de maquinaria sobre el campo).

### Cero labranza

Es un sistema de preparación de suelo en el cual la semilla se coloca en la tierra sin removerla, con una profundidad de siembra que permita una adecuada germinación. Un aspecto a tener en cuenta para que este sistema sea eficiente es la realización de barbecho químico. Esta práctica se recomienda para potreros que hayan estado en descanso por un periodo de 1 año o que vengan de un cultivo de arroz. Para el caso en que el terreno provenga de rastrojo de arroz (monocultivo), queda una gran cantidad de paja sobre la superficie del suelo y éste debe ser acondicionado entre mayo y septiembre. El manejo ideal es retirar una cierta cantidad de paja del terreno (fardos). Sin embargo, esta práctica no se realiza en la zona por falta de maquinaria. A cambio, se realiza de la siguiente forma:

- a) **Esparcimiento y picado de la paja:** tiene el problema de dejar una gran cantidad de paja sobre el suelo que no se descompone durante el invierno, ello dificulta la siembra, pues los discos no cortan la paja y la semilla no es enterrada adecuadamente.
- b) **Quema de rastrojos:** los rendimientos son menores en relación a los otros sistemas.

Es necesario realizar una mayor cantidad de ensayos para perfeccionar el sistema de Cero Labranza.

### Siembra directa

El método de siembra directa, como su nombre lo indica, se basa en sembrar directamente sobre el suelo con máquina sembradora, que dosifica la semilla en la cantidad determinada y la coloca en el suelo de forma de otorgarle las condiciones para la correcta germinación y posterior implantación del cultivo (profundidad, humedad, contacto suelo semilla y distribución sobre el terreno). Además, permite la aplicación de fertilizantes y otros insumos agrícolas en una determinada dosis o cantidad por hectárea. Para el método de siembra directa se usan maquinas sembradoras en líneas o de grano fino, las cuales entregan las semillas en un flujo continuo a través de los dosificadores. Las líneas están separadas en forma equidistante (Foto 5).



**Foto 5.** Máquina sembradora en líneas, accionada por tractor para ejecutar la siembra directa de arroz.

Para la siembra directa se pueden usar 2 tipos de máquinas sembradoras:

- a) Sembradora convencional:** Para asegurar una siembra adecuada, esta sembradora requiere un cierto grado de laboreo o preparación de suelos, es decir, que el suelo se encuentre bien mullido.
- b) Sembradora de cero labranza:** Se usa en suelos que no han sido laboreados o que tienen un laboreo mínimo, incluso con algunos terrones.

### Fecha de siembra

La fecha de siembra afecta el rendimiento potencial del cultivo, por lo tanto, la época adecuada de ejecución de esta labor se debe planificar, evitando la ocurrencia de bajas temperaturas durante la fase reproductiva del cultivo; es decir, haciendo coincidir esta fase con el periodo de mayor radiación solar. Además, bajo condiciones ideales de radiación solar, la fertilización nitrogenada posee una mayor eficiencia y, por ende, es posible obtener una alta productividad del cultivo. Las fechas de siembra ideales para siembra directa son las efectuadas entre el 20 de septiembre y el 15 de octubre, considerando que, bajo condiciones edafoclimáticas adecuadas, la emergencia de la semilla demorará entre 10 y 15 d. Para lograr lo anterior y sembrar en las fechas ideales, lo fundamental es mantener un drenaje adecuado del terreno (ocurrencia de lluvias a fines de invierno y primaverales), con la finalidad de mantener las condiciones de humedad necesarias (consistencia de suelo friable) y permitir el ingreso de la maquinaria agrícola para efectuar la preparación de suelos, aplicación de herbicidas y entrada de máquina sembradora al predio.

### Profundidad de siembra

La profundidad de siembra determinará la población del cultivo, es decir, las plantas  $m^{-2}$ , lo que corresponde al primer componente de rendimiento en el cultivo de arroz. La profundidad de siembra adecuada es de 2 a 3 cm, con lo que se asegura una rápida absorción de agua por parte de la semilla y contacto con el suelo, con la finalidad de obtener una rápida y adecuada germinación. La profundidad de siembra se regula a través de los limitadores de profundidad que poseen las sembradoras.

## Tipo de semilla

Referente al tipo de semilla a utilizar, lo recomendable es usar semilla certificada en la mayor parte de la superficie, ya que, entre otras, su uso posee las siguientes ventajas: certificación de la variedad, pureza varietal, semillas libres de malezas, impurezas, mayor vigor y poder germinativo, alto potencial de rendimiento y uso de menores dosis de semilla por hectárea.

## Dosis de semilla

La dosis de semilla que se utiliza normalmente en el sistema pregerminado, va desde los 150 kg ha<sup>-1</sup> o más para siembras al voleo manual, llegando, incluso, a usar hasta 200 kg ha<sup>-1</sup> en algunos casos. Mientras tanto, en siembras por avión se usan dosis que van desde los 120 hasta los 140 kg ha<sup>-1</sup> (Alvarado y Hernaíz, 2007). En el caso del sistema de siembra directa, de acuerdo a lo evaluado en nuestro país, se deben usar dosis de semilla que oscilan entre 130 y 145 kg ha<sup>-1</sup>. La dosis está relacionada con la variedad (tamaño y peso de semilla), calidad de la semilla y condiciones edafoclimáticas.

El cálculo de la dosis de semilla adecuada se puede realizar a través de la siguiente fórmula (INTA, 2018).

$$\text{Dosis de semilla (kg ha}^{-1}\text{)} = \frac{\text{PMG} \times \text{pl m}^{-2} \times 10.000}{\% \text{ P} \times \% \text{ PG} \times \% \text{ Logro}}$$

Dónde:

PMG = Peso de 1.000 granos (g).

pl m<sup>-2</sup> = plantas m<sup>-2</sup>.

