



Manual Técnico del Manejo Integrado del Cultivo de Arroz



REPÚBLICA
DEL ECUADOR

Ministerio de Educación,
Deporte y Cultura

Esta publicación ha sido impresa con el apoyo del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, en el marco del proyecto "Mejoramiento de la productividad del sector arrocerero a través de la validación de nuevos cultivares de arroz de alto rendimiento sujetos a tecnologías de manejo integrado del cultivo".

Copyright © PNUD 2025

Todos los derechos reservados

Elaborado en Ecuador

El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) autoriza la reproducción parcial o total de este contenido, siempre y cuando se realice sin fines de lucro y se cite la fuente de referencia.

“Las opiniones, análisis y recomendaciones de política no reflejan necesariamente el punto de vista del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, como tampoco de sus Estados Miembros“

Editores:

Marcos David Oviedo Rodríguez

Daysi Beatriz Soto Calderón

Walter Oswaldo Reyes Borja

Fernando Javier Cobos Mora



Marcos David Oviedo Rodríguez
Rector
Universidad Técnica de Babahoyo
moviedo@utb.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-5700-7559>



Daysi Beatriz Soto Calderón
Vicerrectora de Investigación y Posgrado
Universidad Técnica de Babahoyo
dsotoc@utb.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-1500-4963>



Walter Oswaldo Reyes Borja
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Universidad Técnica de Babahoyo
wreyes@utb.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-1706-0793>



Fernando Javier Cobos Mora
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Universidad Técnica de Babahoyo
fcobos@utb.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-8462-9022>

MANUAL TÉCNICO DEL MANEJO INTEGRADO DEL CULTIVO DE ARROZ

Primera Edición, octubre 2025

(D) ISBN: 978-9942-606-54-9 (eBook)

(P) ISBN: 978-9942-606-55-6 (Book)

Editado por:

Universidad Técnica de Babahoyo

Avenida Universitaria Km 2.5 Vía a Montalvo

Teléfono: 052 570 368

© Reservados todos los derechos 2025

www.utb.edu.ec

E-mail: editorial@utb.edu.ec

Este texto ha sido sometido a un proceso de evaluación por pares externos.

Diseño y diagramación, montaje y producción editorial

Universidad Técnica de Babahoyo

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

Queda prohibida toda la reproducción de la obra o partes de la misma por cualquier medio, sin la preceptiva autorización previa.

ISBN: 978-9942-606-54-9



ISBN: 978-9942-606-55-6



PRESENTACIÓN

El Manual Técnico del Manejo Integrado del Cultivo de Arroz, nace con un propósito claro: poner al alcance de estudiantes, técnicos, productores y responsables de políticas un compendio actualizado, práctico y científicamente sólido para producir arroz de manera rentable, eficiente y sostenible. El texto articula saber agronómico, evidencia experimental y experiencia de campo acumulada en la costa ecuatoriana y en la región, y lo traduce en protocolos aplicables directamente a la parcela.

Desde una perspectiva técnica y productiva, sobresale la mirada integral que estructura la obra. Inicia con las bases del cultivo —origen, morfología, fisiología y requerimientos edafoclimáticos— para explicar por qué cada decisión sobre siembra, riego o nutrición repercute en el macollamiento, la floración y el llenado de grano. Continúa con mejoramiento genético y selección varietal, destacando la ampliación de la base genética y la adopción de materiales tolerantes a estreses sin sacrificar calidad comercial.

Los capítulos operativos —semilleros, preparación de suelo, establecimiento, nutrición, manejo integrado de malezas, plagas y enfermedades— priorizan la prevención, la rotación de modos de acción y el uso racional de insumos. Se incorporan prácticas de agricultura climáticamente inteligente como el riego con secas intermitentes (AWD) y el Sistema Intensivo de Cultivo de Arroz (SRI), que permiten ahorrar agua y reducir emisiones sin comprometer rendimiento.

El manual otorga especial relevancia a cosecha y poscosecha: criterios de madurez, calibración de trilladoras, reducción de pérdidas y preservación de la calidad molinera y culinaria. Un capítulo diferenciado desarrolla costos de producción y rentabilidad, transformando labores, insumos, depreciación y riesgos en indicadores comparables que fortalecen la toma de decisiones empresariales.

La obra dialoga con la realidad ecuatoriana sistemas de siembra, zonas productoras y desafíos como salinidad y malezas resistentes y propone rutas de adopción para distintos niveles de tecnificación, desde fincas familiares hasta esquemas mecanizados.

Invitamos a leer este manual, para que sirva como guía de campo, material de aula y base para la innovación que el cultivo necesita para ser más competitivo y sostenible.

Walter Oswaldo Reyes Borja, Ph.D.
Docente- Investigador de la Universidad Técnica de Babahoyo.

CONTENIDO

Capítulo I. Generalidades del Cultivo de Arroz	1
1.1. Resumen.....	1
1.2. Introducción	1
1.3. Origen	4
1.4. Expansión global del arroz.....	5
1.5. Importancia evolutiva y genética	5
1.6. Centros de diversidad genética	6
1.7. Perspectivas actuales.....	6
1.8. Taxonomía	7
1.9. Morfología	7
1.10. Fisiología.....	8
1.11. Aspectos fisiológicos clave	9
1.12. Importancia de su morfología y fisiología en el manejo agronómico	9
1.13. Requerimientos edafo-climáticos de cultivo de arroz	10
1.14. Sistemas de Cultivo.....	14
1.15. Perspectivas futuras.....	18
1.16. Situación mundial, regional y nacional de la producción de arroz	18
1.17. Conclusiones	23
1.18. Bibliografía.....	24
Capítulo II. Mejoramiento Genético del Arroz	27
2.1. Resumen.....	27
2.2. Introducción	27
2.3. Conclusiones.....	42
2.4. Bibliografía	42
Capítulo III. Preparación y manejo de los semilleros	47
3.1. Resumen.....	47
3.2. Introducción	47
3.3. Densidad de siembra	48
3.4. Pregerminación de las semillas	49
3.5. Siembra y manejo del semillero en campo	50
3.6. Semilleros para siembra tecnificada	53
3.7. Preparación del sustrato para la siembra de bandejas	54

3.8.	Materiales y herramientas para la preparación del sustrato	54
3.9.	Preparación del sustrato	54
3.10.	Preparación de las bandejas para el trasplante	55
3.11.	Proceso de preparación de bandejas en trasplante	55
3.12.	Cuidado de las bandejas en almácigo.....	56
3.13.	Conclusiones	57
3.14.	Bibliografía.....	57
Capítulo IV. Preparación del suelo		59
4.1.	Resumen.....	59
4.2.	Introducción	60
4.3.	Actividades de presembrado.....	61
4.4.	Tipos de labranza	63
4.5.	Puntos de decisión operativa.....	64
4.6.	Rastra	65
4.7.	Romplo / Rastra pesada.....	68
4.8.	Fangueo.....	71
4.9.	Conclusiones.....	74
4.10.	Bibliografía.....	75
Capítulo V. Establecimiento del cultivo		77
5.1.	Resumen.....	77
5.2.	Introducción	77
5.3.	Épocas de siembra	78
5.4.	Densidad	79
5.5.	Métodos de siembra	80
5.6.	Calidad de agua para riego.....	83
5.7.	Conclusiones.....	84
5.8.	Bibliografía	84
Capítulo VI. Nutrición del cultivo de arroz		87
6.1.	Resumen.....	87
6.2.	Introducción	87
6.3.	Análisis de suelo	88
6.4.	Procedimiento	89
6.5.	Recomendaciones	90

