

JOSEP MARIA FRANQUET BERNIS
Comunero código núm. 2260

EL NUEVO SISTEMA DE SIEMBRA EN SECO DEL ARROZ



2018

Primera edición, febrero de 2018

© Josep Maria Franquet i Bernis
Avda. Generalitat, 73, 43.500 TORTOSA.
Tel.: 977.441.843 Fax: 977.510.097
e-mail: jfbernis@iies.es

ISBN: 978-84-697-5393-4
Depósito legal: T-1.035-2017

Edita: Comunitat de Regants – Sindicat Agrícola de l'Ebre
C/ Santa Anna, 3. 43500 Tortosa
Tel.: 977.441.281
Fax: 977.445.313
e-mail: comunitat@regantsesquerra.org
www.regantsesquerra.org

Imprimeix: Gràfica Dertosense, S.L.
C/ Cervantes, 21. 43500 Tortosa.
Tel.: 977.440.028
e-mail: graficadertosense@hotmail.com

Impreso en España

Printed in Spain

Reservados todos los derechos de publicación en cualquier idioma. La reproducción total o parcial de esta obra mediante cualquier procedimiento, ya sea mecánico, óptico, reprografía o bien tratamiento informático, así como la distribución de ejemplares por medios de alquiler o préstamo, están rigurosamente prohibidos sin la autorización escrita previa de los autores, excepto citas, siempre que se mencione su procedencia, y serán sometidos a las sanciones establecidas por la ley. Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra sólo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Deben dirigirse a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, www.cedro.org) si se necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.

ÍNDICE

	<u>Pág.</u>
PRÒLEG.....	5
PRÓLOGO	6
1. El delta del Ebro.....	7
1.1. Generalidades	7
1.2. Características climatológicas	9
1.3. Problemática medioambiental asociada al cultivo.....	11
2. Bioinvasión y caracol manzana	13
3. Generalidades sobre el arroz y su cultivo	18
3.1. Morfología y taxonomía	18
3.2. Importancia económica y distribución geográfica.....	19
3.3. Comercio	21
3.4. Mercado mundial del arroz	21
3.5. Mejora genética	22
3.6. Requerimientos edafoclimáticos.....	23
3.6.1. Clima.....	23
3.6.2. Temperatura	24
3.6.3. Suelo.....	25
3.6.4. pH	25
4. El sistema tradicional de siembra.....	25
4.1. Preparación del terreno	25
4.2. Siembra	26
5. Interés del nuevo sistema de siembra en seco	30
5.1. Introducción	30
5.2. La preparación del suelo	34
5.3. La siembra	35
5.4. El control de malezas	40
5.5. La fertilización.....	42
5.6. La inundación	45
6. Conclusiones	49
ABREVIATURAS Y SIGLAS	51
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
INDICE DE FIGURAS	55
INDICE DE TABLAS	57



PRÒLEG

Tradicionalment, al delta de l'Ebre, l'arròs s'ha cultivat per inundació, ja que és la tècnica que permet un millor control de la salinitat del sòl. Els reptes de futur que planteja el cultiu en aquest ecosistema tan fràgil, però, per fer de l'arròs un cultiu més rendible i sostenible, obliguen a buscar noves estratègies. És en aquest escenari on ha aparegut un nou sistema que pot marcar un punt d'inflexió: el de la "sembra en sec".

Les pàgines que segueixen a aquesta introducció constitueixen una guia de la sembra en sec, de les característiques més rellevants d'aquesta tècnica de cultiu que s'utilitza a molts llocs del món i presenta molts avantatges, malgrat que al delta de l'Ebre no s'ha introduït fins que no s'ha considerat un mètode de lluita contra el cargol poma i s'han obtingut els primers resultats satisfactoris enfront els danys ocasionats per l'esmentada plaga.

Abans d'estendre la sembra en sec a una bona part dels arrossars, caldrà, però, garantir la seva efectivitat. Per això és tan important la primera fase en què ens trobem ara, la d'implementar els coneixements necessaris perquè la tècnica funcioni. S'han fet els primers estudis tècnics, proves pilot, reunions de treball i jornades sectorials. I fruit de tot això ha sorgit la guia que ara teniu a les mans.

La seguirà una segona fase en què s'hauran d'habilitar els mitjans necessaris per tal de superar els possibles condicionants de la sembra en sec: introduir noves varietats d'arròs amb una major tolerància a la salinitat, adaptar-la a les diferents textures de sòls, efectuar el sanejament dels terrenys, determinar les dosis de sembra òptimes, assajar diferents maneigs d'aigua i praxis agronòmiques i avaluar el seu impacte sobre les poblacions de males herbes, malalties i plagues.

La Comunitat de Regants-Sindicat Agrícola de l'Ebre ha volgut contribuir a aquesta iniciativa de l'enginyer Josep Maria Franquet editant aquesta guia del nou sistema de la sembra en sec de l'arròs, donat que la considerem una eina de gran utilitat per als nostres comuns.

La Comunitat

PRÓLOGO

Tradicionalmente, en el delta del Ebro, el arroz se ha cultivado por inundación, ya que es la técnica que permite un mejor control de la salinidad del suelo. Los retos de futuro que plantea el cultivo en este ecosistema tan frágil, no obstante, para hacer del arroz un cultivo más rentable y sostenible, obligan a buscar nuevas estrategias. Es en este escenario donde ha aparecido un nuevo sistema que puede marcar un punto de inflexión: el de la “siembra en seco”.

Las páginas que siguen a esta introducción constituyen una guía de la siembra en seco, de las características más relevantes de esta técnica de cultivo que se utiliza en muchos lugares del mundo y presenta muchas ventajas, a pesar que en el delta del Ebro no se ha introducido hasta que no se ha considerado como un método de lucha contra el caracol manzana y se han obtenido los primeros resultados satisfactorios frente a los daños ocasionados por la mencionada plaga.

Antes de extender la siembra en seco a una buena parte de los arrozales, hará falta, eso sí, garantizar su efectividad. Por esto es tan importante la primera fase en que nos encontramos ahora, la de implementar los conocimientos necesarios para que la técnica funcione. Se han hecho los primeros estudios técnicos, pruebas piloto, reuniones de trabajo y jornadas sectoriales. Y fruto de todo esto ha surgido la guía que ahora tenéis en las manos.

Le seguirá una segunda fase en la que se habrán de habilitar los medios necesarios para superar los posibles condicionantes de la siembra en seco: introducir nuevas variedades de arroz con una mayor tolerancia a la salinidad, adaptarla a las diferentes texturas de suelos, efectuar el saneamiento de los terrenos, determinar las dosis de siembra óptimas, ensayar diferentes manejos de agua y praxis agronómicas y evaluar su impacto sobre las poblaciones de malas hierbas, enfermedades y plagas.

La Comunidad de Regantes - Sindicato Agrícola del Ebro ha querido contribuir a esta iniciativa del ingeniero Josep Maria Franquet editando esta guía del nuevo sistema de la siembra en seco del arroz, dado que la consideramos una herramienta de gran utilidad para nuestros comuneros.

La Comunidad

1. EL DELTA DEL EBRO

1.1. Generalidades

La superficie total del delta del Ebro (Tarragona) es de 32059 ha, que se distribuyen de la forma siguiente:

Delta Izquierdo.....	11512 ha	
Punta Izquierda (Bahía del Fangar).....	410 ha	
Total Delta Izquierdo.....		11922 ha
Delta Derecho.....	16199 ha	
Punta Derecha (Bahía de los Alfaques).....	2447 ha	
Total Delta Derecho.....		18646 ha
TOTAL PARCIAL.....		30568 ha
Isla de Buda	1231 ha	
Isla de Gracia.....	123 ha	
Isla de S. Antonio.....	133 ha	
Isla de S. Diego.....	4 ha	
TOTAL ISLAS.....		1491 ha
<hr/> <hr/>		
TOTAL DELTA DEL EBRO.....		32059 ha

La topografía del Delta, como la de otras zonas arroceras de España, es extremadamente plana, puesto que sólo un 10% de su superficie supera los 2 m de altura taquimétrica sobre el nivel medio del mar, un 30% tiene una altitud comprendida entre 1 y 2 m, y el resto, es decir, el 60%, tiene una altitud inferior a 1 m. Los suelos no son uniformes; así, mientras que las riberas del río y las zonas de costa tienen la textura arenosa, la mayor parte del Delta está formada por tierras de carácter limoso, habiendo además extensas zonas donde predominan las turbas, especialmente ubicadas en el hemidelta derecho o meridional.

Como es bien sabido, el Delta constituye una zona húmeda de categoría Internacional con un Parque Natural, ubicado en una zona que fue declarada Reserva Mundial de la Biosfera¹ por la UNESCO

¹ Las Reservas de Biosfera son "zonas de ecosistemas terrestres o costeros/ marinos, o una combinación de los mismos, reconocidas como tales en un plano internacional en el marco del Programa MAB de la UNESCO". Sirven para impulsar armónicamente la integración de las poblaciones y la naturaleza, a fin de promover un desarrollo sostenible mediante un diálogo participativo, el intercambio de conocimiento, la reducción de la pobreza, la mejora del bienestar, el respeto a los valores culturales y la capacidad de adaptación de la sociedad ante los cambios. Las Reservas de Biosfera están incluidas en la Red Mundial mediante decisión del Consejo Internacional de

en mayo de 2013. El espacio PEIN² ocupa gran parte de su territorio, constituyendo un conjunto con funcionamiento equilibrado en cuanto al movimiento y control de sus aguas, tanto para el riego estacional de las huertas y de los arrozales, como para el mantenimiento de los mismos inundados en invierno, como para el manejo de las aguas en todas sus redes de desagüe que se hallan conectadas, en un sinfín de puntos, con numerosas lagunas (Canal Vell -Balsas del Illot y la Estella-, Olles (Goleró) y Garxal en el hemidelta izquierdo; y Encanyissada, Tancada, Platjola y Aufacada en el hemidelta derecho) y cañizares en el centro y levante del Parque Natural. Con ello, se mantiene un control adecuado, tanto de la circulación de las aguas como de los niveles más convenientes para el cultivo agrícola y para el ecosistema de las lagunas, en las que ya se han abierto, en los últimos años, varios puntos de entrada de agua procedente de los canales de riego con un control dirigido por compuertas (algunas de ellas situadas en los desagües) de funcionamiento automático.

La dirección y control de las aguas de riego, así como las circulantes por la red de desagües, está en manos de las Comunidades de Regantes de ambas márgenes sur y norte (la Comunidad General de Regantes del Canal de la Derecha del Ebro y la Comunidad de Regantes – Sindicato Agrícola del Ebro, respectivamente). Existe una buena relación de gestión y colaboración entre todas las partes implicadas para beneficiar el delicado equilibrio del ecosistema deltaico, sin perjudicar a ninguno

Coordinación del MAB (Artículo 5 del Marco Estatutario) en base a las propuestas presentadas. Cada diez años, las Reservas de la Biosfera de la Red Mundial son evaluadas de acuerdo con la disposición del Artículo 9 - Revisión Periódica del Marco Estatutario.

² En Cataluña, el Plan de Espacios de Interés Natural (PEIN), aprobado en 1992, es el instrumento de planificación de nivel superior que estructura el sistema de espacios protegidos de Cataluña e integra este sistema dentro del conjunto del territorio, ya que el PEIN es un plan territorial sectorial encuadrado dentro del Plan Territorial General de Cataluña (1995). Los objetivos fundamentales del PEIN son dos, a saber:

- Establecer un sistema de espacios naturales protegidos representativo de la riqueza paisajística y la diversidad biológica del territorio de Cataluña.
- Dar una protección básica a estos espacios.

De hecho, todos los espacios del sistema de espacios naturales protegidos de Cataluña están incluidos en el PEIN.

de los legítimos intereses que han de convivir en él (Franquet, 2009).

Desde luego, las conclusiones que se extraen del presente estudio resultan aplicables a las restantes zonas arroceras de nuestro país con las adaptaciones necesarias.



Fig. 1. El delta del Ebro.

1.2. Características climatológicas

El clima de esta zona es benigno. Así, por ejemplo, veremos que en el año 1965 las temperaturas fueron de 5.0°C en enero de mínima y 30.4°C en agosto de máxima, siendo la media anual de 16.9°C. Las heladas son poco frecuentes.

Examinando los datos del cuatrienio de 1956 a 1960, veremos que la mínima fue de 6.4°C y la máxima de 35.3°C, siendo la media aproximada de horas de sol del orden de 1130 desde los meses de mayo a agosto, ambos inclusive, con la siguiente insolación relativa: mayo (58%), junio (63%), julio (68%) y agosto (66%). Se trata, pues de un clima perfectamente apropiado para el cultivo de la práctica totalidad de hortalizas, forrajeras, pratenses, cereales, frutales tempranos y, en general, toda la extensa gama de cultivos mediterráneos, incluyendo, muy especialmente, el arroz.

La pluviometría, por datos observados desde 1930 a 1961, se cifra en una media anual de 506.8 mm, habiéndose registrado la mínima en 1931 con 258 mm y la máxima en 1936 con 903 mm. No obstante, para una serie cronológica más larga y representativa, la pluviometría media anual resultó ser de 498.1 mm. Las precipitaciones son muy variables y, con frecuencia, de marcado carácter torrencial; generalmente hay dos épocas de fuertes lluvias de septiembre a noviembre y de abril a junio, mientras que el resto es de una marcada sequía.

A lo largo de 25 años, la presión atmosférica media ha resultado ser de 758.5 mm Hg., con medias anuales extremas de 757.4 y 759.8 mm Hg., media mensual más alta de 761.0 mm Hg. en enero, media mensual más baja en abril con 750.0 mm Hg. y valores aislados extremos de 777.5 y 721.4 mm Hg.

Aparte del típico "Levante", viento húmedo propio de los países mediterráneos, de componente E, el viento que sopla con mayor intensidad (si bien con menos frecuencia) es seco y de componente NW (denominado "cierzo", "mestral" o "vent de dalt"), canalizado por el propio valle del Ebro.