10.000 = Factor para conversión de unidades.

% P = Porcentaje de pureza.

% PG = Poder germinativo.

% Logro = Porcentaje de plantas que pueden ser parte del rendimiento (población final).

Cabe mencionar que tanto el porcentaje de pureza (% P) y poder germinativo (% PG), para el caso de 'semillas certificadas' pueden ser extraídos desde el certificado final, otorgado por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), el cual debe ser entregado al momento de la compra de la semilla.

Ejemplo de cálculo de dosis de semilla:

Datos:

PMG = 35 g (peso 1.000 granos paddy variedad 'Cuarzo-INIA').

pl m<sup>-2</sup> = 275 plantas m<sup>-2</sup>.

10.000 = Factor para conversión de unidades.

% P = 99,1 %.

% PG = 90,0 %.

% Logro = 80,0 %.

Desarrollo:

$$\text{Dosis de semilla (kg ha}^{-1}\text{)} = \frac{\text{PMG} \times \text{pl m}^{-2} \times 10.000}{\% \text{ P} \times \% \text{ PG} \times \% \text{ Logro}}$$

$$\text{Dosis de semilla (kg ha}^{-1}\text{)} = \frac{35 \times 275 \times 10.000}{99,1 \times 90 \times 80}$$

Dosis de Semilla = 135 kg ha<sup>-1</sup>

## Fertilización

Por años la fertilización se ha realizado en forma manual (a caballo y a pie), avión y con trompo abonador, pero siempre en dos parcializaciones. La primera para la aplicación de fósforo, potasio y parte del nitrógeno, debiendo incorporarse en el último rastraje antes de siembra, lo que trae como resultado la pérdida de nutrientes, especialmente de nitrógeno por volatilización, desnitrificación y lixiviación. La segunda aplicación, principalmente de nitrógeno, se realiza cuando la planta está en plena macolla, entre los 40 y 50 d después de siembra, lo que puede traer como consecuencias las aplicaciones tardías, esto es, cuando las plantas ya definieron el número de macollas, o bien, la aplicación del fertilizante sobre la lámina de agua, disminuyendo la eficiencia de utilización del nitrógeno por la planta.

## Análisis de suelo

El análisis de suelo es una herramienta fundamental para evaluar la fertilidad del suelo que se debe repetir, al menos, cada tres cultivos en el mismo potrero. Para ello, es de fundamental importancia que el muestreo del suelo esté bien realizado, a fin de que los resultados sean representativos del potrero.

## Encalado

Los suelos ácidos requieren el agregado de Ca y Mg para mejorar su pH y la disponibilidad de estos nutrientes, con lo que mejoran, de forma indirecta, la capacidad de intercambio catiónico (CIC). El suelo es más fértil cuanto mayor es la CIC. Cuando el suelo se inunda, algunos nutrientes sufren variaciones en sus propiedades químicas (pasan del estado oxidado al reducido). El cambio es mayor cuando más sea la cantidad de materia orgánica sin descomponer en el suelo, y cuanto mayor sea el tiempo de anegamiento transcurrido (INTA, 2008).

En siembra directa, la inundación se realiza entorno a los 30 d después de siembra, cuando el arroz posee de 2 a 3 hojas. Por lo tanto, las condiciones más adecuadas de pH de suelo se producen después de inundación. Esta práctica utiliza productos que actúan como agentes de corrección de la acidez del suelo, como fuentes de calcio y magnesio para las plantas, siendo el más usado el carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>). La necesidad de realizar el encalado y la dosis a utilizar, serán dadas por el análisis de suelo realizado. La época de aplicación recomendada es durante el otoño (4 a 5 meses antes de siembra).

## Nitrógeno

El nitrógeno es el nutriente que más limita la producción de arroz, ya que afecta todos los pará-

metros que contribuyen al rendimiento. El N es requerido durante todo el periodo de crecimiento, pero la mayor demanda se presenta entre el inicio y mediados del macollamiento, y al inicio de la diferenciación del primordio floral (Guía de buenas prácticas agrícolas para el cultivo de arroz en Corrientes (INTA, 2008).

La dosis recomendada de nitrógeno es de 90 a 120 kg ha<sup>-1</sup>. Para su aplicación se ha comprobado que, en siembra directa, debe realizarse en tres parcialidades:

- a) **Primera parcialidad:** a la siembra, donde se debe aplicar entre un 5 % y un 10 % del nitrógeno total. La aplicación puede ser con sembradora.
- b) **Segunda parcialidad:** al inicio de macolla (alrededor de 30 d después de siembra), momento en que se aplica un 60 % a 70 % del nitrógeno total. Debe realizarse en suelo seco con plantas de arroz de 2 a 3 hojas para, luego de la aplicación, no esperar más de tres d para inundar (mantener una lámina de agua permanente para evitar pérdidas de nitrógeno). De esta manera, el N aplicado con el fertilizante reduce pérdidas (volatilización y desnitrificación) y el agua solubiliza e infiltra la urea hasta la zona radicular, poniendo el N en la solución del suelo para su uso por la planta y bajo condiciones estables (Guía de buenas prácticas agrícolas para el cultivo de arroz en Corrientes (INTA, 2008).

La aplicación en suelo seco aumenta el porcentaje de absorción por la planta en un 70 %, en suelo barroso baja a un 38 % y en agua a un 31 % (comunicación personal, asesores FLAR). La cantidad de nitrógeno aplicado, sumando ambas parcializaciones, oscila entre 65 % y 80 % del nitrógeno total. La aplicación es al voleo con trompo abonador o en forma manual.