6.6.	Análisis foliar.....	90
6.7.	Elementos requeridos en la nutrición de las plantas	91
6.8.	Función de los nutrientes esenciales	93
6.9.	Estados de desarrollo del cultivo considerados para el fraccionamiento de los fertilizantes.....	98
6.10.	Fuentes de nutrientes	101
6.11.	Conclusión.....	103
6.12.	Bibliografía.....	103
Capítulo VII. Manejo Integrado de Arvenses.....		105
7.1.	Resumen.....	105
7.2.	Introducción	105
7.3.	La producción de arroz	106
7.4.	Principales malezas en el cultivo de arroz en Ecuador	107
7.5.	Manejo integrado de malezas en el cultivo de arroz.....	109
7.6.	Prácticas de prevención	109
7.7.	Control biológico	110
7.8.	Control mecánico	111
7.9.	Resistencia	111
7.10.	Control químico.....	111
7.11.	Conclusiones	115
7.12.	Bibliografía.....	116
Capítulo VIII. Manejo Integrado de Plagas.....		118
8.1.	Resumen.....	118
8.2.	Introducción	118
8.3.	Enfermedades en el cultivo de arroz.....	119
8.4.	Principales enfermedades presentes en el cultivo de arroz.....	121
8.5.	Prácticas de manejo integrado de plagas en arroz	124
8.6.	Plagas en el cultivo de arroz	126
8.7.	Conclusiones.....	134
8.8.	Bibliografía	134
Capítulo IX. Cosecha y Pos-cosecha del cultivo de arroz		139
9.1.	Resumen.....	139
9.2.	Introducción	139
9.3.	Rendimiento.....	141

9.4.	Calidad de grano	142
9.5.	Determinación de la madurez	143
9.6.	Protocolo práctico para decidir el día de cosecha	145
9.7.	Cosecha mecanizada	145
9.8.	Transporte	148
9.9.	Conclusiones	152
9.10.	Bibliografía.....	153
Capítulo X. Costos de Producción de Cultivo de Arroz.....		157
10.1.	Resumen	157
10.2.	Introducción	157
10.3.	Costos fijos en el cultivo de arroz	159
10.4.	Principales componentes de los costos fijos	160
10.5.	Importancia del análisis de costos fijos	161
10.6.	Costos variables en el cultivo de arroz.....	162
10.7.	Principales componentes de los costos variables	162
10.8.	Importancia de los costos variables en la rentabilidad.....	164
10.9.	Costos básicos en el cultivo de arroz	165
10.10.	Componentes de los costos básicos.....	165
10.11.	Rentabilidad	166
10.12.	Ejemplo de Análisis	168
10.13.	Conclusiones	171
10.14.	Bibliografía.....	172
APÉNDICE		174

Capítulo I. Generalidades del Cultivo de Arroz

Fernando Javier Cobos Mora
Universidad Técnica de Babahoyo
<https://orcid.org/0000-0001-8462-9022>

Walter Oswaldo Reyes Borja
Universidad Técnica de Babahoyo
<https://orcid.org/0000-0002-1706-0793>

1.1. Resumen

El arroz (*Oryza sativa* L.) es uno de los cultivos más antiguos y estratégicos del planeta por su peso alimentario, económico y cultural: más de la mitad de la población lo consume a diario y Asia concentra cerca del 90% de su producción. Aporta alrededor de 350 kcal por 100 g, bajo contenido graso y sodio, y vitaminas del complejo B, hierro y zinc. Su origen es complejo y policéntrico en Asia, con evidencias de domesticación de 8.000 años en China y más de 7.000 en India; dentro del género *Oryza*, solo *O. sativa* (asiática) y *O. glaberrima* (africana) fueron domesticadas. *O. sativa* deriva de *O. rufipogon* y presenta dos subespecies principales: indica (tropical, grano largo) y japónica (templada, grano corto). Morfológica y fisiológicamente, el cultivo se adapta a suelos inundados gracias al aerénquima radicular, y organiza su ciclo en fases vegetativa, reproductiva y de madurez, con alta sensibilidad al estrés hídrico y térmico durante floración y llenado. Requiere temperaturas de 25–30 °C en fase vegetativa y 22–35 °C en floración, buena radiación, humedad relativa de 70–80% y suelos franco-arcillosos con pH 5,0–6,5; para rendimientos de 6 t/ha demanda aproximadamente 120–150 kg N, 40–60 kg P₂O₅ y 60–80 kg K₂O. Los sistemas de cultivo incluyen siembra directa (seca o húmeda), trasplante, inundación, terrazas y secano; el riego con secas intermitentes (AWD) y el SRI destacan por ahorrar 30–40% de agua y reducir hasta 50% el metano sin mermar rendimientos, pilares de la agricultura climáticamente inteligente. En Ecuador, el arroz se concentra en Guayas, Los Ríos y Manabí, con promedios cercanos a 4,67 t/ha y potencial de mejora mediante variedades y manejo. Los retos globales y locales —cambio climático, salinización, malezas resistentes y altos costos de insumos— exigen variedades tolerantes, manejo integrado de nutrientes y malezas, riego eficiente, organización de productores y políticas que fortalezcan competitividad y seguridad alimentaria.

1.2. Introducción

El arroz (*Oryza sativa* L.) es considerado uno de los cultivos más importantes y antiguos de la humanidad, tanto por su papel como alimento básico como por su impacto económico, cultural y social en las regiones productoras. Se estima que más de la mitad de la población mundial consume arroz como principal fuente de energía, especialmente en Asia, donde este cereal constituye entre el 35 y el 80% de las calorías diarias consumidas por persona (Huaraca & Noriega, 2016). Sin embargo, su importancia

trasciende el continente asiático: en América Latina y África el arroz es un alimento básico y un pilar de los ingresos rurales, y en Europa también forma parte de la canasta alimentaria (IRRI, 2024; European Commission, 2020).

El arroz pertenece a la familia Poaceae y es el único cereal cultivado casi exclusivamente para consumo humano directo, a diferencia de otros cereales como maíz, trigo y cebada que se destinan parcialmente a alimentación animal e industrial (INTA, 2012). Desde el punto de vista nutricional, el arroz blanco pulido (crudo) es un alimento energético, con ≈ 360 kcal por cada 100 g, muy bajo en grasa ($\approx 0,8$ %) y sodio, y aporta vitaminas del complejo B (p. ej., tiamina y niacina), así como hierro y zinc; además, al ser de origen vegetal, no contiene colesterol. Estas características lo hacen útil en dietas con control de lípidos y sodio y en contextos de vulnerabilidad nutricional (Cleveland Clinic, 2022).