Para el período relacionado anterior, podemos considerar los siguientes valores:

- Velocidad media máxima: 102 km/h
- Recorrido máximo en 24 h.: 1782 km
- Recorrido mínimo en 24 h.: 8 km
- Recorrido diverso medio: 359 km
- Meses más ventosos: enero, marzo y diciembre.

Las horas en que sopla más el viento suelen ser las de la mañana, con mayor calma alrededor del mediodía.

Otros datos interesantes son los siguientes:

- Nebulosidad media: 3.9.
- Valores anuales extremos (nebulosidad): 3.4 y 4.5.
- Meses más despejados: enero y julio.

En cuanto a la evaporación, podemos consignar los siguientes datos:

- Promedio del período: 4.1 mm/día.
- Promedio anual más alto: 4.8 mm/día.
- Promedio anual más bajo: 3.5 mm/día.

siendo julio el mes de evaporación máxima y diciembre el de evaporación mínima.

El Delta, al ser una lengua de tierra aluvial rodeada por el mar, se caracteriza por su pequeña oscilación térmica debida a la elevada capacidad calorífica del agua (efecto termorregulador) y su notable humedad ambiental. La humedad relativa, por último, alcanzó un valor medio del 69%, con medias anuales extremas del 76% y 61%, siendo septiembre y octubre los meses más húmedos y abril el más seco.

1.3. Problemática medioambiental asociada al cultivo

El cultivo del arroz es, ecológicamente hablando, uno de los usos agrícolas más compatibles con el medio ambiente. Su inundabilidad hace que se convierta en un auténtico “almacén” de especies acuáticas, plantas e invertebrados en general así como en una exquisita despensa que atrae a distintos tipos de aves.

Hasta aproximadamente el año 1970, la creciente demanda de arroz se cubrió, en gran parte, aumentando la superficie sembrada de este cereal de verano en nuestras latitudes. Desde entonces, los cultivos han ido aumentando a través de la intensificación de los mismos. Según la FAO, los problemas que la producción intensiva genera se centran en los siguientes aspectos:

- Problemas causados por la contaminación con productos plaguicidas: consecuencias para las aves, mamíferos, seres humanos y muertes de especies para los que no iban destinados los pesticidas, mientras que algunas plagas que se intenta combatir se inmunizan a medio y largo plazo.

- Desequilibrio y disminución de los nutrientes del suelo, pues no se da tiempo a la regeneración de la tierra e incluso se agrava este exceso con la aplicación desequilibrada de fertilizantes químicos.

- Erosión del suelo, que se produce en las zonas con cultivos en lugares altos, montañosos. Este problema apenas afecta a tierras bajas de regadío y secano que constituyen el 82.4% de la superficie sembrada de arroz y producen más del 90% del mismo.

- Salinización de las tierras de regadío.

- Seguridad de los trabajadores agrícolas y acumulación de residuos de plaguicidas en los alimentos.

Se estima que el crecimiento de la demanda será del orden de un 1.8% en el periodo 2010/20, lo que supone un cierto descenso respecto al decenio anterior. Se prevé que aumenten las hectáreas cultivadas en once millones de arrozales aunque se disminuirá la presión sobre los bosques en su conversión a arrozales, pues aumentarán principalmente las tierras de regadío.

La importancia de estos ecosistemas se está viendo reflejada en las distintas actuaciones que desde la UE se están fomentando. Las zonas húmedas o humedales -así se designan a los espacios que permanecen cubiertos de agua durante largos períodos de tiempo- son uno de los ecosistemas con mayor productividad biológica del mundo, aunque sean los que menos extensión ocupan en nuestro planeta azul. En el caso de España suponen sólo el 0.4% del territorio. Esta elevada productividad les hace disponer de gran cantidad de recursos naturales de los que el hombre ha hecho uso y abuso. En España, las transformaciones agrícolas de secano en regadío, la ocupación irrestricta y acelerada del litoral por urbanizaciones de uso turístico, infraestructuras y distintas instalaciones industriales y recreativas han amenazado seriamente la subsistencia de estos espacios dentro del territorio estatal.

La regresión de estos espacios naturales, en las últimas décadas, llevó a crear en 1962 una lista de humedales de importancia internacional para posteriormente, en 1971, firmar un convenio a este respecto, fruto de las conversaciones mantenidas en la Conferencia Internacional sobre la Conservación de Zonas

Húmedas y Aves Acuáticas en Ramsar (Irán)³. En él se incluían los humedales españoles. Por tanto, todas las cuestiones que se suscitan en torno a estos ecosistemas y sus usos tienen como fondo el mantenimiento y la mejora de las condiciones ecológicas.

El arroz, aunque fruto de la intervención del hombre, es un cultivo cuyas especiales condiciones permiten su compatibilidad con el equilibrio ecológico que requiere la flora y fauna de los humedales. Es su necesidad de permanecer inundado buena parte del año, lo que convierte al arroz en un aliado ecológico, aunque dicha circunstancia es también lo que encarece su producción. Tras la inundación, comienza la regeneración de las comunidades biológicas acuáticas, la mayoría de ellas adaptadas a los períodos del arroz. Así, pocos días después de introducida el agua en los campos, empiezan a aparecer las primeras plantas y animales invertebrados y se inicia la cadena que culmina con las aves. Éstas deben el 90% de sus recursos alimenticios al arrozal. El ciclo de inundaciones del arroz, en el cultivo tradicional, comienza en el mes de abril, en que se inunda el arrozal para que se sedimente, permanece inundado durante el cultivo hasta finales de agosto para comenzar la siega en el mes de septiembre y luego se mantiene inundado desde el mes de noviembre hasta mediados de enero, aproximadamente (Franquet y Borràs, 2004).

2. BIOINVASIÓN Y CARACOL MANZANA

Un candente ejemplo de bioinvasión que se viene observando en los últimos tiempos en el delta del Ebro, originada probablemente en el término municipal de l'Aldea (Baix Ebre), ha

³ La misión de dicha Convención es “la conservación y el uso racional de los humedales mediante acciones locales y nacionales y gracias a la cooperación internacional, como contribución al logro de un desarrollo sostenible en todo el mundo”. La Convención aplica una definición amplia de los humedales, que abarca todos los lagos y ríos, acuíferos subterráneos, pantanos y marismas, pastizales húmedos, turberas, oasis, estuarios, deltas y bajos de marea, manglares y otras zonas costeras, arrecifes coralinos, y sitios artificiales como estanques piscícolas, arrozales, reservorios y salinas. En el marco de los "tres pilares" de la Convención, las Partes Contratantes se comprometen a:

- trabajar en pro del uso racional de todos los humedales de su territorio;
- designar humedales idóneos para la lista de Humedales de Importancia Internacional (la "Lista de Ramsar") y garantizar su manejo eficaz;
- cooperar en el plano internacional en materia de humedales transfronterizos, sistemas de humedales compartidos y especies compartidas.

tenido especial incidencia en el hemidelta septentrional, que se halla bajo la jurisdicción de la CRSAE, Comunidad de Regantes – Sindicato Agrícola del Ebro, afectando a unas 5000 ha en dicho hemidelta en la campaña 2017. Así se pone de manifiesto la potencialidad de este tipo de peligros, que pueden extenderse y contaminar otros espacios del Delta e incluso fluviales; se trata de la plaga del caracol-manzana⁴ o “ampularia” (*Pomacea canaliculata* o *Pomacea insularum*), especie exótica que, en los últimos tiempos, se ha implantado especialmente en el delta izquierdo del Ebro, pero también en el propio río Ebro y en los canales, con efectos preocupantes sobre el cultivo del arroz, sobre todo en sus primeros estadios. La Comunidad de Regantes mencionada ha empezado a poner en práctica un plan de sectorización del territorio deltaico de su jurisdicción, que subdivide su red de desagües en 28 sectores con el objetivo de ir limpiando y aislando las diferentes zonas y evitar las reinfecciones de la nueva plaga del caracol-manzana. En la penúltima campaña (2016), se ha comenzado a aplicar el Plan en dos sectores concretos, con el objetivo de tenerlos controlados y

⁴ Se trata de una especie de molusco gasterópodo dulceacuícola que integra el género *Pomacea* de la familia *Ampullariidae*. Es denominado comúnmente **caracol manzana** o **ampularia** (*cargol poma*, *apple snail*, *melc mar*, *escargot pomme*). Habita en ambientes acuáticos en regiones templadas y templado-cálidas del centro y centro-sur de América del Sur. Al ser comercializado en tiendas de acuarismo, o bien criado en establecimientos de acuicultura para alimento humano, se producen escapes o liberaciones en ambientes acuáticos muy lejanos a su distribución original, y allí donde las condiciones ambientales lo permiten, la especie se establece en el nuevo hábitat y desarrolla poblaciones invasivas, las que se convierten en plagas al dañar cultivos o especies locales. Ya ha invadido extensas regiones de la India, del Sudeste Asiático, Indochina, Australia, Japón, etc. Las heladas no constituyen un limitante para su existencia, por lo que posee un mayor riesgo de invadir humedales de regiones de latitudes mayores. Al ser una especie abundante, es un importante eslabón en las cadenas alimenticias de los humedales donde habitan, existiendo dos especies de aves que prácticamente sólo se alimentan de caracoles de este género. Una de ellas es el gavilán carcolero (*Rostrhamus sociabilis*), el cual ha desarrollado un pico con un específico gancho apical el cual permite que pueda ser introducido entre el opérculo y la concha; de este modo el animal logra desprender entero el cuerpo del caracol, desechando las conchas intactas, las cuales se van acumulando al pie de sus apostaderos más habituales. La otra especie es el carao (*Aramus guarauna*), el cual posee una estrategia distinta: su pico no cuenta con el gancho apropiado, pero tiene una estructura fuerte y su extremo cuenta con una forma particularmente adaptada para perforar un sector de la concha, produciendo un orificio por el cual logra introducir en él el pico y extraer entero el cuerpo del caracol, desechando las conchas, las que se diferencian de las descartadas por el gavilán al presentar todas ellas el característico agujero. En menor medida, también es capturado por otras especies de aves, además de peces, tortugas acuáticas, mamíferos acuáticos y cocodrílidos.

limpios del expresado gasterópodo. Para evitar la reinvasión, se instalarán filtros y compuertas en los desagües. También se está estudiando la eficacia alternativa del fosfato férrico, $[\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$, (NEU 1180M) y la saponina⁵ de referencia para su control.

La sectorización en cuestión puede verse en el siguiente plano, en el que han sido graficados los diferentes sectores sobre los que se pretende actuar (Franquet *et al.*, 2017):

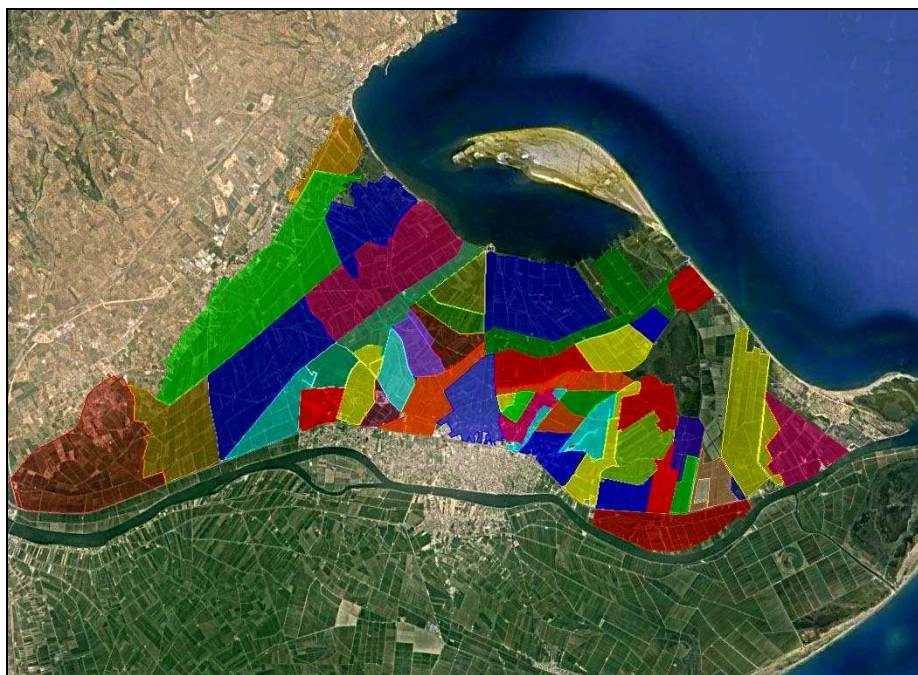


Fig. 2. Planta de sectorización de la zona regable deltaica (margen izquierdo).

La red de desagües de la Comunidad de Regantes-Sindicato Agrícola del Ebro constituye, actualmente, uno de los principales vectores de propagación del caracol-manzana, el cual, por flotación, es capaz de recorrer distancias muy grandes en pocas horas. Actualmente, la Comunidad posee una extensa red de desagües, con una longitud aproximada de 230 km y una superficie de

⁵ Las **saponinas** (del latín *sapo*, "jabón") son glucósidos de esteroides o de triterpenoides, llamadas así por sus propiedades semejantes a las del jabón: cada molécula está constituida por un elemento soluble en lípidos (el esteroide o el triterpenoide) y un elemento soluble en agua (el azúcar), y forman una espuma cuando se las agita en agua. Las saponinas son tóxicas, y se cree que su toxicidad proviene de su habilidad para formar complejos con esteroides, por lo que podrían interferir en la asimilación de estos por el sistema digestivo, o romper las membranas de las células tras ser absorbidas hacia la corriente sanguínea. Existe una gran variedad de plantas que contienen saponinas en distintas concentraciones, como por ejemplo la yuca, el ginseng, la quinua, el *tribulus terrestris* o el quillay, entre otras.

desagüe de más de 9787 ha que puede verse graficada en la figura siguiente:



Fig. 3. Red de desagüe en el delta izquierdo del Ebro.