- c) **Tercera parcialidad:** a inicio de panícula, con el 20 % a 35 % del nitrógeno restante. La aplicación es manual, al voleo y sobre la lámina de agua.

## Fósforo

Sus principales funciones son el transporte, almacenamiento de energía y el mantenimiento de la integridad de la membrana celular de los tejidos de la planta. El P es móvil dentro de la planta, ya que se absorbe y se mueve hacia las hojas jóvenes en crecimiento. Promueve el macollamiento, el desarrollo de la raíz, la floración temprana y la maduración. El P es particularmente importante en las primeras fases de crecimiento y la dosis es de 60 kg ha<sup>-1</sup>, la cual debe aplicarse toda a la siembra con sembradora, al voleo, o con trompo abonador, antes de la siembra (sobre el suelo o incorporada con la última labor de preparación de suelo), dependiendo del método de siembra a utilizar.

## Potasio

El potasio (K) es esencial para que ocurran normalmente diversos procesos en la planta. Entre éstos se puede mencionar que regula la transpiración por los estomas; transporta asimilados (producto de la fotosíntesis) hacia el grano; fortalece las paredes celulares; incrementa el área foliar y el contenido de clorofila; retrasa la senescencia; y aumenta el número de granos por panícula. La dosis de potasio para el cultivo del arroz es entre 60 y 80 kg ha<sup>-1</sup>. Las aplicaciones de potasio se pueden realizar con la sembradora o al voleo con trompo abonador o manual, antes de siembra o después de siembra hasta antes de inundación.

## Control de malezas

El control de malezas en el cultivo de arroz en Chile es el factor de producción más importante, ya que limita los rendimientos.



## Métodos de control

El sistema de siembra en Chile se basa, mayoritariamente, en el sistema pre germinado, donde el control de malezas se efectúa en post-emergencia, por lo general con alta presión de malezas presentes que son controladas con 1 o 2 aplicaciones de herbicidas. Hay un gran número de malezas que se escapan del control de estas aplicaciones debido a:

- Al momento del control, existen malezas adultas y otras que aún no han germinado.
- A la existencia de estructuras de malezas que se propagan vegetativamente (estolones, bulbos y rizomas).
- A la falta de control de malezas sobre los pretilos.
- A la resistencia de ciertos ecotipos a determinados herbicidas.
- A la cama de semillas que existe en el suelo, la cual aumenta cada temporada.

Considerando que el sistema de siembra directa ha ido aumentando su área cultivada, se puede realizar un control integrado de malezas o usar estrategias de manejo de control como:

**Control cultural:** El cual corresponde a un conjunto de acciones, que contribuyen a un mejor control de malezas, entre las cuales se pueden mencionar:

- El uso de semillas de arroz libres de malezas.
- La siembra directa con cero labranza, donde la siembra se realiza sobre rastrojo o en suelos con un año de descanso, y uno o más barbechos. La aparición de malezas se reduce, debido a que el suelo no es invertido, y las semillas viables permanecen en la profundidad.
- La siembra directa con mínima labranza, donde la preparación de suelo se realiza en otoño, lo que estimula la germinación de malezas que, posteriormente, son controladas con sucesivos barbechos químicos y herbicidas pre emergentes.
- La prevención de la entrada de semillas de malezas al predio con trampas de semillas en canales de regadío, limpieza de equipos agrícolas y canales de riego, rotación de cultivos y evitando agua de riego en suelos en descanso para que no se desarrollen malezas.
- La siembra de toda el área (siembra sobre taipa), para impedir el desarrollo de malezas en superficies no cultivadas (sobre los pretilos).
- El control mecánico mediante la labranza del suelo antes de la siembra con rastra o rotofresa. Teniendo especial cuidado con las malezas que se propagan vegetativamente (rizomas, estolones, bulbos), pues este método en vez de controlarlas, contribuye a su propagación.
- La presencia de lámina de agua controla las malezas aeróbicas.

**Control químico:** El cual se realiza en pre-siembra o barbecho químico, pre emergencia ('punto de aguja') y post-emergencia con herbicidas. Este método es el más utilizado debido a que, si se usa de acuerdo al estado del cultivo, al tipo de malezas, y bajo las recomendaciones técnicas, es altamente eficiente.

En el sistema pre germinado, las aplicaciones se realizan principalmente:

- En forma manual con bomba de espalda.
- Con avión, lo que puede producir deriva del producto.
- En menor escala, con pulverizadora acoplada a un tractor con rueda lenteja u hortalicera.

- Con drones, nueva técnica en uso creciente.
- En la siembra directa se puede obtener un mejor control de malezas por la posibilidad de realizar mejores aplicaciones con el equipo pulverizador conectado al tractor (volumen de agua y cobertura) en los primeros estadios del cultivo.



**Foto 6.** Tractor con rueda de lenteja para aplicaciones de herbicidas en arroz.

## Métodos de aplicación

### Pre-siembra o barbecho químico

Estas aplicaciones se realizan antes de la siembra, en los sistemas de siembra directa con o sin labranza, en otoño, invierno y/o comienzos de primavera. Los ingredientes activos utilizados se presentan en el Cuadro 1.

**Cuadro 1.** Herbicidas utilizados en pre siembra o barbecho químico.

Ingrediente activo	Nombre común	Dosis (L ha <sup>-1</sup> )	Observaciones
glifosato	Roundup 48 %, Rango 480, Roundup Ultramax, Rango 75 WG, Rango Full, Roundup Full II, Touchdown IQ, Contador, Panzer Gold, Orion 48 L	2 - 6	Realizar el control con malezas de 2 a 4 hojas.  Utilizar agua limpia.
En mezcla			
2,4 D	Esteron Ten Ten	0,4 - 0,5	-
gluroxipir-meptil	Starane Xtra	0,4 - 0,5	-
saflufenacil	Heat	50 - 80 g	-
MCPA	MCPA, U-46 M-fluid	0,4 - 1,0	Con algunos glifosatos hay incompatibilidad.