La producción mundial de arroz alcanza más de 740 millones de toneladas métricas de arroz cáscara, concentradas principalmente en Asia (90% del total), siendo China, India, Indonesia, Bangladesh y Vietnam los principales productores. No obstante, su cultivo se ha expandido globalmente gracias a su plasticidad ecológica, cultivándose desde suelos inundados en climas tropicales hasta terrazas en laderas montañosas de regiones templadas (INTA, 2012).

En América Latina, Brasil lidera la producción de arroz —con volúmenes cercanos a 10–12 millones de toneladas en los últimos ciclos—, mientras que países como Guyana, Surinam, Colombia, Perú y Ecuador aportan cuotas menores pero estratégicas para sus mercados internos. En Ecuador, la superficie y la producción de arroz se concentran mayoritariamente en la Costa, especialmente en Guayas y Los Ríos, y el rendimiento promedio nacional se ubicó en torno a 4,6 t/ha en 2022, con espacio para incrementos vía variedades mejoradas y manejo sostenible (CONAB, 2023; MAG, 2024).

Sin embargo, el cultivo de arroz enfrenta múltiples desafíos agronómicos, económicos y ambientales. Entre ellos destacan la salinización progresiva de suelos en zonas bajas, el cambio climático que incrementa la frecuencia de eventos extremos como sequías e inundaciones, la resistencia creciente de malezas a herbicidas y la necesidad de reducir la huella ambiental del sistema productivo. Por ejemplo, la salinidad afecta negativamente la germinación, el macollamiento y el llenado de grano, generando

pérdidas superiores al 30% en suelos con conductividad eléctrica mayor a 4 dS/m, situación común en zonas arroceras de la Costa ecuatoriana (Cobos et al., 2022).

La sostenibilidad ambiental es otro reto prioritario. El arroz cultivado bajo inundación tradicional contribuye significativamente a las emisiones de gases de efecto invernadero, especialmente metano (CH_4), producto de la descomposición anaerobia de materia orgánica en suelos saturados (FAO, 2023; Conrad, 2020). La adopción de sistemas como el riego con secas intermitentes (AWD) permite reducir estas emisiones hasta en un 50%, además de ahorrar un 30-40% de agua sin afectar los rendimientos. Estas innovaciones son esenciales frente a la crisis hídrica global y los compromisos de mitigación de cambio climático (INTA, 2012).

Desde el enfoque económico, el arroz es un cultivo de alta demanda de insumos, representando los fertilizantes nitrogenados y los herbicidas los principales costos de producción, que pueden constituir hasta el 70% de los costos directos (Huaraca & Noriega, 2016). Por ello, el manejo eficiente de nutrientes y malezas es clave para mantener la rentabilidad, reducir el impacto ambiental y optimizar el uso de recursos. La visión moderna considera al productor de arroz como un empresario agrícola que debe planificar su inversión, analizar costos, mercados y financiamiento, y gestionar riesgos climáticos y fitosanitarios para sostener su actividad productiva (INTA, 2012).

Culturalmente, el arroz posee un significado profundo en las sociedades productoras. Su siembra, cosecha y consumo están ligados a rituales, festividades y costumbres que fortalecen la identidad cultural y social. En Asia, por ejemplo, el arroz es símbolo de vida y fertilidad, mientras que en América Latina está vinculado a tradiciones gastronómicas y expresiones culturales populares (SAG, 2003).

Finalmente, es indispensable comprender que el arroz es un cultivo complejo que integra conocimientos de botánica, agronomía, fisiología vegetal, genética, suelos, riego y economía agrícola. Este capítulo tiene como objetivo presentar las generalidades del cultivo de arroz, abordando su origen, morfología, taxonomía, fisiología, requerimientos edafoclimáticos, sistemas de cultivo y situación productiva mundial, regional y nacional, integrando información científica actualizada, guías técnicas y la experiencia generada por instituciones como INIAP, INTA, SAG y la Universidad Técnica de Babahoyo (Cobos et al., 2022; Ruilova et al., 2022).

Con este conocimiento se busca fortalecer las competencias de estudiantes, técnicos, extensionistas y productores, promoviendo un manejo integral, sostenible y rentable del cultivo de arroz en sus respectivos contextos agroecológicos.

1.3. Origen

El arroz (*Oryza sativa* L.) es uno de los cultivos más antiguos domesticados por la humanidad. Su origen y domesticación han sido objeto de numerosos estudios botánicos, genéticos y arqueológicos a nivel mundial. Según Vavilov, citado por SAG (2003), La evidencia arqueobotánica y genómica más reciente indica que la domesticación del arroz asiático fue un proceso complejo: japonica se domesticó en el valle del Yangtsé (China) y, posteriormente, rasgos de domesticación se introdujeron hacia poblaciones del sur de Asia, dando lugar a indica; en conjunto, el panorama sugiere una historia policéntrica/híbrida más que un único foco exclusivo en India (Choi et al., 2017).

Estudios arqueobotánicos en China evidencian la existencia de arroz domesticado hace aproximadamente 8,000 años, en el valle del río Yangtsé, donde se hallaron restos de granos carbonizados y herramientas agrícolas asociadas a su cultivo (INTA, 2012). Simultáneamente, en el valle del Ganges en la India, se reporta el cultivo de arroz hace más de 7,000 años, consolidándose como base alimentaria de las primeras civilizaciones asiáticas (Ruilova et al., 2022).

El género *Oryza* comprende alrededor de 27 especies, pero solo dos han sido domesticadas: *Oryza sativa* (asiática) y *Oryza glaberrima* (africana) (Mussurova et al., 2020). Dentro de *Oryza sativa*, se reconocen dos subespecies principales:

Índica: variedades adaptadas a climas tropicales y subtropicales, con granos largos y estrechos, ciclo de crecimiento intermedio o largo y alta tolerancia al calor y humedad.

Japónica: variedades adaptadas a climas templados, con granos cortos y redondeados, ciclo de crecimiento más corto y mayor tolerancia al frío (INTA, 2012).

Estas dos subespecies (indica y japonica) muestran diferencias genéticas marcadas, pero comparten un ancestro del complejo silvestre *Oryza rufipogon*; esta especie perenne de humedales asiáticos prospera en aguas someras, márgenes de

estanques y zonas pantanosas, rasgos ecológicos vinculados a la adaptación del arroz cultivado a sistemas inundados (Tripathi et al., 2025).

Oryza glaberrima fue domesticada a partir de *Oryza barthii* hace ~3.000 años en el delta interior del río Níger (África Occidental) y, aunque aún se cultiva en países como Guinea, Sierra Leona, Gambia y Senegal, su menor rendimiento relativo frente a *Oryza sativa* favoreció el reemplazo progresivo por variedades asiáticas introducidas, especialmente desde la época colonial (Linares, 2002).

1.4. Expansión global del arroz

La expansión del arroz desde Asia al resto del mundo se produjo a través de rutas comerciales, migraciones humanas y conquistas. Fue introducido en Europa por los griegos y romanos, quienes lo cultivaron en zonas húmedas del Mediterráneo, especialmente en Grecia e Italia (SAG, 2003). Durante la expansión islámica, el arroz se introdujo en España, donde se consolidó en regiones como Valencia y Murcia. Posteriormente, fue llevado a América por los colonizadores españoles y portugueses en el siglo XVI, siendo sembrado inicialmente en Brasil y en las Antillas (INTA, 2012).