El plan de los regantes para intentar ganar la batalla al caracol-manzana consiste en dividir toda esta red en 28 sectores diferentes. Esta sectorización de la red permitirá aislar unas zonas de otras para atacar, con más precisión, a dicho gasterópodo y evitar su reinvasión. A su vez, dicha sectorización puede resultar útil a los efectos de promover un plan de saneamiento o drenaje de los terrenos al objeto de posibilitar la implantación de nuevos cultivos como alternativa o complemento al actual monocultivo arrozal, rebajando la capa freática y, consecuentemente, combatiendo la salinidad ascendente por capilaridad⁶.

La aplicación de la sectorización se tendrá que hacer en función de la estructura del riego y desagües de la Comunidad,

⁶ La transformación del delta del Ebro no constituye una idea novedosa y ya fue abordada, a partir del último tercio del pasado siglo, por la Administración central en connivencia con las entidades representativas de la zona. El objetivo del saneamiento, y más extensivamente del correspondiente Plan General de Reforma y Desarrollo Agrario del delta del Ebro (IRYDA, 1973) (Decreto 3722/1972, de 21 de diciembre, publicado en el BOE nº: 20 del 23/01/1973, incardinado en los II y III Planes de Desarrollo Económico y Social de España, Ley 22/1972, de 10 de mayo, todavía vigente hoy en día, consistía en la mejora de las condiciones productivas del delta del Ebro. Por lo tanto, era preciso realizar las obras e instalaciones necesarias para asegurar el control de la capa freática y eliminar el riesgo de salinización así como la regresión geomorfológica de los terrenos deltaicos.

priorizando las zonas con menos presencia de caracol-manzana y más peligro de reinvasión. Así, una vez delimitado el espacio de actuación, podrán llevarse a cabo los tratamientos molusquicidas o limacidas correspondientes; posteriormente, se efectuarán las obras de instalación de filtros y compuertas. Pues bien, con independencia de estas actuaciones corporativas, muchos agricultores están ensayando actualmente nuevas fórmulas de siembra del arroz que les permitan combatir, con mayor eficacia, la nueva plaga.



Fig. 4. Ejemplar de caracol-manzana adulto.

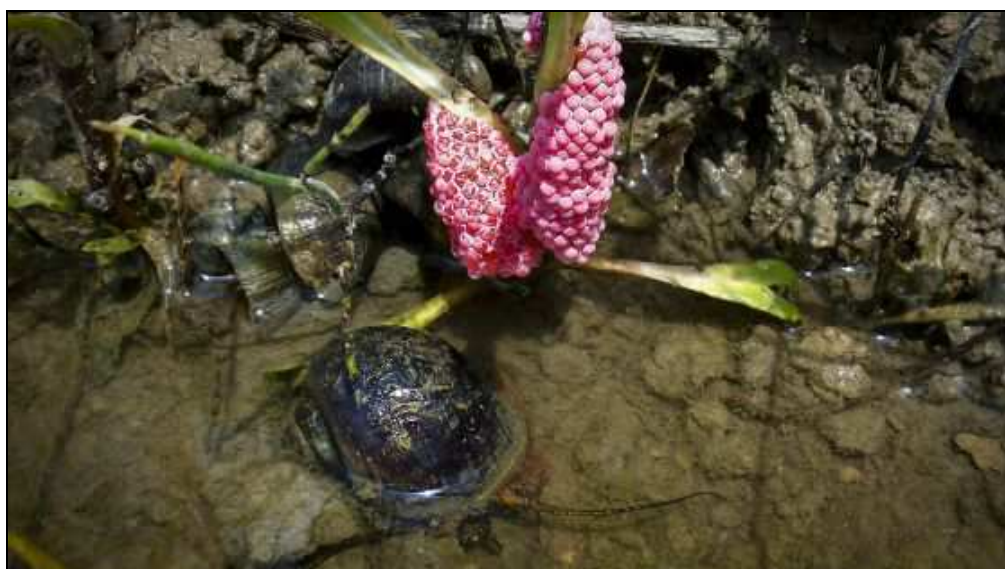


Fig. 5. Puesta característica de huevos de caracol-manzana.

3. GENERALIDADES SOBRE EL ARROZ Y SU CULTIVO

3.1 Morfología y taxonomía

El arroz (*Oryza sativa*, L.) es una planta monocotiledónea perteneciente a la familia *Poaceae* de las gramíneas.

Posee las siguientes características:

-Raíces: las raíces son delgadas, fibrosas y fasciculadas. Posee dos tipos de raíces: las seminales, que se originan de la radícula y son de naturaleza temporal y las raíces adventicias secundarias, que tienen una libre ramificación y se forman a partir de los nudos inferiores del tallo joven. Estas últimas substituyen a las raíces seminales.

-Tallo: el tallo se forma de nudos y entrenudos alternados, siendo cilíndrico, erguido, nudoso, glabro y de 60-120 cm de longitud, según las diferentes variedades.

-Hojas: las hojas son alternas, envainadoras, con el limbo lineal, agudo, largo y plano. En el punto de reunión de la vaina y el limbo se encuentra una lígula membranosa, bífida y erguida que presenta, en el borde inferior, una serie de cirros largos y sedosos.

-Flores: son de color verde blanquecino, dispuestas en espiguillas, cuyo conjunto constituye una panoja grande, terminal, estrecha y colgante después de la floración. Cada espiguilla es uniflora y está provista de una gluma con dos valvas pequeñas, algo cóncavas, aquilladas y lisas; la glumilla tiene, igualmente, dos valvas aquilladas.

-Inflorescencia: es una panícula determinada que se localiza sobre el vástago terminal, siendo una espiguilla la unidad de la panícula, y consiste en dos lemas estériles: la raquilla y el flósculo.

-Grano: el grano de arroz es el ovario fecundado y maduro. El grano con cáscara se conoce como arroz “paddy”; el grano descascarado de arroz (cariósido), con el pericarpio de color pardusco, se conoce como arroz-café; el grano de arroz sin cáscara con un pericarpio rojo, es el denominado “arroz rojo”.

3.2. Importancia económica y distribución geográfica

El arroz es el alimento básico para más de la mitad de la población mundial, aunque es el más importante del mundo si se considera la extensión de la superficie de suelo en que se cultiva y la cantidad de gente que depende de su cosecha. A nivel mundial, el arroz ocupa el segundo lugar después del trigo si se computa la superficie cosechada, pero si se considera su extraordinaria importancia como cultivo alimenticio, el arroz proporciona más calorías por hectárea que cualquier otro cultivo de cereales. Además de su importancia como alimento, el arroz proporciona empleo al mayor sector de la población rural de una gran parte de Asia, pues es el cereal típico del Asia meridional y oriental, aunque también es ampliamente cultivado en extensas zonas de África y en América, y también intensivamente en algunos puntos de Europa meridional, sobre todo en las regiones mediterráneas, como España, Italia, Portugal, Francia y Grecia.

Tabla 1. Mayores productores de arroz en el mundo.

1°	China	185,0 Mt
2°	India	134,0 Mt
3°	Indonesia	52,0 Mt
4°	Bangladesh	39,0 Mt
5°	Vietnam	36,0 Mt
6°	Tailandia	28,0Mt
7°	Birmania	25,0Mt
8°	Filipinas	14,0Mt
9°	Brasil	13,0 Mt
10°	Japón	11,0 Mt

Fuente: Espinal et al.

Entre los países que producen más de un millón de toneladas al año figuran Camboya (3.5 millones), Irán (2.6), Corea del Norte (2.1), Laos (1.6), Madagascar (2.4), Nepal (3.6), Nigeria (3.2), Pakistán (6.5) y Sri Lanka (2.7). España sólo produce una media anual de 0.9 Mt, distribuidas en unas 110000 ha (55% de variedades del tipo japónica y 45% del tipo índica).

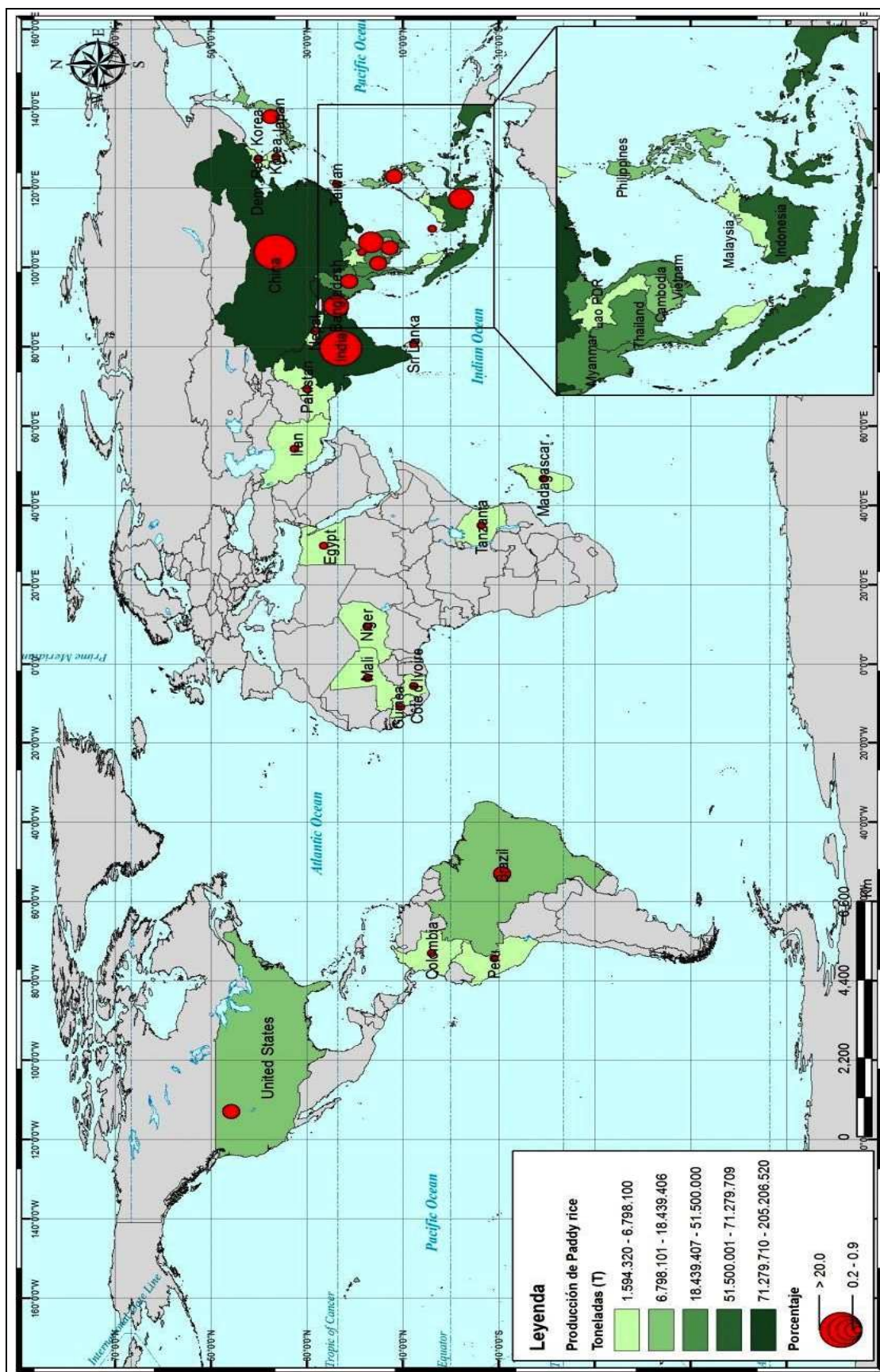


Fig. 6. Mayores productores de arroz a nivel mundial.

3.3. Comercio

El consumo de arroz y, por tanto, el comercio de dicho cereal, está diferenciado por los tipos de arroz y por la calidad de los mismos. Se consideran, al respecto, los siguientes tipos de arroz:

-De grano largo de perfil índica: éste, a su vez, se clasifica de acuerdo al porcentaje de granos partidos y el hecho de que sean o no aromáticos. Este tipo de arroz representa el 85% del comercio mundial de arroz, incluyendo aproximadamente del 10-15% de arroces aromáticos (tipos jazmín y basmati), 35-40% de arroces de alta calidad (menos del 10% de granos partidos) y del 30-35% de arroces de baja calidad.

-De grano medio/corto de tipo japónica: el comercio de este tipo de arroces representa solamente una cuota mundial del 15%.

El comercio mundial del arroz se estima que se incrementará a razón de una tasa anual de 1.11%, tasa de crecimiento significativamente inferior a la actual (8.82%) y refleja el hecho de que el impacto mayor de la liberalización comercial mundial que propugna la OMC (Organización Mundial del Comercio) ya surtió efecto.

3.4. Mercado mundial del arroz

Debido a las características del mercado mundial del arroz, éste contribuye a la volatilidad de los precios. Por tanto, se consideran los siguientes aspectos relevantes en el mercado internacional del arroz: destacan las pequeñas cantidades comercializadas respecto a las cantidades producidas o consumidas; por ello, pequeños cambios en la producción o en el consumo de alguno de los principales productores/consumidores o países compradores o vendedores, pueden dar lugar a un gran impacto sobre el volumen puesto en el mercado y, por tanto, sobre los precios internacionales.

Otro aspecto a destacar es el alto grado de concentración entre los exportadores de arroz en el mundo, ya que el 85% de la exportación procede de sólo 7-9 países; por tanto, las variaciones de las ofertas de las existencias de arroz, debidas a la climatología, por ejemplo, repercuten finalmente sobre los precios.

Se adjuntan, al respecto, los gráficos siguientes:



Fig. 7. Importaciones y exportaciones mundiales (periodo 2013-2015).

3.5. Mejora genética

El rendimiento mundial del arroz en 1996 fue de 2.52 t/ha, mientras que en el año 2010 el rendimiento fue de 2.87 t/ha, pudiéndose establecer en la actualidad (2017) alrededor de 4 t/ha. La explicación para ese incremento "optimista" responde, básicamente, al desarrollo en el uso de variedades mejoradas así como al perfeccionamiento de la mayoría de las prácticas de cultivo.

Las variedades de arroz cultivadas han ido cambiando en los últimos años, mediante una gradual renovación de las más antiguas, en función de las mejores características y provocando la desaparición de determinadas variedades, pues las nuevas ofrecen mejores rendimientos, una mayor resistencia a las plagas y enfermedades, altura más baja (con mayor resistencia al "encamado"), mejor calidad de grano o bien una mayor producción.