### Recomendaciones

La dosis de glifosato va a depender del desarrollo de la maleza, densidad y tipo de malezas presentes. Se debe aplicar la dosis más alta con malezas adultas, con cubrimiento total del suelo y en presencia de malezas con órganos de reserva (rizomas, pivotantes, bulbos y otras). Mantener el suelo libre de malezas antes de siembra. Control de malezas de 2 a 4 hojas, es decir, en sus pri-

meros estados de desarrollo. Si el suelo se encuentra saturado o húmedo, impide el ingreso de tractor con la pulverizadora, por lo cual la aplicación se puede hacer con bomba de espalda o con drones. Es posible hacer más de una aplicación, dependiendo de la presencia de malezas.

## Pre-emergencia

Los herbicidas de pre-emergencia se aplican inmediatamente después de la siembra de arroz o, como máximo, hasta antes de la aparición de las plántulas (‘punto de aguja’). Los ingredientes activos utilizados se presentan en el Cuadro 2.

- a) **Clomazone:** produce albinismo (blaqueamiento de la hoja) en mayor porcentaje cuando hay sobredosis de producto, traslape y en aplicaciones en punto de aguja o directas a la hoja de arroz, pero no afecta el rendimiento. Una vez aplicado, tiene mayor persistencia en un suelo que se encuentra seco, pero lo ideal es realizar un riego para su incorporación y activación del ingrediente activo. Controla hualcacho con 1 a 2 hojas.
- b) **Pendimetalina:** una vez aplicada necesita un riego inmediato para su incorporación. Esto no puede demorar más de 2 d, ya que pierde efectividad.

**Cuadro 2.** Herbicidas utilizados en pre emergencia.

Ingrediente activo	Nombre común	Dosis (L ha <sup>-1</sup> )	Observaciones
clomazone	Command, Dakota.	0,5 - 0,8	En suelos arenosos las dosis son menores. En suelos arcillosos son mayores.
pendimetalina	Espada, Spectro, Herbadox.	3,0	Utilizar un 12 % menos de Herbadox.
En mezcla			
glifosato	Varios	1,5 - 3	Aplicación hasta punto de aguja.

## Recomendaciones

Lo ideal es realizar todas las aplicaciones de herbicidas antes de la emergencia del arroz, para que los productos químicos no mojen su follaje. Clomazone y pendimetalina se pueden utilizar inmediatamente después de siembra, hasta el desarrollo de la planta con 3 a 5 hojas. La aplicación del pre emergente debe realizarse en punto de aguja en mezcla con glifosato, cuando ya han transcurrido 10 a 20 d después de siembra. Con esto se logra un mayor tiempo de cobertura de control de malezas. Es de gran importancia el monitoreo constante de la siembra, para realizar la aplicación de los herbicidas en punto de aguja, pasada esta etapa, no se puede aplicar glifosato. Al realizar la preparación de suelo en otoño y no hacer ningún movimiento de suelo en primavera, después de siembra se riega a los 7 a 12 d por lo que existiría piso para la pulverizadora. En cambio, en suelos labrados en primavera, se riega a los 15 a 20 d. El suelo debe encontrarse mullido, sin terrones, para una mejor cobertura y uniformidad de aplicación del producto sobre el suelo.

## Post-emergencia

Se refiere a la aplicación después de la emergencia del arroz y las malezas. Debido a la alta cantidad de semillas de malezas que tienen distintas épocas de germinación, en algunas ocasiones no basta realizar barbechos químicos y controles de malezas en pre emergencia. Existen infestaciones más tardías, unos

días antes de inundación (arroz con 2 a 3 hojas) o después de la inundación. Para el control, después de inundar se puede utilizar la pulverizadora de barra con tractor (con rueda lenteja u hortalicera) (Foto 7). Queda como opción el uso de pulverizadora de espalda o avioneta (costo mayor, pero la aplicación es más homogénea), y actualmente los drones. Los ingredientes activos utilizados se listan en los Cuadros 3 a 7.

**Cuadro 3.** Control 1 de malezas de arroz.

Producto	Ingrediente activo	Dosis (L ha <sup>-1</sup> )	Época
Varios	glifosato	2 - 6	Pre siembra
En mezcla			
2,4 D	esteron Ten Ten	0,4 - 0,5	Pre siembra
Heat	saflufenacil	50 - 80 g	Pre siembra
MCPA, U-46 M-fluid	MCPA	0,4 - 1,0	Pre siembra

**Cuadro 4.** Control 2 de malezas de arroz.

Alternativas	Producto comercial	Ingrediente activo	Dosis (L ha <sup>-1</sup> )	Época
A	Command, Dakota	clomazone	0,5 - 0,8	Pre-emergencia hasta punta de aguja
	Varios	glifosato	1,5 - 3,0	
B	Espada, Spectro	pendimetalina	3,0	Pre-emergencia hasta punta de aguja
	Varios	glifosato	1,5 - 3,0	
C	Herbadox	pendimetalina	2,5	Pre-emergencia hasta punta de aguja
	Varios	glifosato	1,5 - 3,0	
D	Command, Dakota	clomazone	0,5 - 0,8	Post-emergencia hasta arroz con 2 a 3 hojas
	Post emergentes	Varios	Control 3	
E	Espada, Spectro	pendimetalina	3,0	Post-emergencia hasta arroz con 2 a 3 hojas
	Post emergentes	Varios	Control 3	