En Ecuador, el cultivo de arroz se asentó tempranamente en la Costa y se consolidó como rubro alimentario clave a inicios del siglo XX, especialmente en zonas inundables de Guayas y, posteriormente, Los Ríos; su expansión y modernización estuvieron asociadas a la adopción de variedades mejoradas en el marco de la Revolución Verde y a la ampliación del manejo en sistemas inundados y de riego en la cuenca del Guayas (Cristóbal, 2021).

1.5. Importancia evolutiva y genética

Desde un punto de vista genético, *Oryza sativa* es considerado un modelo para estudios de gramíneas debido a su pequeño tamaño genómico en comparación con otros cereales. Su genoma tiene aproximadamente 430 millones de pares de bases y contiene más de 50,000 genes identificados, lo que ha permitido importantes avances en mejoramiento genético, biotecnología y transferencia de genes para resistencia a plagas y tolerancia a factores abióticos como la salinidad y el déficit hídrico (Ensembl Plants, 2025).

El origen del arroz también está vinculado a procesos de coevolución con el ser humano. Las poblaciones ancestrales seleccionaron, generación tras generación, plantas con mayor producción de granos, menor dehiscencia natural (para evitar la caída de granos antes de la cosecha) y mejor adaptación a suelos inundados (Gross & Zhao, 2014). Este proceso de domesticación transformó una gramínea silvestre en el cereal cultivado más importante del mundo.

1.6. Centros de diversidad genética

Actualmente, se reconocen tres centros de diversidad genética de arroz (INTA, 2012):

- Asia meridional y sudoriental: alta diversidad de *Oryza sativa*, tanto indica como japónica.
- África Occidental: diversidad de *Oryza glaberrima* y especies silvestres como *O. barthii* y *O. longistaminata*.
- América Latina: diversidad derivada de introducciones de Asia y África, con desarrollo de variedades adaptadas a condiciones tropicales y subtropicales.

La conservación de estos recursos genéticos es prioritaria para los programas de mejoramiento y para garantizar la seguridad alimentaria ante los retos del cambio climático y las nuevas plagas y enfermedades emergentes (Cobos et al., 2022).

1.7. Perspectivas actuales

Actualmente se desarrollan y aplican estrategias para rescatar y transferir a arroz comercial genes/QTL de tolerancia a salinidad provenientes de parientes silvestres y razas tradicionales—por ejemplo, SALTOL y SKC1/OsHKT1;5—mediante introgresión asistida por marcadores, así como biotecnología moderna (edición génica CRISPR y transgénesis), con resultados validados en líneas élite y materiales precomerciales (Xu et al., 2021; Oladosu et al., 2020; Shahzad et al., 2022). Esto permitirá cultivar arroz en suelos salinos o afectados por intrusión marina, un problema creciente en zonas costeras debido al ascenso del nivel del mar.

En resumen, el origen del arroz es el resultado de un proceso evolutivo y cultural milenario, iniciado en Asia y África, que permitió transformar una gramínea silvestre en un cultivo altamente productivo y adaptado a diversos sistemas agroecológicos. Este conocimiento sobre su domesticación, genética y expansión global es fundamental para

diseñar estrategias de conservación, mejoramiento genético y manejo sostenible que garanticen su producción frente a los retos actuales y futuros de la agricultura mundial.

1.8. Taxonomía

El arroz (*Oryza sativa* L.) pertenece al reino Plantae, división Magnoliophyta, clase Liliopsida, orden Poales, familia Poaceae, subfamilia Oryzoideae, tribu Oryzeae y género *Oryza*. Dentro del género *Oryza*, *Oryza sativa* es la especie más cultivada a nivel mundial, seguida de *Oryza glaberrima*, de menor importancia económica (Huaraca & Noriega, 2016). Estas dos especies se diferencian morfológica, genética y agronómicamente.

1.9. Morfología

El arroz es una gramínea anual, aunque algunas variedades silvestres son perennes. Su sistema radical es fasciculado, característico de las monocotiledóneas, formado por raíces seminales temporales y raíces adventicias permanentes que emergen de los nudos basales del tallo. Estas raíces presentan aerénquima, un tejido con grandes espacios intercelulares que facilita la difusión de oxígeno desde el tallo hasta las raíces, permitiéndole crecer en condiciones de inundación prolongada (Pedersen et al., 2021).

El tallo es cilíndrico, compuesto por nudos y entrenudos huecos, con una longitud que varía de 60 a 180 cm según la variedad y el manejo agronómico. Variedades modernas de arroz tienen tallos más cortos y resistentes al acame, característica prioritaria en programas de mejoramiento para soportar altas dosis de fertilización nitrogenada sin volcarse (INTA, 2012).

Las hojas son alternas, ubicadas en cada nudo del tallo, y se dividen en vaina y lámina foliar. La vaina envuelve parcialmente al tallo, mientras que la lámina es lineal, alargada y presenta nervadura paralela. En la unión entre vaina y lámina se encuentra la lígula, estructura membranosa que evita la entrada de agua y partículas al interior del tallo. A los lados de la lígula se hallan las aurículas, estructuras en forma de orejas con pelos que contribuyen a la identificación varietal (Huaraca & Noriega, 2016).

La inflorescencia es una panícula terminal compuesta por numerosas espiguillas unifloras. Cada espiguilla contiene una flor hermafrodita con seis estambres y un pistilo tricarpelar con tres estigmas plumosos. El fruto es un cariósido cubierto por lema y palea,

que constituyen la cáscara. Al eliminarse estas cubiertas durante la trilla y pulido, se obtiene el arroz blanco consumido (Pedersen et al., 2021).

El peso de 1 000 granos (TKW) suele ubicarse, según el cultivar, en un rango cercano a 20–30 g, con numerosos genotipos modernos reportando valores entre 22 y 29 g; en paralelo, la “calidad de grano” —que integra longitud y forma, contenido de amilosa, temperatura de gelatinización, consistencia del gel y atributos de textura— es un criterio central tanto en los programas de mejoramiento como en la comercialización, por su impacto directo en la aceptación del producto en distintos mercados. (El-Aty et al., 2024; Ishfaq et al., 2023).

1.10. Fisiología

El desarrollo fenológico del arroz se divide en tres fases principales: vegetativa, reproductiva y madurez (INTA, 2012).

Fase vegetativa

Inicia con la germinación, donde la semilla absorbe agua, activa enzimas hidrolíticas y utiliza las reservas del endospermo para desarrollar la plúmula y radícula (Tripathi et al., 2025). La emergencia ocurre entre 5 y 10 días después de la siembra, dependiendo de la temperatura y humedad del suelo.

El macollamiento es una subfase crucial, ya que determina el número de tallos productivos. Cada macollo se origina de yemas axilares en los nudos subterráneos. Su número depende de la variedad, la fertilidad del suelo, la disponibilidad de nitrógeno y la profundidad de la lámina de agua (Xu et al., 2021). El máximo macollamiento ocurre generalmente entre 30 y 40 días después de la siembra.