Los programas de mejora genética se basan en la producción de plantas de arroz dihaploides, mediante el cultivo de anteras de plantas obtenidas a partir de cruzamientos previos. El empleo de líneas haploides incrementa la eficiencia de selección de caracteres de origen poligénico y facilita la detección de mutaciones recesivas. El cultivo *in vitro* continuado de líneas de cultivo de anteras origina variaciones génicas, en este caso denominadas "gametoclonales", que han dado lugar a nuevas variedades de arroz (Franquet y Borràs, 2004).

Particularmente interesante para la nueva modalidad de siembra en seco que aquí estudiaremos, habida cuenta de la dificultad que dicha técnica de cultivo debe afrontar frente a la salinidad de los terrenos, es la realización de un *screening* de variedades comerciales tolerantes a la sal. En este sentido, bajo la supervisión del IRTA⁷, se han estudiado 39 variedades diferentes con ocho empresas colaboradoras: Hisparroz SA, Bertone Sementi SPA, RiceTec Inc., Copsemar SCL, Comunidad de Regantes del Canal de la Derecha del Ebro, IVIA⁸, Cámara Arroceras de Amposta SCCRL y Semillas Certificadas Castells SL, con un extracto de saturación, antes de la inundación, de 18.9 dS/m.

3.6. Requerimientos edafoclimáticos

3.6.1. Clima

Se trata de un cultivo tropical y subtropical, aunque la mayor producción a nivel mundial se concentra en los climas húmedos tropicales, pero también se puede cultivar en las regiones húmedas de los subtrópicos y en climas templados y mediterráneos. El cultivo se extiende desde los 49-50º de latitud norte a los 35º de latitud sur. El arroz se cultiva desde el nivel del mar hasta los 2500 metros de altitud. Las precipitaciones condicionan el sistema y las técnicas de

⁷ El **IRTA** (*Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries*) es un instituto de investigación de la Generalitat de Catalunya, adscrito al Departamento de Agricultura, Ganadería, Pesca, Alimentación y Medio Natural, regulado por la Ley 04/2009 de 15 de abril, del Parlamento de Catalunya, que ajusta su actividad al ordenamiento jurídico privado. La finalidad del **IRTA** es contribuir a la modernización, a la mejora y al impulso de la competitividad; al desarrollo sostenible de los sectores agrario, alimentario, agroforestal, acuícola y pesquero, y también de los directa o indirectamente relacionados con el aprovisionamiento de alimentos sanos y de calidad a los consumidores finales; a la seguridad alimentaria y a la transformación de los alimentos, y, en general, a la mejora del bienestar y la salud de la población. Sus objetivos generales son los de impulsar la investigación y el desarrollo tecnológico en el ámbito agroalimentario, facilitar la transferencia de los avances científicos y valorar los avances tecnológicos propios sin dejar, por ello, de procurar la máxima coordinación y colaboración con el sector público y privado.

⁸ El Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA) quiere ser, mediante su actividad investigadora y de transferencia, un colaborador eficaz para el progreso y el prestigio del sector agroalimentario. La misión del IVIA estriba en contribuir a la actividad agraria productiva y sostenible, impulsando la competitividad de los sectores agrícola, ganadero y agroalimentario mediante la generación de conocimientos que den respuesta a las demandas técnicas, sociales y económicas, a través de una investigación aplicada y excelente y una óptima transferencia de resultados.

cultivo, sobre todo cuando se cultiva en tierras altas, donde están más influenciadas por la variabilidad de las mismas.

3.6.2. *Temperatura*

El arroz necesita para germinar un mínimo de 10 a 13°C, considerándose su óptimo entre 30 y 35°C. Por encima de los 40°C no se produce la germinación. El crecimiento del tallo, hojas y raíces tiene un mínimo exigible de 7°C, considerándose su óptimo en los 23°C. Con temperaturas superiores a ésta, las plantas crecen más rápidamente, pero los tejidos se hacen demasiado blandos e inconsistentes, siendo más susceptibles a los ataques de enfermedades; precisamente, ello puede explicar los bajos rendimientos sucedidos en el delta del Ebro en la campaña del 2017. El espigado está influido por la temperatura y por la disminución de la duración de los días.

La panícula, usualmente llamada “espiga” por el agricultor, comienza a formarse unos treinta días antes del espigado, y siete días después de comenzar su formación alcanza ya unos 2 milímetros. A partir de 15 días antes del espigado se desarrolla la espiga rápidamente y es éste el período más sensible para afrontar las condiciones ambientales adversas.

La floración tiene lugar el mismo día del espigado, o bien al día siguiente durante las últimas horas de la mañana. Las flores abren sus glumillas durante una o dos horas si el tiempo es soleado y las temperaturas altas. Un tiempo lluvioso y con temperaturas bajas perjudica la polinización.

El mínimo de temperatura para florecer se considera de 15°C. El óptimo de 30°C. Por encima de los 50°C no se produce la floración. La respiración (que tiene lugar a través de los estomas) alcanza su máxima intensidad cuando la espiga está en zurrón, decreciendo correlativamente después del espigado. Las temperaturas altas de la noche intensifican la respiración de la planta, con lo que el consumo de las reservas acumuladas durante el día por la función clorofílica es mayor. Por esta razón, las temperaturas bajas durante la noche favorecen la maduración de los granos.

La transpiración (pérdida de agua en forma de vapor) depende de la humedad y de la temperatura ambiente y, como la

respiración, alcanza también su máximo en el momento en que la espiga se encuentra en zurrón para decrecer después del espigado.

3.6.3. Suelo

El cultivo tiene lugar en una amplia gama de suelos, variando la textura desde arenosa a arcillosa. Se suele cultivar en suelos de textura fina y media, propias del proceso de sedimentación en las amplias llanuras inundadas y los deltas de los ríos. Los suelos de textura fina (“pesados” o “fuertes”) dificultan las labores, pero son más fértiles al tener mayor contenido de arcilla (formación del complejo arcillo-húmico), materia orgánica y suministrar más nutrientes. Por tanto, la textura del suelo juega un papel importante en el manejo del riego y de los fertilizantes químicos y orgánicos.

3.6.4. pH

La mayoría de los suelos tienden a cambiar su pH hacia la neutralidad pocas semanas después de la inundación. El pH de los suelos ácidos aumenta con la inundación, mientras que para los suelos alcalinos o básicos ocurre justamente lo contrario. El pH óptimo para el arroz es 6.6, pues con este valor la liberación microbiana de nitrógeno y fósforo de la materia orgánica, y la disponibilidad de fósforo son altas y, además, las concentraciones de sustancias que interfieren la absorción de nutrientes, tales como aluminio, manganeso, hierro, dióxido de carbono y ácidos orgánicos, están por debajo del nivel tóxico (Franquet y Borràs, 2004).

4. EL SISTEMA TRADICIONAL DE SIEMBRA

4.1. Preparación del terreno

El laboreo de los suelos arroceros de tierras húmedas o de tierras en seco depende de la técnica de establecimiento del cultivo, de la humedad y de los recursos mecanizados. En los países de Asia tropical, por ejemplo, el laboreo de tierras húmedas es un procedimiento habitual. El método tradicional de labranza, para el arroz de tierras bajas, es el arado y la cementación, siendo este último muy importante, pues permite el fácil trasplante.

En general, el terreno debe nivelarse muy bien, con pendientes que no deben sobrepasar el uno por mil, e incluso es

preferible nivelar “a cero”, lo que permite hacer tablas o parcelas de hasta de 10-15 hectáreas de superficie. En nuestra zona, no obstante, teniendo en cuenta la estructura de la propiedad agraria, raramente se sobrepasan las 5 ha (23 jornales de tierra medida del país, 1jt = 2190 m²). Las modernas técnicas de nivelación por rayo láser simplifican y perfeccionan notablemente esta tarea.

Después de la siega del arroz, o sea, en los meses de octubre-noviembre, se da un pase con tractor provisto de ruedas de jaula metálica (“ruedas de agua”), dando solape entre las pasadas, o bien mediante rotocultor (“rotovator”). Acto seguido se lleva a efecto un tratamiento contra el caracol-manzana, mediante tractor provisto de barra pulverizadora y a base de saponina a razón de 23-27 l/ha (5-6 l/jt) dejando el agua estancada el mayor tiempo posible para potenciar el efecto del expresado tratamiento.



Fig. 8. Grada preparatoria del terreno.

Al final del invierno (marzo-abril) se realiza la labor de alzar con el arado de vertedera o bien con cultivador de ganchos. Con el fin de dejar el terreno lo suficientemente disgregado, puede ser necesario dar dos pases dobles cruzados de cultivador o bien de grada rotativa. A continuación, el terreno se deja perfectamente nivelado con un equipo láser cada 1-2 años.

4.2. Siembra

En la siguiente tabla se recogen los distintos métodos de siembra empleados en las diversas zonas arroceras del mundo, según el tipo de cultivo del arroz, así como la correspondiente altura máxima del agua del arrozal. Así:

Tabla 2. Métodos de siembra del arroz según el tipo de cultivo.

TIPOS DE CULTIVO DEL ARROZ	MÉTODO DE SIEMBRA	PROFUNDIDAD MÁXIMA DEL AGUA (cm)
Arroz de temporal de tierras bajas	Trasplante	0-50
Arroz de temporal superficial de tierras bajas	Trasplante	5-15
Arroz de temporal de profundidad media de tierras bajas	Trasplante	16-50
Arroz de aguas profundas	A voleo en suelo seco	51-100
Arroz flotante	A voleo en suelo seco	101-600
Arroz de tierras altas	A voleo o en hileras en suelo seco	Sin agua estancada

Fuente: Barker, Herdt y Rose (1985).

Puede realizarse la siembra a voleo, a mano, con máquina sembradora centrífuga accionada por tractor, o por avión o helicóptero en fincas muy grandes. La siembra debe hacerse cuando el agua se encuentra clara y se hayan depositado los lodos en el fondo. En contadas ocasiones, se realiza la siembra en hileras.

Los suelos inundados ofrecen un ambiente único para el crecimiento y la nutrición del arroz, pues la zona que rodea al sistema radicular de dicha gramínea se caracteriza por la falta de oxígeno. Por tanto, para evitar la asfixia radicular, la planta posee unos tejidos especiales, que son unos espacios de aire bien desarrollados en la lámina de la hoja, concretamente en la vaina de la misma, así como en el tallo y en las raíces, que forman un conjunto muy eficiente para facilitar el paso del aire. Éste se introduce en la planta a través de los estomas y de las vainas de las hojas, desplazándose hacia la base de la planta. El oxígeno es suministrado a los tejidos junto con el paso del aire, moviéndose hacia el interior de las raíces donde es utilizado en la respiración. Finalmente, el aire sale de las raíces y se difunde en el suelo saturado que las rodea, creando una interfase de oxidación-reducción (Franquet y Borràs, 2004).

La cantidad de semilla empleada debe dar lugar a un cierto número de tallos/m², después del ahijamiento, que sea el óptimo productivo para cada variedad, y que produzca espigas que maduren lo más uniformemente posible. Para las variedades de panícula corta a densa y tallo más bien grueso, el número de tallos/m² más conveniente puede cifrarse en 250-300, mientras que en variedades de panícula larga y abierta, de tallo fino, este número debe estar comprendido entre 300-350 tallos/m².

El mayor número de tallos principales produce una mayor sensibilidad al encamado, pero asegura una maduración más homogénea de las espigas. Las variedades de mucho ahijamiento, como por ejemplo las derivadas del tipo *Bahía* (*Tebre, Fonsa, Maso, Montsianell, Gleva, Piñana, Argila, J. Sendra, Marisma* y otras) dan lugar a granos de maduración escalonada. En todo caso, siempre es aconsejable aumentar algo la dosis de semilla, especialmente en siembras tempranas y con variedades de gran potencial de ahijamiento. La dosis media de siembra sería del orden de 180-200 kg de semilla por hectárea (40-42 kg de semilla por jornal de tierra), según variedades.



Fig. 9. Inicio de la inundación de una parcela.

La siembra debe hacerse con el terreno inundado, con unos 5-7 cm de altura o tirante de agua. Inmediatamente después de la siembra, todavía sin nacer el arroz, se suele aumentar el nivel de la lámina de agua a 10 ó 15 cm, lo que perjudica el desarrollo del *Panicum* y otras malas hierbas del cultivo (“panissola” o *Echinochloa* o *Setaria glauca*, “chufa” o juncia o *Cyperus rotundus*, “mill” o mijo). Esta subida del nivel del agua le suele ir mal al arroz, porque al nacer se ahíla, pudiendo incluso perderse parcelas

enteras. En cualquier caso, es conveniente vigilar el nivel del agua en función de la climatología (sobre todo de los vientos que originan oleaje que puede arrancar las plántulas).

En la siembra del arroz, éste no se tapa nada de tierra. Cuando la siembra se hace con avión o helicóptero en grandes fincas, éste no debe volar muy alto, pues en dicho caso penetra demasiado la semilla en el suelo y no nace correctamente. El medio aéreo debe sembrar, por supuesto, cuando no hay viento apreciable, lo cual suele tener lugar a primeras horas de la mañana o bien a últimas horas de la tarde.

Al cabo de 15-20 días, en función de las condiciones climáticas, es cuando tiene lugar la nascencia de la planta y, junto con la misma, el de las malas hierbas (mijo, chufa, cola, etc.), algas y el arroz salvaje⁹. A partir de este momento, se realiza un tratamiento en post-emergencia con herbicidas selectivos de contacto o sistémicos, a base de propanil (48% p/v, 480 g/l), bensulfurón-metil 60% p/p (600 g/l) o bien penoxsulam (2.04% p/v) con el fin de eliminar esta vegetación indeseable que entraría en clara competencia con la planta cultivada¹⁰.