**Foto 7.** Tractor de ruedas altas con pulverizadora aplicando herbicida.



**Foto 8.** Arroz después de aplicado el herbicida post-emergente.

**Cuadro 5.** Control post-emergencia de malezas en arroz.

Ingrediente Activo	Producto comercial	Sólo (dosis ha <sup>-1</sup> )	Mezcla (dosis ha <sup>-1</sup> )	Época
rinskor	Loyant	1,2	1,2 L	Post-emergencia hasta finales de macolla en arroz (45 a 50 d después de siembra). Con malezas de 2 a 4 hojas.
Mezcla				
triclopyr	Garlon	-	0,5 - 0,75 L	
quinclorac	Exocet	1,5 - 2,0 L	0,8 - 1,0 L	
	Facet	1,5 - 2,0 L	1,0 - 1,2 L	
Mezcla				
penoxsulan	Ricer	-	140 - 150 mL	
cyhalofop – butilo	Clincher	-	1 - 2 L	
bentazone	Bentax – Basagran	-	1,0 - 1,5 L	
MCPA	MCPA	-	100 - 300 mL	
triclopyr	Garlon	-	0,5 - 0,75	
cyhalofop	Clincher	1,5 - 2,5 L	1,0 - 1,2 L	
Mezcla				
quinclorac	Exocet	-	1 L	
quinclorac	Facet	-	1,0 - 1,2 L	
penoxsulan	Ricer	-	140 - 150 mL	
bentazone	Bentax - Basagran	-	1,0 - 1,5 L	
triclopyr	Garlon	-	0,5 - 0,75 L	
penoxsulan	Ricer	200 - 230 mL	140 - 150 mL	
Mezcla				
quinclorac	Exocet	-	0,8 - 1,0 L	
quinclorac	Facet	-	1,0 - 1,2 L	
cyhalofop – butilo	Clincher	-	1,0 - 2 L	
bentazone	Bentax- Basagran	-	1,0 - 1,5 L	
MCPA	MCPA	-	100 - 300 mL	
triclopyr	Garlon	-	0,5 - 0,75 L	

**Cuadro 6.** Control de hualtata, cortadera y pasto cabezón.

Ingrediente Activo	Producto	Solo (dosis ha <sup>-1</sup> )	Mezcla (dosis ha <sup>-1</sup> )	Época
MCPA	MCPA	0,4 - 1,3 L	0,3 - 0,7 L	Post-emergencia hasta finales de macolla en arroz (45 a 50 d después de siembra). Con malezas de 2 a 4 hojas. MCPA aplicar desde inicio a fin de macolla. Garlon y Bentazone desde 2 hojas a fin de macolla.
Mezcla				
triclopyr	Garlon	-	0,5 - 0,75 L	
bentazone	Bentax - Basagrán	-	1,0 - 1,5 L	
triclopyr	Garlon	0,5 - 0,75 L	0,5 - 0,75 L	
Mezcla				
bentazone	Bentax - Basagrán	-	1,0 - 1,5 L	
MCPA	MCPA	-	0,3 - 0,7 L	

**Cuadro 7.** Resumen control de malezas recomendado para siembra directa.

	Control 1	Control 2		Control 3
Producto	Varios (Roundup, Rango, etc.)	Espada (1), Spectro (1), Herbadox (1) o Command (2)	Varios (Roundup, Rango, etc.)	Varios (Loyant, Ricer, Bentax, Basagrán, Clincher, Facet, Exocet, Garlon y MCPA).
Ingrediente activo	glifosato	pendimethalin (1) o clomazone (2)	Glifosato	Rinskor, Penoxsulan, Bentazon, cyhalofop-butyl, quinclorac, Triclopyr y MCPA.
Dosis	2 - 6 L ha <sup>-1</sup>	2,5 a 3,0 L ha <sup>-1</sup> (1) 0,5 a 0,8 L ha <sup>-1</sup> (2)	1,5 - 3,0 L ha <sup>-1</sup>	De acuerdo al producto utilizado.
Época	Pre siembra	Pre emergencia hasta punta de aguja.		Post-emergencia.

**Recomendaciones.** Realizar las aplicaciones en suelo barroso o con lámina de agua (no en suelo seco ya que produce pérdida de efectividad de los herbicidas). Una vez inundado, realizar un monitoreo permanente de la presencia de malezas para tomar las medidas correctivas. Después de inundado el arroz, se debe realizar el control de malezas con 1 a 2 hojas y no esperar a que se desarrollen, es decir que sobrepasen la altura del arroz. Se pone énfasis en este punto, ya que los agricultores no realizan adecuadamente esta labor, por lo que deben utilizar altas dosis de producto químico, el que cae sobre las hojas de arroz afectando directamente su rendimiento.

## Manejo del riego

### Aspectos generales

El cultivo de arroz, sembrado bajo el sistema pre germinado, se mantiene inundado o con lámina de agua desde antes de siembra (llenado de cuadros) hasta las etapas de floración a grano lechoso, dependiendo de la capacidad de retención de humedad del suelo. Lo anterior involucra la utilización de grandes volúmenes de agua, lo que puede incluso superar los 1,6 L s<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup> (Her-

naíz y Alvarado, 2007). El sistema de siembra directa permite ahorrar sobre un 20 % de agua con respecto al sistema pre germinado, dado que a los menos en los primeros 25 a 30 d después de siembra no se inunda el terreno, sino que sólo se efectúan riegos o ´mojamientos` para ayudar a la germinación de la semillas y posterior emergencia de las plantas (2 o 3 riegos dependiendo del tipo de suelo y condiciones climáticas de cada temporada), además de permitir manejar menores niveles de agua.