Fase reproductiva

Comienza con la diferenciación floral, cuando el meristemo apical cambia de vegetativo a reproductivo, iniciando la formación de la panícula. Esta fase incluye el embuchamiento, caracterizado por el crecimiento acelerado del tallo y la elongación de los entrenudos superiores (Tripathi et al., 2025).

La floración es el momento en que las anteras liberan el polen. El arroz es una especie predominantemente autógena, aunque puede presentar hasta un 5% de

polinización cruzada (INTA, 2012). La fertilización ocurre pocas horas después de la polinización, iniciando la formación del grano.

Fase de madurez

Incluye el llenado del grano y la madurez fisiológica. El llenado depende de la fotosíntesis activa de la hoja bandera y de la translocación de reservas acumuladas en tallos y hojas inferiores (Cobos et al., 2022). Estrés hídrico, deficiencia de nutrientes o enfermedades foliares en esta etapa reducen el peso de 1000 granos y, por ende, el rendimiento final.

La madurez fisiológica se alcanza cuando el grano acumula su máxima materia seca, con un contenido de humedad de 20-25%. La cosecha se realiza cuando la humedad baja a 18-20% para evitar pérdidas por desgrane o deterioro (Xu et al., 2021).

1.11. Aspectos fisiológicos clave

El arroz es una planta C3, con alta eficiencia fotosintética en ambientes cálidos y húmedos. Su tolerancia al anegamiento se debe a la formación de aerénquima en raíces y tallos, que permite el transporte de oxígeno hacia los tejidos sumergidos, evitando la asfixia radicular (Tripathi et al., 2025). Sin embargo, es susceptible a estrés hídrico, especialmente en la fase reproductiva, donde la falta de agua causa esterilidad floral y pérdidas significativas de rendimiento.

Asimismo, el arroz presenta fotoperiodismo variable según la subespecie. Las variedades indica son sensibles al fotoperiodo, requiriendo días cortos para florecer, mientras que las japónica son insensibles y pueden cultivarse en diferentes latitudes sin afectar su ciclo (INTA, 2012).

1.12. Importancia de su morfología y fisiología en el manejo agronómico

El conocimiento detallado de la morfología y fisiología del arroz es fundamental para su manejo agronómico. Por ejemplo, la resistencia al acame depende de la altura y grosor del tallo, la fertilización nitrogenada excesiva aumenta la susceptibilidad al tumbado, y la profundidad de siembra afecta el desarrollo del sistema radical y la emergencia (Tripathi et al., 2025).

De igual forma, el manejo de riego se planifica según su fisiología: durante la germinación se requiere suelo saturado, pero no inundado; en macollamiento, lámina superficial; en embuchamiento y floración, lámina constante de 5-10 cm; y en madurez, drenaje total para facilitar la cosecha (Ruilova et al., 2022).

1.13. Requerimientos edafo-climáticos de cultivo de arroz

El arroz (*Oryza sativa* L.) es un cultivo con alta plasticidad ecológica que permite su producción en diversos climas, altitudes y tipos de suelos, desde zonas tropicales cálidas hasta regiones templadas. Sin embargo, para alcanzar su máximo potencial de rendimiento y calidad de grano, requiere condiciones edafoclimáticas específicas que varían según la variedad, el sistema de cultivo y el manejo agronómico. Este apartado detalla dichos requerimientos considerando la información científica más reciente y guías técnicas de referencia (Xu et al., 2021).

1. Temperatura

La temperatura es uno de los factores más determinantes en el crecimiento, desarrollo y rendimiento del arroz. Su óptimo de germinación es de 25 a 30°C, con un rango de tolerancia de 16 a 35°C (INTA, 2012). Temperaturas por debajo de 15°C retrasan la germinación y pueden provocar muerte embrionaria, mientras que temperaturas superiores a 40°C causan desecación de embriones y reducción drástica de la emergencia.

Durante la fase vegetativa (emergencia a macollamiento), el rango óptimo es de 25 a 30°C, favoreciendo la formación de macollos y el crecimiento foliar (Cobos *et al.*, 2022). Temperaturas bajas en esta etapa reducen el número de macollos productivos y, por ende, el número de panículas finales. En la fase reproductiva, especialmente durante la floración, la temperatura crítica es de 22 a 35°C. Temperaturas inferiores a 20°C o superiores a 38°C reducen la viabilidad polínica, causando esterilidad parcial o total (Xu et al., 2021).

En la fase de llenado de grano, el rango óptimo es de 20 a 30°C. Temperaturas altas aceleran la maduración, reduciendo el peso de 1000 granos y afectando la calidad molinera (Tripathi et al., 2025). Por ello, en zonas tropicales se prefieren variedades de ciclo corto para escapar de los picos de calor durante el llenado de grano.

2. Radiación solar

La radiación solar influye directamente en la fotosíntesis y el rendimiento del arroz. El cultivo requiere alta luminosidad durante todas sus fases, especialmente en la fase reproductiva y de llenado de grano, donde la actividad fotosintética determina el número y peso de los granos (INTA, 2012). Días nublados prolongados en embuchamiento y floración reducen la fertilidad de las flores y la formación de almidón en el endospermo, disminuyendo la calidad industrial (Xu et al., 2021).

El arroz presenta una tasa fotosintética promedio de $25\text{-}30\ \mu\text{mol CO}_2\ \text{m}^{-2}\ \text{s}^{-1}$ bajo radiación óptima (Cristóbal, 2021). Variedades con hojas erectas y ángulo foliar estrecho aprovechan mejor la radiación incidente, incrementando el índice de área foliar y la biomasa total.

3. Fotoperiodo

Las variedades de arroz pueden ser fotoperiódicas o insensibles. Las fotoperiódicas requieren días cortos (menos de 12 horas luz) para florecer, característica predominante en variedades tradicionales indica. Las variedades insensibles al fotoperiodo, comunes en japónica y mejoradas tropicales, pueden florecer en distintos regímenes de luz, siendo preferidas en zonas con siembras escalonadas o múltiples ciclos por año (INTA, 2012).

4. Precipitación y agua

El arroz requiere 1,200 a 2,500 mm de precipitación bien distribuida durante su ciclo para lograr rendimientos aceptables sin riego complementario (Huaraca & Noriega, 2016). Sin embargo, en la mayoría de sistemas comerciales se cultiva bajo riego continuo o intermitente, con demandas hídricas entre 7,000 y 14,000 m³/ha según el sistema (Cristóbal, 2021).

Durante la germinación y emergencia, se requiere un nivel de humedad óptimo para activar el metabolismo de la semilla. La falta de agua en esta etapa reduce la germinación y aumenta la vulnerabilidad a enfermedades de plántula (Xu et al., 2021).

En macollamiento, una lámina superficial de 2-3 cm favorece la emisión de macollos y la aireación radicular. En embuchamiento y floración, la lámina se incrementa a 5-10 cm, garantizando disponibilidad hídrica y estabilidad térmica. Durante el llenado

de grano, se mantiene esta lámina hasta madurez fisiológica, donde se realiza el drenaje para facilitar la cosecha (INTA, 2012).