En el caso del arroz salvaje, si se dan las condiciones que facilitan la salida de éste, se elimina con la labor mecánica del “fanguado”. Además, hacia primeros de junio, y durante todo este mes, suele realizarse una escarda manual (“birba”), operación consistente en arrancar manualmente las malas hierbas, principalmente el arroz salvaje o no desarrollado. Últimamente, se han creado semillas resistentes a tratamientos herbicidas del arroz

⁹ *Zizania*, es un género de plantas herbáceas perteneciente a la familia de las poáceas. Es originario de Eurasia y América del Norte. Aunque conocido comúnmente como “arroz silvestre o arroz salvaje”, no está directamente relacionado con el arroz asiático (*Oryza sativa*, L.), aunque ambos comparten la misma tribu. Se trata de hierbas acuáticas o palustres, robustas y erguidas. Tienen raíces delgadas y fibrosas que no penetran mucho, algunas adventicias; cañas hasta de 3 metros de altura; las hojas son de 1 m de longitud por 4 cm de ancho; flores en panojas terminales. Los granos alargados contienen más del 13% de proteína y además carbohidratos, vitamina B, potasio y fósforo.

¹⁰ Se trata de herbicidas sin efecto residual, que presentan una elevada selectividad en el cultivo del arroz y, a su vez, un excelente control de *Echinochloa spp.* y otras ciperáceas (*Cyperus difformis*, *Scirpus spp.*). Son de acción translaminar, siendo absorbidos rápidamente por vía foliar y translocándose por toda la planta, provocando en las malas hierbas una reducción del crecimiento radicular, necrosando las hojas y, simultáneamente, generando una inhibición del proceso de la fotosíntesis.

salvaje (“Sirio” y “Mare”)¹¹, puesto que hasta ahora, sólo la utilización de ciertos antigramíneos autorizados en la presiembra del arroz tenían algo de eficacia en el control del arroz borde, pero siempre resultaba insuficiente como para eliminar el problema existente en la mayoría de los campos, demasiado infestados por esta hierba.

5. INTERÉS DEL NUEVO SISTEMA DE SIEMBRA EN SECO

5.1. Introducción

En el delta del Ebro, el arroz se ha cultivado tradicionalmente por el sistema de inundación, debido a que el peso del tirante de agua permite mantener alejada de la superficie del terreno la capa freática salina y asegurar así el mejor desarrollo del cultivo. Sin embargo, debido fundamentalmente a la aparición -en los últimos tiempos- de la plaga del caracol-manzana y de la escasez de mano de obra, los productores están ensayando la implementación de nuevas técnicas, donde la denominada “siembra en seco” -utilizada con frecuencia en países sudamericanos como Argentina, Uruguay o Brasil- se ha transformado en una alternativa interesante. Y a los factores económicos productivos hay que agregar el menor impacto ambiental que tiene esta novedosa técnica, producto de la necesidad de realizar menores aplicaciones fitosanitarias, entre otros.

Ebrecultius SL, empresa asociada de Fertilizantes Gombau, ha capitaneado la primera prueba piloto de siembra en seco del arroz, que podría ser la gran solución para mitigar la plaga del caracol- manzana instalada en el delta del Ebro desde el año 2008 y que ha causado, hasta la fecha, algunos estragos en los arrozales del hemidelta septentrional, habiéndose extendido por la red de

¹¹ Se trata de variedades de arroz obtenidas mediante tecnología CLEARFIELD, es decir, un arroz al que se le ha inducido una “mutación genética” que le hace resistente al herbicida Imazamox (nombre común: ANSI, EPA, ISO, WSSA). Conviene aclarar que no se trata de un arroz “transgénico” (OGM) entre otras cosas porque no se le ha transferido ningún gen ajeno. El herbicida Imazamox tiene un control excelente del Arroz Borde o Rojo además de la mayoría de las malas hierbas del arroz como la *Echinochloa* sp., *Leptocloa* sp., Ciperáceas, Alismatáceas, *Heteranthera* sp., etc. Sin embargo, el control de *Cyperus difformis* (junquillo), en casos de fuerte infestación, no siempre resulta satisfactorio y puede requerir de un repaso con Bentazona (87%). Tratamientos previos con Oxadiazon reducen la población de ésta y otras malas hierbas y mejoran sensiblemente su control o, en caso necesario, con Bentazona.

desagües y acequias de riego. En total se cultivaron el primer año (2015) 90 hectáreas repartidas en 20 parcelas de diferentes tipos texturales de suelos (arenoso, limoso y arcilloso) y de diversas variedades de arroz con el objetivo de recabar el máximo de información posible. En la segunda campaña (2016) el ámbito de esta modalidad de cultivo se ha extendido a unas 2000 ha en todo el Delta. Desde que se sembró en seco en el mes de mayo, se ha venido realizando un trabajo exhaustivo en todos los campos, analizando la temperatura del suelo y del ambiente, la humedad y la salinidad para observar las afectaciones y el rendimiento de la planta.

El éxito y la eficiencia de esta nueva práctica depende, en gran medida, de las condiciones del suelo (textura, estructura, porosidad, permeabilidad, profundidad y contenido de materia orgánica). Hay que hacer constar, al respecto, que no toda la superficie deltaica es susceptible de aprovechar esta nueva técnica de cultivo, que quedaría restringido a aquellas zonas de capa freática más profunda y de fácil drenaje, en las que menos puede afectar el ascenso por capilaridad de la salinidad. En efecto, ya desde su misma nascencia en los terrenos de fácil susceptibilidad salina, la planta de arroz apunta evidentes señales de raquitismo que perdurarán a lo largo de todo su ciclo vegetativo, con notable disminución de los rendimientos de cosecha.

No obstante, también se han observado rendimientos aceptables en terrenos propensos a su salinización, incluso próximos al mar, tomando las medidas oportunas en cuanto al manejo del agua dulce. En cualquier caso, el mapa de salinización del suelo del área arroceras debería definir el ámbito geofísico o territorial de implantación de esta modalidad de cultivo.

Esta técnica presenta una larga serie de ventajas, como la de ser mecanizable y reducir el uso de agua por hectárea o bien la disminución de los ataques de diversa avifauna acuícola (flamencos, pollas de agua, patos). Permite una mayor facilidad de los tratamientos, la mayoría de los cuales se llevan a cabo antes de inundar los campos, pudiéndose trabajar con ruedas neumáticas anchas. También facilita la obtención de cosechas más tempranas, controlar de mejor forma las malezas con la aplicación de herbicidas de preemergencia, disminuir las labores de vigilancia del cultivo (entradas y salidas de agua a la parcela, retirada de algas y restos flotantes de cosecha, etc.), combatir eficazmente la plaga antedicha

del caracol-manzana y los quironómidos (en el delta del Ebro se distinguen dos tipos principales de quironómidos, *Diptera Chironomidae*, en función de su aspecto larvario: las del género *Cricotopus* son blanquito-verdosas y las más perjudiciales: tienen poca hemoglobina y viven en aguas muy oxigenadas. Son las más frecuentes durante el inicio del cultivo. En el género *Chironomus* son rojas y más inofensivas, tienen gran cantidad de hemoglobina y están mejor adaptadas a aguas poco oxigenadas), así como disminuir la proliferación de algas (“llapó”, que es una mezcla de microalgas, musgos y líquenes) y las enfermedades fúngicas, reducir el uso de semillas y, según algunos expertos, aumentar incluso los rendimientos de cosecha.

Por otra parte, esta modalidad de cultivo reduce significativamente las emisiones de gas metano (CH_4 , que es un hidrocarburo saturado con efecto invernadero vulgarmente conocido como “gas de los pantanos”, que contribuye al calentamiento global). El cultivo del arroz resulta especialmente vulnerable a los efectos del cambio climático, en concreto durante episodios de escasez de agua o durante la crecida del nivel del mar. Sin embargo, al mismo tiempo, contribuye ligeramente al calentamiento global del planeta ya que es un emisor de gases de efecto invernadero (GEI). Los arrozales cultivados en campos inundados emiten pequeñas cantidades de metano, que tiene un potencial de calentamiento global hasta 25 veces superior al del CO_2 .

El metano se emite cuando se descomponen los restos de la planta o del rastrojo en un suelo anóxico (sin oxígeno) debido a que la lámina de agua impide la difusión del oxígeno de la atmósfera al suelo. Pero también se emiten gases de efecto invernadero durante los periodos en los que los campos no están inundados. En este caso, se emite óxido nitroso (N_2O), que tiene un poder de calentamiento superior al del CH_4 pero que se produce en una menor proporción.

En otro orden de ideas, hay que hacer constar que en la campaña arrocera 2016 se observó que la siembra en seco del arroz, en suelos arenosos del hemidelta derecho del Ebro, obtuvo resultados deficientes que obligaron a resembrar las parcelas cuando las fincas vecinas tenían ya el arroz nacido, con los inconvenientes derivados de tenerlas con una lámina de agua libre mientras las contiguas ya estaban cubiertas de planta de arroz. Esta circunstancia se corrigió en la posterior campaña del 2017 en que,

sin embargo, aparecieron algunos problemas de control de malas hierbas.

Al ser más o menos simultánea la siembra en seco y la siembra sobre lámina de agua de las parcelas contiguas, la diferencia de nivel del agua superficial exterior y del agua subterránea propia genera un gradiente hidráulico de fuera a dentro de las parcelas sembradas en seco. En suelos de granulometría gruesa y elevada permeabilidad como los arenosos, dicho gradiente puede originar un flujo de agua permanente hacia las tierras secas. Además, el agua de filtración aportará sales al agua subterránea de dichas parcelas. Posteriormente, por elevación capilar, estas sales ascenderán a la superficie del terreno acumulándose con preferencia en la franja central de aquellas parcelas. Este problema no tiene por qué presentarse en los suelos orgánicos (turbosos) o en aquellos de textura más fina (limosos y arcillosos) habida cuenta de la menor permeabilidad de sus horizontes en relación con los de la arena marina de la planicie litoral (CEDEX, 2017).

De la corta experiencia que se deduce de estos dos años de siembra en seco puede concluirse dicha práctica tiene serios riesgos en tierras con suelos muy permeables como son los arenosos de la planicie costera. En terrenos menos permeables u orgánicos, o incluso en los de textura fina con subsuelo de arena permeable, el riesgo de filtraciones laterales provenientes de desagües o parcelas vecinas, con el consiguiente problema del aumento de contenido de sales, es menor. Por ello, en estas tierras resulta aconsejable sembrar masas de parcelas conjuntas que queden hidráulicamente aisladas de otras parcelas sembradas sobre lámina de agua por el procedimiento tradicional. Ello obligaría a llevar a cabo una planificación por sectores delimitados de dicha operación de cultivo, similar a la ya comentada que se pretende emprender en el hemidelta izquierdo para combatir la plaga del caracol-manzana.

Aunque varios estudios muestran las ventajas económicas de aplicar la siembra directa sobre rastrojo en diversos cultivos, son muy pocas las evaluaciones publicadas hasta la fecha enfocadas al caso del arroz, donde se demuestre que el sistema que nos ocupa permite alcanzar rendimientos iguales o mayores que la técnica tradicional de inundación. Con respecto a los costos de producción, existen algunas investigaciones realizadas en Filipinas y Japón que reportan ahorros significativos en tiempo, recursos humanos,

reducción del ciclo vegetativo, consumo de combustibles y uso de maquinaria agrícola, durante la preparación del terreno, sin que se produzcan reducciones apreciables en los rendimientos.

Habida cuenta de su interés para el futuro de las explotaciones arroceras, así como su escasa difusión hasta la fecha, hemos creído conveniente aquí poner de manifiesto las características más relevantes de esta nueva técnica de cultivo, que se exponen en los epígrafes siguientes, y que podrían ser adaptadas también a las características específicas de las restantes zonas arroceras de España.

5.2. La preparación del suelo

La degradación de la fertilidad en los suelos sometidos a preparación física intensiva provoca mermas notorias en la rentabilidad de diversos cultivos tropicales y semitropicales, como es el caso del arroz. Este problema se debe a la erosión del suelo y a la pérdida de la materia orgánica superficial del mismo, ocasionada por las prácticas de la labranza convencional.

Un aspecto clave es que el suelo esté bien nivelado “a cero” para que la semilla consiga una emergencia homogénea. Esto se obtiene con el uso de microniveladores láser, que además ayudarán a que el suelo quede bien mullido y parejo para uniformar el nivel de altura de agua una vez que se realice la inundación y el secado de la parcela. En este sentido, puede resultar interesante el surcar perimetralmente las parcelas y conectar dichas zanjas de drenaje al desagüe general, al objeto de facilitar el secado del terreno. El trabajo en la parcela y la cosecha a menudo desnivelan el suelo, por lo que los expertos recomiendan realizar su nivelación como mucho cada dos temporadas al objeto de evitar la formación de balsitas o encharcamientos donde pueda proliferar la plaga del caracol-manzana, allí donde ésta se halle presente.

Una vez nivelado el suelo se debe realizar el barbecho químico en presiembra, que consiste en la aplicación de herbicidas, en los que el ingrediente activo principal hasta la fecha era el glifosato (cuya licencia ha sido renovada recientemente por la UE hasta diciembre del año 2022, pese a que algunas directrices regionales están prohibiendo o limitando su empleo en zonas como del delta del Ebro). Los volúmenes y formas de aplicación dependerán de las indicaciones determinadas en la etiqueta del

producto comercial. Se suelen aplicar estos productos antes o después de la siembra (en función de la cantidad de maleza existente) con la ayuda de barras pulverizadoras hidráulicas acopladas al tractor o bien al medio aéreo, las que permiten distribuirlos de forma homogénea. También se puede aplicar el herbicida (pendimetalina 27'5% p/v y clomazona 5'5% p/v) después de efectuada la siembra en preemergencia del cultivo, que actúa inhibiendo la síntesis de clorofila y carotenoides.

Normalmente, el terreno ya entonces quedará listo para recibir la simiente. Si a pesar de ello quedaran terrones, se recomienda utilizar rotofresadoras (rotovator) que, además de eliminarlos, ayudan a mullir el suelo y permiten una mejor emergencia de las semillas. No obstante, las modernas sembradoras por filas ya llevan adaptada, en su parte delantera, una grada rotativa incorporada que efectúa eficazmente esta labor.