## Fuentes de aguas

Las comunas de Parral, Retiro y Ñiquén (principales comunas arroceras del país) utilizan como fuente de riego, en su mayoría, aguas superficiales y corrientes provenientes del sistema de riego Digua. Esta organización utiliza los excedentes de los ríos Longaví, Perquilauquén y Cato, y los acumula en el Embalse Digua que posee una capacidad de 225.000.000 m<sup>3</sup>, considerando, además, la capacidad total del sistema de 400.579.000 m<sup>3</sup> (85 % seguridad riego). Este sistema se compone de 31.850 acciones (12.577 m<sup>3</sup> por acción), de las cuales 27.314 corresponden al área Parral (Retiro-Parral) y 4.536 acciones al área Ñiquén (Fuente: [www.embalsedigua.cl](http://www.embalsedigua.cl)). Otra fuente de riego utilizada, y no menos importante, son las aguas subterráneas extraídas desde acuíferos mediante elevación mecánica (bombas sumergibles, electrobombas o motobombas) desde captaciones del tipo pozo profundo, dren o zanja.

## Diseño predial

Para el manejo del riego del cultivo de arroz sembrado bajo sistema de siembra directa, lo ideal es diseñar el predio y/o potrero pensando en las entradas y salidas de agua (Parada et al., 2013). De esta manera, se debe considerar la construcción de los siguientes elementos del diseño predial.

## Canales de avance

Permiten ingresar de forma rápida y uniforme el agua a la cancha o cuadros. Esto es fundamental al momento de efectuar los ´mojamientos`, inundación definitiva del cultivo u otras prácticas que requieran manejar los niveles de agua, como el control de malezas (Foto 9).



**Foto 9.** Canales de avance.

## Drenajes

Permiten extraer rápidamente el agua (desaguar) desde los cuadros o cancha, luego de realizar los riegos previos a la inundación del cultivo. Además, mantienen el suelo en condiciones adecuadas de humedad después de las precipitaciones de invierno y principios de primavera, para facilitar el establecimiento de la siembra y las labores posteriores de manejo del cultivo.

## Primer riego

El primer riego se debe realizar inmediatamente después de la siembra o cuando las condiciones de humedad del terreno no sean las adecuadas para la correcta germinación de las semillas. Esto se podría comprobar a través de la revisión visual y al tacto del suelo. El riego se efectúa aplicando una lámina de agua que permita llegar a, lo menos, al doble de la profundidad de siembra. Respecto al tiempo de riego, se debe asegurar de mantener el terreno inundado alrededor de 2 d, para asegurar que la semilla se embeba y ocurra una germinación uniforme. Terminado el riego, se deben drenar los excesos de agua para evitar que existan pérdidas de semillas por exceso de humedad ya que, bajo condiciones de anegamiento, se tiende a afectar el embrión por falta de oxígeno, tanto al impedir la entrada de aire, como al quedar el agua atrapada entre los tejidos de la semilla durante el proceso de imbibición. De esta manera, la semilla no puede germinar o, si logra emerger la radícula, la plántula de arroz se verá afectada y disminuirá el número de plantas establecidas por unidad de superficie.

## Segundo y tercer riego

El segundo riego se debe efectuar dependiendo de la emergencia de las plantas y del contenido de humedad del suelo. Como parámetro, se pueden utilizar los siguientes criterios para determinar el momento de su ejecución:

- Estado de desarrollo de 'punto de aguja'.
- Momento de aplicación de herbicidas pre emergentes (por ejemplo, ingredientes activos pendimetalina y clomazone).
- Encostramiento de la superficie del terreno y suelo seco alrededor de las semillas o plantas.

El tercer riego se efectúa en caso que las condiciones de humedad de suelo no sean las suficientes para asegurar un buen establecimiento de las plantas. Si durante la primavera ocurren precipitaciones por sobre 20 mm después de sembrado el arroz, se ahorra un riego.

## Inundación del cultivo

La inundación del arrozal se debe realizar cuando el cultivo presente de 2 a 3 hojas (Foto 10), estado de desarrollo en el cual también se debe efectuar la aplicación del nitrógeno y evaluar el control de malezas post-emergentes. La inundación se debe realizar inmediatamente después de estos manejos, para evitar las pérdidas de nutrientes y mejorar la eficiencia de los herbicidas aplicados. La inundación se efectúa a un cuarto de altura de la planta. Luego, el manejo del agua se hará de acuerdo al crecimiento de las plantas, considerando la protección del punto o base de crecimiento de la panícula, de acuerdo al desarrollo del cultivo. La regla general es inundar, aproximadamente, a los 30 d después de siembra, momento en el cual las plantas se encuentran en el estado de desarrollo de 2 a 3 hojas. En todo caso, ello dependerá de que se haya sembrado con condiciones adecuadas de humedad y temperatura.





**Foto 10.** Inundación del arroz bajo siembra directa, con 2 a 3 hojas de desarrollo.

### Niveles de agua

El nivel de agua o de humedad en el suelo es esencial para mantener un adecuado manejo de la fertilización y control de malezas. En el sistema de siembra pre germinado, el cultivo está permanentemente con agua, incluso desde 5 a 15 d antes de siembra, hasta el estado de grano lechoso o pastoso (120 a 130 d después de siembra). De esta manera, el cultivo se encuentra inundado entre 125 a 145 d (Cuadro 8).