El sistema AWD (Alternate Wetting and Drying) alterna riego y secas superficiales, reduciendo el consumo de agua en un 30-40% y las emisiones de metano hasta un 50%, sin afectar el rendimiento (Cristóbal, 2021). Esta práctica es recomendada en zonas con disponibilidad hídrica limitada o programas de agricultura climáticamente inteligente.

5. Humedad relativa

La humedad relativa óptima para el cultivo oscila entre 70 y 80% (INTA, 2012). Humedades relativas altas favorecen enfermedades fúngicas como *Pyricularia* y *Helminthosporium*, mientras que humedades bajas durante la floración provocan deshidratación de anteras y esterilidad floral (Xu et al., 2021).

6. Altitud

El arroz se cultiva desde el nivel del mar hasta altitudes de 2,000 msnm, dependiendo de la variedad. Variedades japónicas presentan mejor adaptación a zonas de altura debido a su tolerancia al frío, mientras que indica predomina en tierras bajas y cálidas (Cristóbal, 2021).

7. Suelo

El arroz prefiere suelos arcillosos o franco-arcillosos, con buena capacidad de retención de agua, estructura granular y drenaje moderado (Huaraca & Noriega, 2016). Su pH óptimo oscila entre 5.0 y 6.5, tolerando rangos de 4.0 a 7.5. Su tolerancia a suelos ácidos es mayor que otros cereales, gracias a su fisiología adaptada a ambientes anegados (INTA, 2012).

En suelos salinos (>4 dS/m), el cultivo sufre reducción de germinación, macollamiento y llenado de grano. Para estos casos se recomienda:

- Uso de variedades tolerantes a salinidad.
- Manejo de láminas de agua para lixiviar sales del bulbo radicular.
- Aplicación de enmiendas químicas como yeso agrícola en suelos sódicos
- Mejora de drenaje para evitar acumulación salina superficial.

La presencia de capas compactadas limita el crecimiento radicular y la absorción de nutrientes. Por ello, la preparación adecuada del suelo mediante arado, rastreo y nivelación es indispensable para garantizar un desarrollo radicular uniforme y facilitar el manejo de agua (INTA, 2012).

8. Fertilidad del suelo

El arroz es un cultivo de alta extracción. Para un rendimiento de 6 t/ha, se requieren aproximadamente 120-150 kg N, 40-60 kg P₂O₅ y 60-80 kg K₂O por hectárea (Cobos et al., 2022). El nitrógeno es fundamental para el macollamiento y el llenado de grano, el fósforo estimula el desarrollo radicular y la floración temprana, mientras que el potasio incrementa la resistencia al acame, enfermedades y estrés hídrico (Oladosu *et al.*, 2020).

El manejo eficiente de nutrientes incluye:

- Análisis de suelo previo a la siembra.
- Aplicación fraccionada de nitrógeno (base y cobertura) para reducir pérdidas por volatilización y lixiviación (INTA, 2012).
- Uso de fertilizantes de liberación lenta o inhibidores de ureasa en suelos con alta temperatura y humedad.

9. Topografía

El cultivo de arroz requiere suelos planos o con pendiente inferior al 1% para facilitar el manejo de riego e inundación. En zonas de ladera o terrazas, se emplean variedades de ciclo corto, resistencia al vuelco y manejo de riego parcelado (Cristóbal, 2021).

10. Factores edafoclimáticos limitantes

Los principales factores limitantes para el cultivo son:

- Temperaturas bajas durante floración (esterilidad floral).
- Exceso de sales (reducción de germinación y macollamiento).
- Problemas de drenaje y anoxia radicular.
- Baja fertilidad de suelos (limitación nutricional).
- Presencia de capas endurecidas (limitación radicular).

El conocimiento y manejo de estos factores son claves para maximizar el rendimiento y la sostenibilidad del cultivo (Oladosu et al., 2020).

1.14. Sistemas de Cultivo

El arroz (*Oryza sativa* L.) se cultiva bajo diversos sistemas de producción, dependiendo de factores como la disponibilidad de agua, la topografía, la tecnología adoptada, las tradiciones culturales y la organización de los productores. Cada sistema presenta ventajas, limitaciones y particularidades que determinan el rendimiento, los costos de producción y la sostenibilidad ambiental (Cristóbal, 2021). A continuación, se describen detalladamente los sistemas más importantes utilizados a nivel mundial, regional y nacional.

1. Siembra directa

La siembra directa consiste en depositar la semilla directamente en el campo definitivo, sin realizar trasplante de plántulas. Es el sistema predominante en América Latina, especialmente en Brasil, Colombia, Perú y Ecuador (Oladosu et al., 2020).

1.1. Siembra directa en seco

Se realiza sobre suelo preparado y nivelado, sin presencia de lámina de agua. La semilla se deposita con sembradoras mecánicas o manualmente, y posteriormente se realiza el riego para la germinación (INTA, 2012). Sus ventajas incluyen:

- Menor costo de producción al eliminar el trasplante.
- Reducción en la duración del ciclo de cultivo.
- Menor demanda de mano de obra (Cristóbal, 2021).

Sin embargo, presenta desventajas como mayor competencia inicial de malezas, dificultad para el control de especies resistentes y riesgo de germinación deficiente si no se planifica adecuadamente el riego (Oladosu et al., 2020).

1.2. Siembra directa en húmedo

También denominada siembra en fangueo, consiste en sembrar sobre suelos saturados o con lámina superficial de agua. Favorece la germinación rápida y uniforme, reduce la emergencia de malezas terrestres y facilita el establecimiento del cultivo (INTA, 2012).

Este sistema es ampliamente utilizado en zonas arroceras con disponibilidad de agua para inundación inicial. Su principal limitación es el riesgo de anegamiento excesivo, causando falta de oxígeno en las semillas y reducción de emergencia si la siembra se realiza muy profunda (Cristóbal, 2021).

2. Trasplante

El trasplante es el sistema tradicional en Asia. Consiste en la producción de plántulas en almácigos, generalmente durante 20-30 días, para luego trasplantarlas al campo definitivo. Existen dos tipos principales:

2.1. Trasplante manual

Practicado históricamente en países como China, India, Filipinas y Vietnam, donde las plántulas se arrancan manualmente y se trasplantan en líneas a distancias de 20-25 cm entre surcos y 15-20 cm entre plantas (INTA, 2012). Sus ventajas son:

- Mejor establecimiento inicial del cultivo.
- Control más eficiente de malezas.
- Uso reducido de semillas (20-30 kg/ha) (Oladosu et al., 2020).

Sin embargo, demanda alta mano de obra, aumentando los costos de producción y el tiempo de siembra, lo cual ha motivado la transición hacia siembra directa en muchos países asiáticos (Cristóbal, 2021).

2.2. Trasplante mecanizado

Utiliza trasplantadoras mecánicas, reduciendo la mano de obra y mejorando la uniformidad de siembra. Este sistema está en expansión en países con escasez de mano de obra rural o políticas de mecanización agrícola (INTA, 2012). Requiere plántulas en bandejas y nivelación perfecta de suelos para un desempeño óptimo (Cristóbal, 2021).