Si el agricultor lo desea, aunque no es un requerimiento indispensable, se puede realizar un análisis de tierra en las zonas que hayan quedado libres para determinar qué nutrientes escasean en el suelo. Por lo general, esta labor se realiza entre los meses de junio y julio, cuando el cultivo ya está inundado y se encuentra en reposo esperando la cosecha. Basta realizar uno por temporada.

5.3. La siembra

La siembra se debe realizar aproximadamente en las mismas fechas que en el sistema tradicional, aunque es posible anticiparla. Si el productor llevara a cabo esta tarea tardíamente podría ver disminuidos sus rendimientos aunque las condiciones climáticas sean las propicias para el cultivo; alternativamente, ello permite también, en caso de fallos notorios de nascencia, volver a sembrar por el sistema tradicional de inundación.

La siembra directa sobre rastrojo (hoy por hoy poco empleada) es un sistema de preparación del suelo y de manejo de la vegetación para la siembra del cultivo, en el que el movimiento realizado en el terreno para colocar las semillas es mínimo, permitiendo ubicarlas por debajo de los rastrojos y en contacto directo con el suelo. Antes de realizar esta tarea es aconsejable realizar un riego (en ausencia de lluvia las semanas previas a la siembra) para que el suelo esté "en sazón" que facilite la nascencia, por lo que conviene llevar un control del nivel de humedad del

mismo, v. gr., mediante tensiómetros. En todo caso, la circunstancia de que el suelo tenga la humedad conveniente para facilitar la nascencia de la semilla resulta indispensable en ambas modalidades de siembra (“sobre rastrojo” y “en seco”)¹².

A diferencia del proceso tradicional, donde por lo general la siembra se realiza “a voleo” mecánicamente, la siembra en seco se realiza en hileras, por lo que requiere de la utilización de máquinas sembradoras que permitan que las semillas y los fertilizantes sean aplicados en la misma fila. Ésta es la principal diferencia existente con la siembra convencional en la que se incorpora el fertilizante y la simiente de forma separada. La utilización de estas sembradoras permite, en fin, que la plántula tenga un mejor y más rápido acceso a los nutrientes.

Conviene utilizar las sembradoras que permiten adaptar la profundidad de siembra y ajustar bien el ancho de las filas. Es importante tener en cuenta que el paso de las máquinas abre el surco, donde se depositará la semilla, a través de un disco.

Desde luego, para este tipo de siembra se precisa el empleo de maquinaria agrícola especializada. Estas máquinas pueden sembrar en promedio diez hectáreas por día, por lo que un agricultor con una sembradora podría sembrar unas veinte hectáreas (90 jt del país) en sólo dos días si no se producen averías o lluvia. Se estima que el arriendo de la maquinaria durante la temporada puede llegar a representar actualmente un coste de 100 euros por hectárea.

En este sistema, las hileras deben tener una separación aproximada de 17 cm entre una y otra (6 filas por metro de anchura de la máquina). La profundidad ideal de siembra, en tanto, oscila de 2 a 4 cm con el propósito de que las simientes puedan captar la humedad del suelo requerida y así poder germinar en el subsuelo y

¹² La imbibición de las semillas quiescentes, en condiciones óptimas de temperatura, oxigenación e iluminación, pone en marcha un conjunto de mecanismos fisiológicos que permiten su germinación y el posterior desarrollo de la plántula. La germinación se inicia con la entrada de agua en la semilla (imbibición) y finaliza con el comienzo de la elongación de la radícula. En condiciones de laboratorio, la posterior rotura de las cubiertas seminales por la radícula es el hecho que se utiliza para considerar que la germinación ha tenido lugar (criterio fisiológico). Sin embargo, en condiciones de campo, no se considera que la germinación ha finalizado hasta que se produce la emergencia y desarrollo de una plántula normal (criterio agronómico).

evitar, de esta forma, que el caracol-manzana se las pueda comer. Una profundidad mayor, además de dificultar el proceso de ahijamiento, haría que la planta demorara más tiempo en emerger y retrasaría todos los procesos subsiguientes, incluyendo la propia cosecha.

La siembra directa en suelo seco puede generar un importante ahorro en el uso de semillas de hasta el 30%, lo que impacta de forma directa en el bolsillo del agricultor. En la siembra tradicional de la variedad "Bomba", por ejemplo, la que se realiza principalmente al voleo, la cantidad de semillas que se utiliza ronda los 180 kg/ha (40 kg/jt, 450 semillas/m²) y más, según otras variedades, alcanzándose fácilmente los 270 kg/ha (60 kg/jt, 700 semillas/m²). En la directa, en cambio, se recomienda una densidad de siembra de 115-137 kg/ha (25-30 kg/jt, 300-350 semillas/m²). Es aconsejable realizar la siembra "a voleo" si el terreno, después de su preparación, ha quedado aterronado y, en este caso, las dosis de siembra deben aumentarse hasta los 160 kg/ha (35 kg/jt, 400 semillas/m²). En cualquier caso, estas densidades parecen aconsejables para la variedad "Bomba" o similares. Para las restantes variedades, dichas dosis deberían incrementarse en 45 kg/ha (10 kg/jt, 120 semillas/m²). No obstante, lo cierto es que hasta la fecha de redacción de estas líneas no existe ningún ensayo significativo que haya concluido que sea viable utilizar menos cantidad de semilla.

Pese a que la utilización de la siembra en seco no involucra un ahorro en el uso de fertilizante -las cantidades se determinan a partir de la información de las etiquetas de los productos o bien de los resultados del análisis del suelo-, sí permite que éste quede mejor localizado en el surco, lo que hará que la planta lo absorba más rápidamente.

El primer riego no se debe efectuar hasta prácticamente un mes después de la siembra (en el sistema tradicional no se riega porque ya está inundado) si el terreno carece de suficiente humedad o se prevé ausencia de lluvias. Luego, se debe proceder a la inundación de los campos, manteniendo un nivel mínimo de agua hasta el final del cultivo. No obstante, el riego más racional deberá llevarse a cabo dependiendo de las condiciones de humedad del suelo, ya que éste debe estar en estado de capacidad de campo (cuando se ha eliminado, por drenaje natural o artificial, el exceso de agua existente en los macroporos existentes entre las partículas

del suelo), es decir, debe absorber más agua. Hay, pues, que fijarse más en el terreno, y no tanto en la planta.

Una cuestión interesante es que esta técnica de cultivo permite la inoculación en laboratorio de micorrizas¹³ en las raíces de la planta, que son hongos que ayudan a combatir eficazmente la *Pyricularia*; alternativamente, la mayoría de las micorrizas no podrían sobrevivir en el terreno inundado. Pero no solamente se obtienen ventajas relacionadas con la protección frente a enfermedades fúngicas. La asociación simbiótica se establece entre las raíces de plantas y las hifas de hongos de los filos *Glomeromycota*, *Basidiomycota* y *Ascomycota*. Al inicio de la colonización, el hongo forma un manto constituido de hifas fúngicas que rodean el ápice de la raíz; luego otras hifas penetran el espacio intercelular existente entre las células radiculares, formando lo que se conoce como la “red de Hartig”. Es aquí, en la red de Hartig, donde se lleva a cabo el intercambio de nutrientes, minerales y agua: el hongo absorbe agua y minerales que luego transloca hacia la planta y en retorno la planta le provee de azúcares y otros productos de la fotosíntesis al hongo.

Dentro de varios de los efectos positivos que le brindan los hongos ectomicorrícicos a su hospedero, el más importante se le atribuye al micelio extrarradical, que aumenta la cantidad de toma de minerales disueltos. La movilización de nutrientes se puede dar por una vía enzimática, que le permite al hongo utilizar nitrógeno orgánico y fósforo, o bien por la liberación de ácidos orgánicos movilizando diversos elementos alcalinos o alcalinotérreos como

¹³ Las micorrizas, a diferencia de otros productos inorgánicos, son organismos vivos que crecen de diferente manera en función de parámetros del clima, suelo y cultivo. Por tanto, el uso de estos productos requiere de un conocimiento preciso de cómo se comportan los microorganismos ante los diferentes condicionantes bióticos y abióticos. Una de las claves fundamentales es conseguir una tasa de micorrización adecuada, ya que esta tasa es la que va a aportar los beneficios de la simbiosis. Por debajo de esa tasa las ventajas no serán susceptibles de poder evaluarse. Y eso se consigue combinando dosis y momento de aplicación en función del cultivo, junto con los parámetros agroclimáticos (clima y características del suelo) que favorecerán el desarrollo de las micorrizas. Es posible que un hongo forme micorrizas con más de una planta a la vez, estableciéndose de este modo una conexión entre plantas distintas; esto facilita la existencia de plantas parásitas (algunas de las cuales ni siquiera realizan la fotosíntesis, como las del género *Monotropa*), que extraen todo lo que necesitan del hongo micobionte y las otras plantas con las que éste también establece simbiosis. Así mismo, varios hongos (en ocasiones de especies diferentes) pueden micorrizar una misma planta al mismo tiempo.

calcio, magnesio y potasio, entre otros. Las hifas excretan principalmente ácido oxálico que ayuda a desgastar las superficies rocosas; además, el diámetro que presenta el ápice de una hifa comparado con el ápice de una raíz, le confiere una gran ventaja a la planta pues le permite explorar sustratos a los cuales no podría alcanzar sin la asociación con su hongo ectomicorrízico.

Se está trabajando, en fin, en variedades a las que pueda quitárseles prematuramente el agua logrando períodos más cortos de riego, lo que contribuye a facilitar el proceso de cosecha, porque las máquinas transitan sobre un suelo seco, estable y que no se rompe. Esa es otra forma en que nos estamos aproximando positivamente a la siembra directa: si no se rompe el suelo tampoco es necesario realizar posteriormente un trabajo de labranza para corregir las huellas que quedan por el paso de las grandes máquinas cosechadoras y tractores de transporte.

En cualquier caso, en el período que transcurre desde abril de 2017 hasta septiembre de 2019 se está llevando a cabo un proyecto piloto innovador de optimización de las dosis de siembra en seco, por parte de los grupos operativos de la Asociación Europea para la Innovación (AEI) en materia de productividad y sostenibilidad agrícolas, con financiación a cargo de los fondos FEADER y el DARP.

El ensayo realizado hasta la fecha contempla 5 variedades (*Argila*, *Guara*, *JSendra*, *Montsianell* y *Sirio CL*) y 3 diferentes dosis de siembra (300, 500 y 700 semillas/m²). Participan en el mismo las siguientes entidades: Prodelta, Comunidad general de Regantes del canal de la Derecha del Ebro, Comunidad de Regantes-Sindicato Agrícola del Ebro, Arrossaires del Delta de l'Ebre, Cámara Arroceras del Montsià, ADV, Ebre Cultius SL, Agrogalgo SL e IRTA/EEE. Parte de un diseño estadístico experimental de bloques con 6 repeticiones, en suelo arcilloso, resultando, al final, unas cantidades de simiente, según las diferentes variedades analizadas, que oscilan entre los 82 kg/ha (*Sirio CL*) y los 342 kg/ha (*Argila*). De hecho, sólo la variedad *Sirio CL* ha presentado diferente nivel de productividad en cosecha según las dosis de siembra, mientras que en las demás variedades tal circunstancia resulta irrelevante; no obstante, el incremento de dichas dosis sí que aumenta significativamente la densidad de planta obtenida en las 5 variedades ensayadas.

5.4. El control de malezas

En este sistema, el control de las malezas y el crecimiento de rebrotes en los rastrojos se efectúa con herbicidas post-emergentes de amplio espectro de control, especialmente con productos sistémicos, habiendo “secado” previamente la parcela. Hasta ahora ha sido común el uso de preparados a base de glifosato (2-ácido acético; sal de isopropilamina de N-fosfonometilglicina, $C_3H_8NO_5P$, CAS 1071-83-6). Este conocido herbicida mata las plantas interfiriendo con la síntesis de los aminoácidos fenilalanina, tirosina y triptófano. Lo hace inhibiendo la enzima 5-enolpiruvilshikimato-3-fosfato sintasa (EPSPS); aunque el crecimiento se detiene a las pocas horas de la aplicación, las hojas tardan algunos días en volverse amarillas. No obstante, tal como hemos dicho en el anterior epígrafe 5.2., el empleo de este herbicida está cuestionándose en algunas zonas húmedas como el delta del Ebro. Por otra parte, si se observa presencia de maleza, posteriormente, debe realizarse un tratamiento a base de los mismos herbicidas empleados en el sistema tradicional, ya mencionados anteriormente.



Fig. 10. Tratamiento fitosanitario mediante helicóptero.

Si el barbecho químico fue realizado en forma adecuada, la emergencia de malezas no debiera ser un problema hasta dos semanas después de aquel. Posteriormente, la siembra directa, a

diferencia del sistema tradicional, permite realizar un mejor control de las malezas debido a que se pueden utilizar barras pulverizadoras, que permiten obtener una mayor efectividad y cubrimiento de las malezas al proporcionar el tamaño de gota apropiado. En este caso, la barra pulverizadora debe ir accionada por el tractor o medio aéreo y cargada con los herbicidas más adecuados según las malas hierbas a tratar (cola, mijo, punta de espada, grama, “panissola”, tarantela, ...) y otras ciperáceas y perennes.

La aplicación de los herbicidas se lleva a efecto mediante tractor con su cuba suspendida y barras pulverizadoras, al igual que se viene realizando en el sistema de inundación tradicional. Independientemente del aparato escogido, la aplicación de los herbicidas debe realizarse cuando las malezas tengan entre 3 y 4 hojas y de acuerdo a las dosis recomendadas por los fabricantes del producto autorizado que se utilice. Cuando los herbicidas son aplicados fuera de las normas establecidas, es decir, sin respetar los factores ambientales, horario de aplicación o la tecnología de pulverización, se presenta una drástica disminución en la efectividad de los mismos, resultando en un gran perjuicio para el agricultor arrocero que suele ser imputado, erróneamente, al producto utilizado.



Fig. 11. Tractor agrícola efectuando un tratamiento fitosanitario.