**Cuadro 8.** Niveles ideales de agua utilizados en sistema pregerminado.

Niveles de agua (cm)	Estado de desarrollo	Días después siembra
5 a 10	Siembra – Inicio de panícula	0 – 60
10 a 20	Inicio de panícula – Floración	60 – 100
20	Floración – Grano pastoso	100 – 130

En el caso del sistema de siembra directa (dentro del cuadro o sobre taipa), lo normal es que se realicen hasta 2 riegos antes de la inundación del cultivo, manteniendo el cultivo inundado entre 15 a 20 d después de floración. El corte del agua se realiza cuando el grano de arroz se encuentra con consistencia lechosa a pastosa, dependiendo del tipo del suelo. Respecto a los niveles ideales de agua que se deben utilizar en este sistema, éstos se presentan en el Cuadro 9.

**Cuadro 9.** Niveles ideales de agua utilizados en sistema de siembra directa (sobre taipa y dentro del cuadro).

Sector	Niveles de agua (cm)	Estado desarrollo	Días después siembra
Cancha	6 a 10	Inicio macolla (30 d después de siembra) – Grano pastoso.	30 - 130
Préstamo	12 a 16		
Taipa	0 (saturado)		

## Requerimientos de agua del cultivo

Existe una gran diferencia en cuanto a los requerimientos hídricos del cultivo de arroz de acuerdo al sistema de siembra que se utilice. La siembra directa (dentro del cuadro y sobre taipa) permite utilizar menores caudales y, por lo tanto, un menor consumo de agua por parte del cultivo con respecto al sistema de siembra pre germinado.

Durante la temporada 2017-2018, la consultora Agro-Parral efectuó la cuantificación del consumo de agua en el cultivo de arroz en ambos sistemas de siembra, mediante la instalación de caudalímetros en los predios de productores que regaron con aguas subterráneas elevadas de forma mecánica. Los resultados preliminares del consumo de agua, fueron: siembra directa sobre taipa  $11.794 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  y siembra pre germinado  $20.055 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ .

## Cosecha

### Aspectos generales

La cosecha es la última labor que se realiza en el proceso productivo del cultivo del arroz, antes de trasladar el producto a los distintos puntos de compra. En la programación de la cosecha hay diferentes factores que se deben tener presentes antes de su inicio: fecha de corte de agua, humedad del grano, humedad del suelo, disponibilidad de máquinas cosechadoras, su regulación y velocidad de trabajo, y el transporte hacia el poder comprador. Es necesario realizar una cosecha de forma rápida y fácil para evitar las pérdidas, y obtener granos de arroz de buena calidad para su posterior elaboración. Es importante comprometer y tener contratado el servicio de cosecha, ya que la demanda por conseguir los servicios de una cosechadora es alta, especialmente porque éstas brindan también servicios al sector maicero. Uno de los componentes mecánicos que se debería incorporar en todas las cosechadoras, es el picado y esparcimiento de la paja para un mejor manejo de rastrojos.



**Foto 11.** Máquina cosechadora pasando sobre las taipas.

## Fecha de corte de agua

La fecha de corte de agua coincide con el estado de grano lechoso del arroz. Esto ocurre, aproximadamente, a los 120 d desde la emergencia. Una vez cortada el agua, se debe dejar que se consuma de forma natural. De esta forma se llegará a cosecha con un piso en condiciones, para que las máquinas cosechadoras trabajen eficientemente.

## Humedad del suelo a cosecha

Se debe realizar una cosecha con suelos secos, para que la automotriz no se entierre. Cuando los suelos están saturados de agua, la automotriz y el carro cerealero o `catango` se entierran y dejan huellas profundas de 20 a 50 cm. En esos casos, la fuerza producida por la automotriz se destina a la tracción de las ruedas más que a la cosecha del grano. Además, al dejar las huellas en los potreros, necesariamente después deben efectuarse trabajos de nivelación y movimiento de suelos, lo que encarece los costos de producción.

## Humedad del grano

Es importante monitorear la humedad del grano antes y al momento de la cosecha, ya que lo ideal es trillar con una humedad del grano de entre 18 % y 20 %. Ello minimiza las pérdidas de cosecha y aumenta el rendimiento industrial. Menores humedades incrementan el peligro del acame o de desgrane. La humedad del grano se mide con el humidímetro para decidir el inicio de cosecha.

## Hora de inicio de cosecha

Para iniciar la cosecha, se evita el rocío de la mañana. El término de la hora de la cosecha dependerá de las condiciones climáticas del día, por ejemplo, ante el inicio del rocío. Una manera práctica para saber cuándo detener la cosecha, consiste en revisar la automotriz. Si ésta va dejando panículas sin trillar, se detiene la cosecha para evitar pérdidas.

## Regulación y velocidad de trabajo de una cosechadora

Si bien el productor de arroz no tiene injerencia sobre la regulación de la cosechadora, debe conocer el procedimiento, ya que es una instancia de pérdidas de grano. Así, puede supervisar la cosecha, detectar los problemas tempranamente y solicitar los cambios pertinentes. Es importante controlar la velocidad de trabajo que debe oscilar entre 3 y 4 km h<sup>-1</sup>. Al trabajar a mayores velocidades, la máquina resta potencia a todos los elementos mecánicos de corte, trilla y selección de granos, lo que provoca un aumento en la pérdida de granos.

## Evaluación de pérdidas en cosecha

### Pérdidas en precosecha o naturales

Las pérdidas en precosecha se producen de forma natural, por factores climáticos y/o volcamiento del cultivo. Una pérdida eventual debe evaluarse con anticipación, según el siguiente método de evaluación.

Procedimiento de evaluación de pérdida en pre cosecha:

- Elegir un sector del potrero homogéneo y representativo del cultivo.
- Lanzar el aro sobre el potrero cuatro veces (representa 1 m<sup>2</sup>) y recolectar los granos, panojas sueltas y todas aquellas que no estén a la altura de corte del cabezal, para luego desgranarlas.