3. Cultivo inundado tradicional

Es el sistema predominante en Asia, donde se mantiene una lámina constante de agua (5-10 cm) durante la mayor parte del ciclo. Sus ventajas incluyen:

- Control eficiente de malezas terrestres.
- Incremento de la disponibilidad de nitrógeno amoniacal.

- Estabilización de la temperatura del suelo, mejorando el macollamiento (INTA, 2012).

No obstante, este sistema incrementa las emisiones de gases de efecto invernadero, especialmente metano (CH_4), debido a la descomposición anaerobia de materia orgánica en suelos inundados (Cobos et al., 2022). Por ello, se promueve su reemplazo gradual por sistemas de riego intermitente o AWD.

4. Riego con secas intermitentes (AWD)

El sistema AWD (Alternate Wetting and Drying) consiste en alternar periodos de riego con secas superficiales, manteniendo el suelo húmedo, pero no saturado permanentemente (Oladosu et al., 2020). Sus beneficios son:

- Reducción de consumo de agua en 30-40%.
- Disminución de emisiones de metano hasta en 50%.
- Mayor eficiencia de fertilización nitrogenada.
- Menor incidencia de enfermedades radiculares (Oladosu et al., 2020).

La implementación de AWD requiere capacitación técnica, control frecuente de la lámina freática y nivelación adecuada del terreno. Es recomendado como práctica de agricultura climáticamente inteligente en zonas con restricciones hídricas.

5. Sistema SRI (System of Rice Intensification)

El Sistema de Intensificación del Arroz (SRI) es un método innovador desarrollado en Madagascar en la década de 1980 y difundido globalmente. Se basa en seis principios:

- Trasplante de plántulas jóvenes (8-12 días).
- Baja densidad de siembra (25x25 cm).
- Riego intermitente en lugar de inundación continua.
- Deshierbe mecánico frecuente para aireación del suelo.
- Uso de materia orgánica como fertilizante base.
- No utilización de agroquímicos siempre que sea posible (INTA, 2012).

El SRI incrementa los rendimientos en un 20-30%, reduce el consumo de semillas a 5 kg/ha y disminuye la huella hídrica. Sin embargo, su adopción requiere capacitación intensiva y cambios en la organización del manejo agronómico (Cristóbal, 2021).

6. Cultivo en terrazas

Practicado en regiones montañosas de Asia, como Filipinas, Vietnam y China, donde las pendientes son convertidas en terrazas para almacenar agua y permitir el cultivo (Ruilova et al., 2022). Este sistema es ancestral, requiere alta inversión inicial en infraestructura, pero permite aprovechar tierras que serían inaccesibles para otros cultivos.

7. Cultivo en secano

Es el cultivo de arroz sin riego, dependiendo exclusivamente de la precipitación pluvial. Predomina en zonas de sabanas y laderas, especialmente en África Occidental, Brasil y partes de Centroamérica (INTA, 2012). Su rendimiento es menor (1-3 t/ha), pero es una alternativa viable en zonas sin infraestructura de riego.

Sus limitaciones incluyen alta variabilidad interanual en rendimientos por dependencia de lluvias y mayor competencia de malezas, requiriendo manejo de cobertura, rotación de cultivos y variedades adaptadas a condiciones de secano (Cristóbal, 2021).

8. Hidroponía de arroz

Aunque experimental, se han desarrollado sistemas de hidroponía para producción de arroz en ambientes controlados, utilizando soluciones nutritivas y medios inertes como perlita o fibra de coco. Este sistema permite producir plántulas para trasplante mecanizado y estudios de fisiología vegetal (Ruilova et al., 2022). Su costo es alto y no es aplicable para producción a gran escala.

Cuadro 1. Comparación de sistemas

Sistema	Ventajas	Limitaciones
Siembra directa	Menor costo, rápida implantación	Mayor competencia de malezas, germinación variable
Trasplante manual	Buen control de malezas, uso reducido de semillas	Alta mano de obra, mayor tiempo
Trasplante mecanizado	Uniformidad, menor tiempo	Requiere nivelación y bandejas

Sistema	Ventajas	Limitaciones
Inundado tradicional	Control de malezas, buena fertilidad N	Alta huella hídrica y metano
AWD	Ahorro de agua, menor metano	Control técnico riguroso
SRI	Mayor rendimiento, menor insumo	Capacitación intensiva
Secano	Bajo costo, mínima infraestructura	Bajos rendimientos, variabilidad climática

Fuente: (Cobos et al., 2022; Oladosu et al., 2020; INTA, 2012)

1.15. Perspectivas futuras

La tendencia global es hacia sistemas de producción sostenibles como AWD y SRI, que reduzcan el consumo de agua y las emisiones de gases de efecto invernadero sin afectar los rendimientos (Shahzad et al., 2022). La FAO y el IRRI promueven la adopción de tecnologías de agricultura climáticamente inteligente, combinando manejo de agua, nutrientes, control de malezas y mejoramiento genético para enfrentar los retos del cambio climático.

En Ecuador, se avanza en la adopción de AWD en zonas arroceras de Guayas y Los Ríos, así como en la introducción de variedades tolerantes a salinidad y adaptadas a riego con secas intermitentes (Oladosu et al., 2020). Estos sistemas permiten incrementar la productividad, optimizar recursos y garantizar la sostenibilidad ambiental y económica del cultivo.

1.16. Situación mundial, regional y nacional de la producción de arroz

1. Situación mundial

El arroz (*Oryza sativa* L.) es el segundo cereal más producido en el mundo, después del maíz, pero es el primero en importancia para el consumo humano directo, siendo la base alimentaria de más de 3,000 millones de personas (Shahzad et al., 2022). Su cultivo se concentra principalmente en Asia, donde se producen y consumen más del 90% del total mundial, destacando países como China, India, Indonesia, Bangladesh y Vietnam (Oladosu et al., 2020).

1.1. Principales países productores

Según estadísticas de la FAO citadas por INTA (2012), China es el mayor productor mundial, generando aproximadamente el 28% de la producción global, seguido por India con el 24%, Indonesia (9%), Bangladesh (7%) y Vietnam (5%). Estos cinco países concentran más de tres cuartas partes de la producción mundial, con sistemas altamente intensivos, mecanizados y con variedades de alto rendimiento (Shahzad et al., 2022).

En China, el arroz es cultivado tanto en sistemas irrigados como de secano, siendo el grano de tipo japónica más consumido en el norte y el indica en el sur. India, por su parte, cultiva principalmente indica, con alta diversidad varietal, incluyendo arrozales de inundación profunda, de secano y de riego controlado (Oladosu et al., 2020).

Vietnam y Tailandia se destacan como grandes exportadores, produciendo arroz de alta calidad, especialmente variedades aromáticas como el jazmín tailandés y el basmati vietnamita, altamente cotizados en el mercado internacional (INTA, 2012).

1.2. Comercio internacional

Aunque la producción mundial de arroz supera los 740 millones de toneladas métricas (en cáscara), solo el 7-8% se destina al comercio internacional, ya que la mayoría se consume localmente en los países productores (Shahzad et al., 2022). Los principales exportadores son:

- India: primer exportador mundial, abastece mercados de África, Asia y Medio Oriente.
- Tailandia: famoso por su arroz jazmín, exporta a Europa y Norteamérica.
- Vietnam: fuerte competidor en mercados asiáticos y africanos.
- Pakistán: especializado en arroz basmati, con gran demanda en países árabes y Europa.
- Estados Unidos: productor de arroz largo y medio, exportado principalmente a México, Centroamérica y Japón (INTA, 2012).