Los agricultores, idealmente, deben elegir el herbicida a aplicar a partir del tipo de maleza presente y de su grado de infestación. Las malas hierbas más corrientes en los arrozales son las anteriormente relacionadas.

5.5. La fertilización

Cabe realizar, al respecto, la consideración de que la siembra directa sobre rastrojos o “en seco” puede constituir una alternativa altamente efectiva para controlar la erosión y los problemas de pérdida de nutrientes del suelo. La eficiencia de la fertilización nitrogenada puede reducirse significativamente en terrenos con bajo contenido de materia orgánica en el perfil, porque ésta regula el almacenamiento y liberación del nitrógeno (N_2) en el suelo. Al haber mayor cantidad de rastrojos y materia orgánica estratificada en la capa superficial del suelo, su descomposición por los microorganismos ocurre en forma gradual, y de ese modo se logra una mejor sincronización entre el aporte de N_2 a través de la biomasa microbiana y la cantidad que se aplica al cultivo mediante la fertilización nitrogenada. Con el N_2 aportado por la mineralización de la materia orgánica es posible reducir la fertilización nitrogenada y alcanzar rendimientos iguales o incluso mayores que los obtenidos mediante el cultivo tradicional llevado a cabo por inundación.

La relación C/N Carbono/Nitrógeno indica la potencialidad del suelo para transformar la materia orgánica existente en el mismo (MO) en nitrógeno mineral. De manera general, se considera que una relación C/N comprendida entre 10 y 12 produce una correcta liberación de nitrógeno, mientras que valores por encima o por debajo de esta cifra, provocan liberaciones muy escasas o excesivas.

El nivel de MO y la relación C/N proporcionan información sobre el nitrógeno asimilable que el suelo va a producir a lo largo del ciclo de cultivo. El nitrógeno que se libere a partir de la materia orgánica del suelo tendrá importancia en el abonado sólo cuando suponga cantidades significativas. Así, los suelos presentan, mayoritariamente, contenidos en MO entre el 1 y 2%, y pueden aportar al suelo entre 15 y 30 kg de N/ha en el caso de tierras fuertes y climas fríos, y entre 30 y 60 kg de N/ha en el caso de suelos arenosos y climas cálidos, más coincidentes con los arrozales que nos ocupan.

La fertilización resulta fundamental para el desarrollo del cultivo y se debe realizar en dos fases claramente diferenciadas:

- La primera durante la siembra (abonado de fondo), donde se debe aplicar un máximo de 20% del total de nitrógeno. Podría estudiarse, en este caso, la aplicación de gas amoníaco anhidro vigilando sus efectos sobre la simiente. No obstante, hay expertos que se muestran contrarios a su uso en esta etapa fenológica del cultivo, pues consideran que ello implica que la planta se nutrirá suficientemente de las reservas de la semilla. Los macronutrientes que sí se recomiendan de forma obligatoria durante la siembra son el fósforo (P_2O_5) y el potasio (K_2O), en dosis de 100%, lo que significa que se aplicará en su totalidad y no se reservarán unidades fertilizantes para realizar aplicaciones posteriores.
- La segunda fase de la fertilización (abonado de cobertera) se debe llevar a cabo cuando el arroz alcance entre tres y cuatro hojas, lo que ocurre un día después de realizar el control de malezas y uno antes de realizar la inundación definitiva. Aquí se debe emplear normalmente urea, con una riqueza del 46% de N_2 , que debe pasar de su forma amídica a la forma amoniacal y, posteriormente, a la nítrica para ser absorbido por la planta. En cualquier caso, el arroz constituye un caso típico de adaptación anaeróbica de absorción en forma amoniacal.

El paso de nitrógeno amídico a amoniacal tiene lugar mediante hidrólisis, con intervención de la enzima ureasa, entre los 5 y 10 días siguientes a su incorporación, dependiendo de la humedad y la temperatura y del contenido de materia orgánica del suelo. La urea, mientras no se hidroliza, es tan móvil como un nitrato. El nitrógeno en estado amoniacal se nitrifica por acción de las bacterias nitrificantes, de forma más o menos rápida en función de la fauna del suelo, aireación, humedad, temperatura y pH, pasando el nitrógeno a estado nítrico en que es absorbido. La urea, por lo tanto, es un fertilizante de acción lenta y prolongada en el tiempo, que depende del clima para su transformación, lo que restringe su área de aplicación.

Los compuestos derivados de la urea han dado lugar a un nuevo tipo de fertilizantes nitrogenados que tienen la cualidad distintiva de ir suministrando nitrógeno a las plantas a medida que éstas lo necesitan. Las plantas cultivadas, en general, requieren para su crecimiento óptimo un nitrógeno suplementario al aportado de fondo y que se ponga a su disposición en forma prolongada y continua. El amplio desarrollo de los fertilizantes encapsulados de acción o liberación lenta que se ha logrado en las dos últimas décadas ha dado una solución a este problema mediante cuatro tipos de abonos: la urea-formaldehído (UF), la crotonilidendiurea (CDU o Crotodur), la isobutilidendiurea (IBDU o Isodur) y la urea recubierta de azufre (SCU).

Veamos también que se están realizando bajo la supervisión del IRTA (Estación Experimental del Ebro, EEE), conjuntamente con la Oficina de Fertilización y Tratamiento de Deyecciones Ganaderas¹⁴, ensayos de fertilización orgánica, tanto en fondo (a base de 140 kg N/ha de “gallinaza”) como en cobertera (antes de la inundación, a base de 140 kg N/ha de purín) a base de purines líquidos (bovinos y porcinos) y estiércol de gallina (“gallinaza”) con buenos resultados económicos que igualan los rendimientos de cosecha obtenidos con la fertilización mineral tradicional y posibilitan el aprovechamiento sostenible de un subproducto abundante en extensas zonas de nuestro país. Debe tenerse en cuenta que la aplicación del purín debe realizarse desde la cuba y tractor con “mangas” sobre el terreno y no mediante su reparto tradicional en “abanico”, que origina pérdidas importantes de N₂ y una gran irregularidad en su distribución.

En cualquier caso, modernamente se han creado ciertos productos con los que el agricultor arrocero tiene a su disposición una herramienta que le permite mejorar la eficiencia del nitrógeno del purín, consiguiendo aumentar su disponibilidad para el cultivo y

¹⁴ La Oficina de fertilización y tratamiento de las deyecciones ganaderas es el instrumento del *Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació de la Generalitat de Catalunya*, para poner a disposición de los usuarios la información y herramientas necesarias para mejorar la gestión de todos los productos con valor fertilizante que tienen como destino final el suelo agrícola (deyecciones, abonos químicos, compuestos, etc.). Su trabajo se centra en la mejora de la gestión en la propia granja, el mantenimiento y evolución de los actuales sistemas de tratamiento de las deyecciones ganaderas, el fomento de mejoras en las prácticas de fertilización y la orientación en los trámites administrativos relacionados. Por esta razón se clasifica la información en tres grandes bloques: granja, campo y oficina.

reducir considerablemente las pérdidas de dicho nutriente esencial, obteniendo incrementos del 4 al 7% de materia seca producida respecto a un purín convencional. Es un formulado especial de dMpp (3,4-dimetilpirazol fosfato), ingrediente activo desarrollado por Basf[®]. Se trata de un estabilizador de nitrógeno para purines y otros fertilizantes orgánicos, que estabiliza el nitrógeno manteniéndolo en forma de ión amonio (catión) que queda retenido y almacenado en el complejo arcillo-húmico del suelo, sin ser transformado en nitrato (anión). De este modo, se reducen las pérdidas y el nitrógeno está disponible en más cantidad y durante más tiempo para el cultivo. El hecho de mantener el nitrógeno en forma de ión amonio favorece la nutrición amoniacal con beneficios adicionales para el cultivo, tanto cualitativos como cuantitativos.

El nitrógeno aportado con el purín en el abonado de fondo se mantiene retenido en el suelo durante varias semanas, permitiendo que el cultivo lo aproveche a medida que se desarrolla. A nivel ambiental se reducen las pérdidas del nitrógeno por lavado y por emisiones de gases de efecto invernadero. Es sabido que el nitrógeno del purín se transforma en nitrato¹⁵, muy soluble y móvil, que por acción del agua de riego o lluvia acaba disuelto y lavado con el riesgo de acumularse en las aguas subterráneas. Con dichos estabilizadores, la reducción de las pérdidas es importante, y varía mucho en función del tipo de suelo, pudiendo superar el 65%.

5.6. La inundación

Una vez que el arroz alcanza las cuatro hojas, e inmediatamente después de efectuada la fertilización con urea, se debe proceder a la primera inundación de las parcelas de cultivo, lo que por lo general ocurre un mes después de la siembra, siempre

¹⁵ Las bacterias del suelo del género *nitrosomonas* (y otros como *nitrosococcus*, *nitrobacter* y *nitrococcus*) son organismos quimiolitotróficos que convierten el amonio (NH_4^+) en nitrito (NO_2^- , mediante el proceso de nitrificación) que luego acaba en forma de nitrato (NO_3^-), y consiguen su energía mediante la oxidación de los compuestos inorgánicos del nitrógeno. Muchas especies de bacterias nitrificantes, que constituyen un pequeño grupo taxonómico en el medio ambiente, tienen sistemas complejos de membrana interna donde residen las enzimas clave en la nitrificación: *amoníaco monooxigenasa* que oxida amoníaco a hidroxilamina, y *nitrito oxidorreductasa*, que oxida el nitrito a nitrato. Pero los problemas no acaban aquí: este nitrato puede ser transformado en óxido nitroso (N_2O) en los procesos de desnitrificación por efecto de determinadas bacterias, favorecidas en ciertas ocasiones. Este óxido nitroso se pierde en la atmósfera habida cuenta de su gran volatilidad.

dependiendo de la climatología. La inundación es igual a la que se realiza en el sistema tradicional. La única diferencia estriba en que, en la siembra directa en seco, esta tarea se lleva a cabo después de la siembra (como sucede con el resto de las gramíneas) y no antes de ella, como ocurre en el sistema tradicional. Con ello, puede reducirse la inundación de los campos de cultivo entre 4 y 6 semanas, cuando la planta ha alcanzado suficiente altura como para que el caracol-manzana no pueda dañarla. Algún beneficio que puede aportar entonces, por cierto, la presencia de dicho gasterópodo estriba en su capacidad de comerse las malas hierbas que se hallen todavía en estado incipiente de desarrollo.

En la primera inundación del sistema de siembra en seco, la lámina de agua no debe superar los 10 cm de altura y debe vigilarse la formación de costra que impida o dificulte la nascencia de la plántula. A medida que crece el cultivo, hay que mantener un tirante o calado de agua equivalente a una tercera parte de la altura de la propia planta. El agua debe permanecer en el campo, opcionalmente, hasta el mismo momento de la cosecha, o bien secarse el terreno con anterioridad siempre vigilando que no ascienda la sal por capilaridad desde la capa freática. De hecho, este sistema de riego intermitente (siglas en inglés AWD), puede llegar a reducir las emisiones de GEI (gases de efecto invernadero: metano, óxido nitroso y dióxido de carbono) hasta un 48% según algunas de las experiencias realizadas en las que se ha cortado el abastecimiento de agua hasta que el potencial hídrico del suelo alcanza los -20 kPa (lo que supone unos 5 días sin agua). A partir de la floración la inundación del campo ya debe ser continua. Debe considerarse, al respecto, que el terreno más seco facilitará, alternativamente, el tránsito de las máquinas cosechadoras y tractores-tolva auxiliares en el momento de la siega, con lo que no se producirán tantos desniveles del terreno, roderas, etc., que obliguen a realizar posteriores labores de allanamiento del mismo.

Tres razones motivan la implementación del riego intermitente en el cultivo arrozal cuyo periodo de aplicación tendrá lugar desde que la planta posea las 4 hojas hasta su máximo ahijado (Català, 2017), a saber: 1) Mitigación del cambio climático por reducción de las emisiones de CH₄; 2) Adaptación al cambio climático ante posibles escenarios de carencia de recursos hídricos¹⁶; 3) Lucha

¹⁶ Ya sea en estado líquido, sólido o gaseoso, el agua resulta vital para nuestro planeta. Dependemos de ella para beber, para la agricultura y para la ganadería, e innumerables

contra el caracol-manzana provocando su inactividad (imposibilitando su desplazamiento y sus capacidades de reproducción y alimentación).

Debe tenerse en cuenta, así mismo, que una vez se ha procedido a la inundación de las parcelas conviene no secarlas (salvo para defenderlas de ataques del caracol-manzana) puesto que la planta ya se ha aclimatado al agua y resultaría contraproducente crearle un estrés por esta razón. Además, al secar la parcela, la solución salina del subsuelo tiene tendencia a subir hasta la superficie, con lo que la raíz de la planta de arroz sembrada en seco, que normalmente ha profundizado más que la sembrada por el sistema tradicional de inundación, queda pronto sumergida en dicha solución, con claros efectos negativos para la misma. Desde luego, el nivel de salinidad, tanto en la solución del suelo como en el agua de riego, constituye un claro factor limitante de la productividad del cultivo.

Otras conclusiones relevantes del estudio realizado por el IRTA (Català, 2017) son las siguientes: a) En general, la densidad de panículas no se ve afectada por el riego intermitente, b) La restricción hídrica severa (-30 kPa, ciclo de 17 días en las condiciones del ensayo efectuado) ha afectado de manera significativa a la cosecha, c) El riego intermitente seguro (con un potencial hídrico del suelo¹⁷ de -20 kPa, ciclo de 6 días en las condiciones del ensayo) no ha afectado significativamente a la cosecha, aún observándose una ligera tendencia a la baja, d) El riego intermitente implica un aumento en la conductividad eléctrica (salinidad) del suelo que puede suponer un problema de estrés hídrico y salino para el desarrollo del cultivo, e) El descenso de la producción observado de un 10% respecto a la obtenida por el

especies necesitan los ecosistemas de agua dulce para vivir y reproducirse. Los océanos contribuyen a modular los niveles de CO₂ y a mantener las temperaturas globales, a la vez que transportan nutrientes y albergan ecosistemas marinos. Con el cambio climático, cambiarán también los recursos de agua dulce y salada sobre los que se basan nuestras sociedades y economías. Y a medida que cambia el clima, cambiará también -o debería hacerlo- nuestra relación con el agua.