- Recolectar los granos dentro del recipiente.
- Mezclar las cuatro mediciones dentro del recipiente y pesarlas.

Basados en este procedimiento, se ha estimado que pérdidas a la cosecha de 285 granos  $m^{-2}$  pueden equivaler a 100 kg  $ha^{-1}$ .

### **Pérdidas en la cosecha**

La medición de pérdidas en la cosecha es importante y no todos los agricultores la evalúan. Ello permite determinar si la cosechadora está bien regulada y en condiciones de prestar el servicio. Además, permite detectar dónde se producen las pérdidas, para hacer los ajustes y regulaciones. Para la evaluación de posibles pérdidas de la cosecha del cabezal (sección de corte) y de la sección de trilla, se utilizan los mismos materiales ya descritos y bajo la siguiente metodología.

- Elegir un sector del potrero homogéneo y representativo de la siembra.
- Lanzar el aro cuatro veces y recolectar los granos y panojas sueltos.
- Recolectar los granos dentro del recipiente.
- Juntar las cuatro mediciones dentro del recipiente y pesarlas.

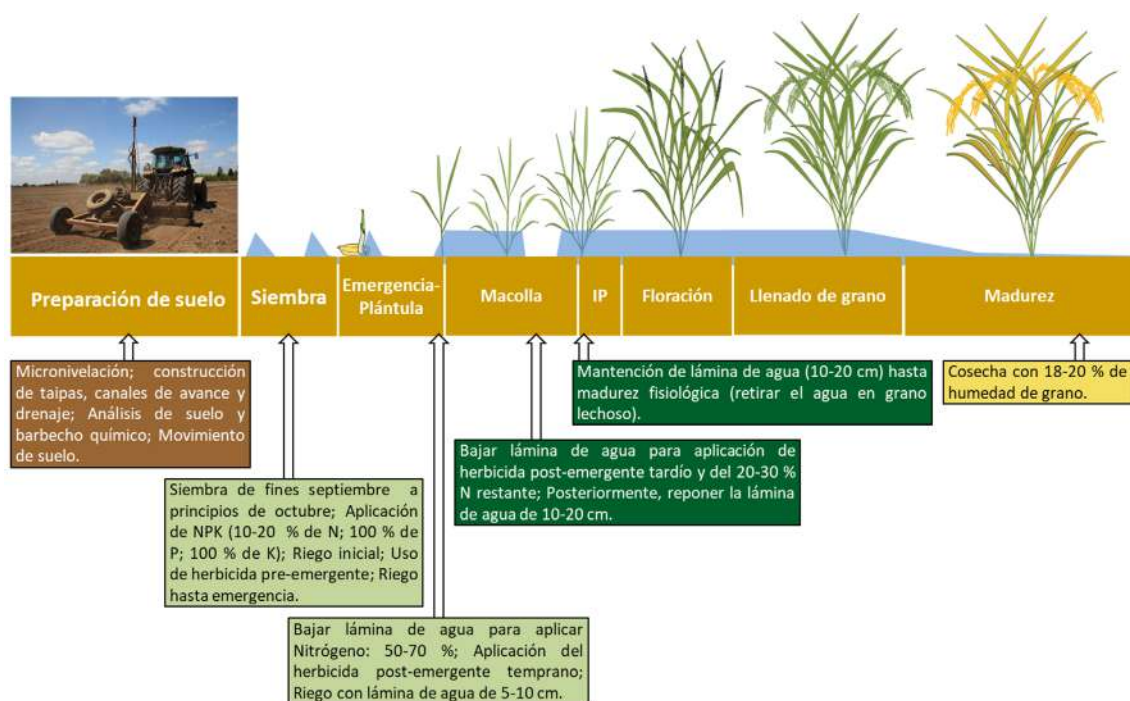
Las pérdidas de cosecha se estiman con la relación antes mencionada. Luego, para obtener un resultado final de estas dos mediciones, se descuentan las pérdidas normales a los obtenidos por la cosecha.

### **Traslado del arroz hacia el poder comprador**

El traslado hacia el poder comprador se hace en camiones que transportan el arroz a granel. Éstos deben estar acondicionados para dicha tarea y no deben presentar materiales físicos en su interior (semillas, piedras, palos, etc.) ni fisuras (roturas en los carros). Además, deben contar con carpas para proteger el producto del rocío y lluvias. El traslado hacia el poder comprador debe ser realizado apenas se cargue el camión.

### **Resumen de las principales actividades a realizar en el sistema de siembra directa de arroz**

Es necesario considerar que este sistema puede incluir preparación de suelo convencional, mínima labranza y cero labranza (Figura 1).



Fuente: Elaboración: Donoso, G., 2021.

**Figura 1.** Sistema de producción de arroz siembra directa.

## Referencias

- Alvarado, R., Hernaíz, S. 2007. Variedades, siembra, semilla certificada, dosis de semilla y época de siembra. p. 21-38. En Alvarado R. (ed.). Arroz Manejo Tecnológico. Boletín INIA N°162. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Chillán, Chile.
- Hernaíz, S., Alvarado, R. 2007. Manejo del agua en el arrozal. p. 49-57. En Alvarado R. (ed.) Arroz Manejo Tecnológico. Boletín INIA N°162. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Chillán, Chile.
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, INTA. 2008. Guía de Buenas prácticas agrícolas para el cultivo de arroz en Corrientes. 94 p. INTA y Asociación Correntina para plantadores de arroz. ACAPA, Corrientes, Argentina.
- Parada, J., Riquelme, J., Paredes, M. 2013. Siembra de arroz en seco: manejo agronómico general. Tierra Adentro (ed. Especial): 104:11-15.