¹⁷ El **potencial hídrico** hace referencia a la energía potencial del agua, o sea, la energía libre que poseen las moléculas de agua para realizar trabajo. Cuantifica la tendencia del agua de fluir desde un área hacia otra debido a ósmosis, gravedad, presión mecánica, o efectos mátricos como la tensión superficial. Es un concepto generalmente utilizado en fisiología vegetal que permite explicar la circulación del agua en las plantas; como así también en los animales y, en este caso, en el suelo.

sistema tradicional con lámina continua puede ser debido al manejo diferencial del agua, f) Sería conveniente ajustar, en general, la estrategia de fertilización para el riego intermitente, y la fertilización nitrogenada en particular puesto que se pueden incrementar las pérdidas de N_2O , g) Este tipo de riego posee un impacto diferenciado según la variedad de arroz empleada.

No existe, por ahora, el dato concreto acerca de las cantidades de agua a emplear, pero se estima que en el sistema tradicional se vienen usando 28.000 m³/ha y en el de siembra directa esta cifra podría rebajarse hasta 19.600 m³/ha, lo que equivale a un ahorro del 30%. En la práctica, este ahorro de agua permitiría evitar la reducción de la superficie de siembra, en caso de que ocurriera una excepcional sequía en el futuro que obligara a adoptar tan drástica medida por parte del correspondiente Organismo de Cuenca (las diferentes Confederaciones Hidrográficas¹⁸). Alguna investigación ha observado una tendencia a menores valores de consumo para suelo no inundado, que sugiere que es posible una reducción de la evapotranspiración cuando el arroz es sembrado en seco, lo que evitaría la inundación del terreno en fases. Entre tanto, juzgamos preferible no hablar de cifras concluyentes sobre el uso y el ahorro de agua que tiene lugar con el sistema de siembra directa en seco, ya que no se han realizado hasta la fecha estudios fidedignos al respecto (Franquet *et alt.*, 2017).

¹⁸ Los Organismos de Cuenca, con la denominación de “Confederaciones Hidrográficas”, fueron creadas en el año 1926 por Real Decreto Ley, viniendo definidas en la vigente Ley de Aguas de 1985 como entidades de Derecho público con personalidad jurídica propia y distinta del Estado, adscritas, a efectos administrativos, al Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, a través de la Dirección General del Agua, como organismos autónomos que disponen de plena autonomía funcional. Las Confederaciones Hidrográficas han venido funcionando ininterrumpidamente desde su nacimiento, desempeñando un importante papel en la planificación hidrológica, gestión de recursos y aprovechamientos, protección del dominio público hidráulico, concesiones de derechos de uso privativo del agua, control de calidad del agua, proyecto y ejecución de nuevas infraestructuras hidráulicas, programas de seguridad de presas, bancos de datos, etc.

6. CONCLUSIONES

De entre todos los cereales en los que se basa la alimentación humana, el arroz es el cereal consumido por un mayor número de personas. En Japón, en China, en la India y en Indochina, la comida tradicional para miles de millones de habitantes tiene como base justamente el arroz. El 95% de la producción mundial de este cereal se concentra en Asia. El arroz se cultiva en esos países desde tiempo inmemorial. El más antiguo testimonio histórico sobre el arroz es un edicto sobre la siembra de dicha planta, emitido hace 5.000 años por un emperador chino. Debería pasar mucho tiempo antes de que el arroz fuese introducido también en Europa, y mucho más para que llegara a América. En Europa lo introdujeron los árabes en la Edad Media, y los europeos, tras el descubrimiento de América por Cristóbal Colón (1492), lo llevaron al nuevo continente.

El cultivo aeróbico del arroz (en presencia de oxígeno en el suelo) es una práctica de cultivo empleada en algunas zonas del mundo de escasez de agua o de difícil nivelación topográfica; en nuestro caso, alternativamente, el interés de su aplicación en algunas fases del ciclo vegetativo radica en la lucha contra la plaga mencionada del caracol-manzana, así como en el ahorro de gastos de cultivo y el menor impacto ambiental. El mantenimiento de la reserva fácilmente utilizable de agua en la zona radicular del suelo, situada entre la capacidad de campo¹⁹ y el 80% de dicha capacidad (“franja de confort del cultivo”), permite al arroz vegetar normalmente en ambiente aeróbico, como sucede con cualquier otro cereal.

Pero la práctica de la siembra en seco no debe generalizarse a todas las situaciones edáficas. Las tierras menos aptas son las de suelos arenosos que, por su mayor permeabilidad tienen también mayor riesgo de recibir filtraciones laterales de aguas con sales procedentes de las tierras contiguas sembradas sobre lámina de

¹⁹ La **Capacidad de Campo (CC)** es el contenido de agua o humedad que es capaz de retener el suelo luego de su saturación o de haber sido mojado abundantemente y después haberse dejado drenar libremente, evitando la pérdida por evapotranspiración hasta que el potencial hídrico del suelo se estabilice (lo que sucede alrededor de 24 a 48 horas después de la lluvia o riego). El término en cuestión se introdujo en el año 1922 por los autores Israelson y West (ver la pertinente cita bibliográfica). Corresponde, aproximadamente, al contenido de agua que retiene una muestra de suelo saturada y luego sometida a una tensión de -0.33 bares (Richards y Weaver, 1944).

agua por el sistema tradicional. Por ello, resulta recomendable anticipar, en la medida de lo posible, la fecha de la siembra en seco antes de que se inunden los campos por el método convencional, así como evitar sembrar parcelas aisladas rodeadas de tierras inundadas, cuestión que puede planificarse *a priori* mediante una adecuada sectorización de las tierras como la que se propugna por parte de la Comunidad de Regantes - Sindicato Agrícola del Ebro, que es la entidad peticionaria del presente trabajo y cuyo ámbito de actuación se extiende al delta izquierdo del río Ebro y a las terrazas aluviales del tramo inferior de dicho río.

A lo largo del presente manual, y en algunos de sus epígrafes, se especifican algunas conclusiones más particulares que se extraen de los diferentes estudios y pruebas realizados hasta la fecha, fundamentalmente en la zona del delta del Ebro. Especialmente relevantes nos parecen las que se encuentran expuestas en los apartados 5.2, 5.3, 5.5 y 5.6.

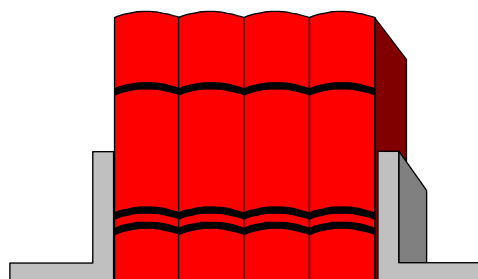
El sistema de siembra en seco en los arrozales, tanto del delta del Ebro como de las restantes zonas arroceras de España, en definitiva, augura resultados prometedores y numerosas ventajas que ya han sido expuestas anteriormente, con independencia de la problemática específica que presenta cada una de ellas y las restricciones a su aplicación. No obstante, habrá que seguir investigando su aplicabilidad para optimizar todas las operaciones propias del cultivo y siempre teniendo en cuenta la idoneidad de cada zona y sus correspondientes subzonas para su implantación en función, especialmente, de las características edafoclimáticas de la parcela en cuestión (salinidad, integral térmica, profundidad de la capa freática, régimen de vientos y lluvias, pH, granulometría, temperatura, pedregosidad, altitud, luminosidad, estructura, contenido de materia orgánica, etc.). También teniendo en cuenta la adaptabilidad al nuevo sistema de las diferentes variedades comerciales de arroz (hoy en día en continuo desarrollo), régimen de abonados y calidad del agua de riego.



ABREVIATURAS Y SIGLAS

%	Porcentaje (tanto por cien)
...	Puntos suspensivos (etcétera)
€	Euros
ACA	<i>Agència Catalana de l'Aigua</i>
ADV	Agrupación de Defensa Vegetal
AEI	Asociación Europea para la Innovación
art.	Artículo
AWD	Sistema de Riego Intermitente
°C	Grados centígrados
CC	Capacidad de Campo
CDU	Crotonilidendiurea o Crotodur
CEDEX	Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas. Centro de Estudios Hidrográficos
cm	Centímetros
C/N	Relación Carbono-Nitrógeno
CRSAE	Comunidad de Regantes - Sindicato Agrícola del Ebro
DARP	<i>Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca</i>
DMA	Directiva Marco del Agua
Dr.	Doctor
dS	Decisiemens
ed.	Editorial
EEE	<i>Estació Experimental de l'Ebre</i>
<i>et alt.</i>	Y otros
etc.	Etcétera
FAO	<i>Food and Agriculture Organization</i>
FEADER	Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural
Fig.	Figura
g	Gramos
GEI	Gases de Efecto Invernadero
h	Hora
ha	Hectárea
Hg	<i>Hidrargirium</i> (Mercurio)
IBDU	Isobutilidendiurea o Isodur
Inc.	<i>Incorporation</i>
IRRI	<i>International Rice Research Institute</i>
IRTA	<i>Institut de Recerca i Tecnologies Agroalimentàries</i>
IRYDA	Instituto Nacional de Reforma y Desarrollo Agrario

IVIA	Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias
jt	Jornal de tierra medida del país
kg	Kilogramo
km	Kilómetro
kPa	Kilopascal
l	Litros
m	Metros
m ²	Metros cuadrados
m ³	Metros cúbicos
M	Millones
<i>MAB</i>	Programa sobre el Hombre y la Biosfera
mm	Milímetros
MO	Materia Orgánica
N, N ₂	Nitrógeno
n ^º	Número
NW	Noroeste
OGM	Organismo Genéticamente Modificado
OMC	Organización Mundial del Comercio
p. = pág.	Página
PEIN	<i>Pla d'Espais d'Interès Natural</i>
pH	Potencial de Hidrógeno
pp. = págs.	Páginas
p/p	Porcentaje peso a peso
p/v	Por volumen
S.A.	Sociedad Anónima
SCCRL	<i>Societat Cooperativa Catalana de Responsabilitat Limitada</i>
SCL	Sociedad Cooperativa Limitada
SCU	Urea recubierta de azufre
S.L.	Sociedad Limitada
ss.	Siguientes
t	Toneladas métricas
UE	Unión Europea
UF	Unidad Fertilizante, urea-formaldehído
UIC	<i>Universitat Internacional de Catalunya</i>
UNED	Universidad Nacional de Educación a Distancia
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
URV	Universidad Rovira y Virgili
v. gr.	<i>Verbi gratia</i>



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BARKER, R.X.; HERDT, R.W.; ROSE, B. (1985). *The rice economy of Asia*. Washington, D.C., Resources for the future – Manila, IRRI. 324 p.
2. CATALÀ FORNER, M. M. (2017). *Impacto agronómico del riego intermitente en arroz*. IRTA. Estació Experimental de l'Ebre. Amposta (Tarragona).
3. CEDEX. CENTRO DE ESTUDIOS HIDROGRÁFICOS. (2017). *Trabajos en el hemidelta derecho del Ebro para la Comunidad General de Regantes del Canal de la Derecha del Ebro* (Informe final). Ministerios de Fomento y Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid.
4. ESPINAL, C.F.; MARTÍNEZ, H.J.; ACEVEDO, X. (2005). “La cadena del arroz en Colombia. Una mirada global de su estructura y dinámica 1991-2005”. Disponible: <http://www.agrocadenas.gov.co> [Fecha revisión: 2 de abril de 2010].
5. FRANQUET BERNIS, J.M.; BORRÀS PAMIES, C. (2004). *Varietades y mejora del arroz (Oryza sativa, L.)*. Ed.: Universitat Internacional de Catalunya (UIC). Tortosa. 464 p.
6. FRANQUET BERNIS, J.M. (2009). *El caudal mínimo medioambiental del tramo inferior del río Ebro*. Ed.: Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED). Tortosa. 344 p.
7. FRANQUET, J.M.; ALBACAR, M.A.; TALLADA, F. (2017). *Problemática del río Ebro en su tramo final (Informe acerca de los efectos sobre el área jurisdiccional de la Comunidad de Regantes-Sindicato agrícola del Ebro)*. Ed.: Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED). Tortosa. 352 p.

8. GENERALITAT DE CATALUNYA (1995). Pla Territorial General de Catalunya. Departament de Política Territorial i Obres Públiques. Barcelona.

9. ISRAELSON, O.W.; WEST, F.L. (1922). "Water holding capacity of irrigated soils". Utah State Agricultural Experiment Station Bull 183: 1-24.

10. RICHARDS, L.A.; WEAVER, L.R. (1944). "Moisture retention by some irrigated soils as related to soil moisture tension". Journal of Agricultural Research 69: 215-235.



ÍNDICE DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
Fig. 1. El delta del Ebro	9
Fig. 2. Planta de sectorización de la zona regable deltaica (margen izquierdo)	15
Fig. 3. Red de desagüe en el delta izquierdo del Ebro.....	16
Fig. 4. Ejemplar de caracol-manzana adulto.....	17
Fig. 5. Puesta característica de huevos de caracol-manzana.....	17
Fig. 6. Mayores productores de arroz a nivel mundial.....	20
Fig. 7. Importaciones y exportaciones mundiales (periodo 2013-2015)	22
Fig. 8. Grada preparatoria del terreno	26
Fig. 9. Inicio de la inundación de una parcela.....	28
Fig. 10. Tratamiento fitosanitario mediante helicóptero.....	40
Fig. 11. Tractor agrícola efectuando un tratamiento fitosanitario ..	41



ÍNDICE DE TABLAS

	<u>Pág.</u>
Tabla 1. Mayores productores de arroz en el mundo.....	19
Tabla 2. Métodos de siembra del arroz según el tipo de cultivo....	27



*Este librito se ha acabado de imprimir
el día 28 de febrero de 2018, en los talleres
de Gráfica Dertosense S.L., de Tortosa.*