Entre los mayores importadores se encuentran Filipinas, China, Irán, Arabia Saudita, Nigeria y otros países africanos con baja producción local y alta demanda per cápita (Pedersen et al., 2021).

1.3. Retos globales

- El arroz enfrenta desafíos globales como:
- Cambio climático: aumento de temperaturas, salinización de suelos costeros y variabilidad de lluvias (Shahzad et al., 2022).
- Emisiones de gases de efecto invernadero: los sistemas de cultivo inundado contribuyen significativamente a las emisiones de metano (Ruilova et al., 2022).
- Escasez de agua: la competencia por recursos hídricos con otros cultivos y usos humanos limita su expansión.
- Competencia internacional y precios fluctuantes: afectan la rentabilidad de pequeños productores (INTA, 2012).

Por ello, la FAO y el IRRI promueven tecnologías de agricultura climáticamente inteligente, variedades resistentes a estrés abiótico y prácticas como AWD y SRI para incrementar la sostenibilidad del cultivo (Shahzad et al., 2022).

2. Situación regional (América Latina)

Aunque Asia domina la producción mundial, América Latina también posee un sector arrocero importante, especialmente en Brasil, Guyana, Surinam, Colombia, Perú y Ecuador (Huaraca & Noriega, 2016).

2.1. Brasil

Es el mayor productor de arroz de la región, con más de 11 millones de toneladas anuales, cultivadas principalmente en el sur (Rio Grande do Sul y Santa Catarina), bajo sistemas de riego tecnificado con rendimientos promedio de 7-8 t/ha (INTA, 2012). Brasil es autosuficiente y exporta parte de su producción a países vecinos como Venezuela, Colombia y Perú (Shahzad et al., 2022).

2.2. Guyana y Surinam

Son exportadores netos, con sistemas de cultivo irrigado de alta eficiencia, destinados principalmente a mercados caribeños y europeos (Pedersen et al., 2021). Sus rendimientos oscilan entre 4 y 6 t/ha, dependiendo del nivel tecnológico.

2.3. Colombia

Tiene una producción de aproximadamente 1.6 millones de toneladas, con rendimientos promedio de 5.4 t/ha. El arroz es cultivado en los Llanos Orientales, Valle del Cauca y Tolima, siendo un alimento básico en su dieta (Shahzad et al., 2022).

2.4. Perú

La producción anual es cercana a 3 millones de toneladas, concentrada en la costa norte (Piura, Lambayeque, La Libertad) y selva alta (San Martín). Sus rendimientos superan las 7 t/ha en zonas con riego tecnificado (Pedersen et al., 2021).

2.5. Centroamérica y el Caribe

El rendimiento promedio es de 3.1 t/ha. Nicaragua tiene los rendimientos más bajos (2.5 t/ha), mientras Costa Rica y Panamá superan las 4.5 t/ha gracias a sistemas de riego y variedades mejoradas (INTA, 2012).

3. Situación nacional (Ecuador)

En Ecuador, el arroz es el tercer cultivo en superficie agrícola, después de banano y cacao, siendo fundamental para la seguridad alimentaria, ya que es parte diaria de la dieta de la población (Huaraca & Noriega, 2016).

3.1. Zonas de producción

La producción se concentra en:

- Guayas: 63.85% del total nacional, destacando Daule, Santa Lucía y Nobol.
- Los Ríos: 28.19%, especialmente en Babahoyo, Ventanas y Vinces.
- Manabí: 4.63%, principalmente en Chone y Tosagua (Shahzad et al., 2022).

3.2. Rendimientos y variedades

El rendimiento promedio nacional es de 4.67 t/ha, aunque productores tecnificados alcanzan 6-7 t/ha. Las principales variedades cultivadas son:

- INIAP 11: alto rendimiento, ciclo intermedio, buena calidad molinera.
- SFL 11: tolerante a *Pyricularia grisea*, ciclo corto, grano largo.
- SFL 09: resistente a heladas tardías, buena calidad culinaria (Cobos et al., 2022).

3.3. Sistemas de producción

El sistema predominante es la siembra directa en seco con riego suplementario, aunque en Los Ríos se emplea riego permanente mediante sistemas de bombeo y canales (Pedersen et al., 2021). La mecanización parcial es común, con sembradoras mecánicas, pulverizadoras y cosechadoras de arrastre.

3.4. Retos y perspectivas

Los principales desafíos del arroz ecuatoriano son:

- Salinización de suelos: especialmente en zonas bajas del Guayas por intrusión marina.
- Competencia de malezas resistentes: como *Echinochloa* spp. y *Leptochloa* spp. (Shahzad et al., 2022).
- Cambio climático: afectando la disponibilidad de agua y aumentando la incidencia de plagas como *Spodoptera frugiperda* y enfermedades como *Pyricularia*.
- Competencia internacional: principalmente importaciones de arroz pilado desde Colombia y Perú.

Frente a estos retos, se recomiendan:

- Adopción de variedades tolerantes a salinidad y *Pyricularia*.
- Implementación de sistemas de riego AWD para reducir consumo de agua y emisiones de metano.
- Fortalecimiento de organizaciones de productores para mejorar comercialización y acceso a crédito.
- Capacitación en manejo integrado de plagas y malezas resistentes para reducir costos y huella ambiental.

3.5. Política arroceras

El Estado ecuatoriano implementa políticas de apoyo al sector arroceras mediante créditos agrícolas, subsidio de fertilizantes, precios mínimos de sustentación y fortalecimiento de cadenas productivas, buscando garantizar la seguridad alimentaria nacional y la rentabilidad de los pequeños productores (Shahzad et al., 2022).

4. Tendencias globales y regionales

La tendencia en la producción arroceras es hacia sistemas más sostenibles, con menor consumo de agua y menor huella de carbono (Pedersen et al., 2021). Se promueve el uso de:

- Variedades resistentes a estrés hídrico y salinidad.
- Prácticas de manejo integrado de nutrientes y plagas.
- Sistemas como AWD y SRI para aumentar eficiencia productiva y ambiental.

A nivel regional, la integración de cadenas productivas, el acceso a mercados diferenciados (arroz orgánico, fortificado, especialidades aromáticas) y la tecnificación del riego son estrategias claves para incrementar la competitividad frente al mercado internacional (Cobos et al., 2022).

1.17. Conclusiones

- El arroz (*Oryza sativa* L.) es un cultivo estratégico mundial, base alimentaria de más de la mitad de la población, con origen en Asia hace más de 8,000 años y domesticación independiente en África con *Oryza glaberrima*. Su alta plasticidad ecológica le permite adaptarse a diversos climas y sistemas de cultivo. Su morfología, con raíces con aerénquima y tallos resistentes, junto a su fisiología dividida en fases vegetativa, reproductiva y de madurez, exige manejo técnico preciso.
- Requiere suelos arcillosos o franco-arcillosos, pH 5.0-6.5, temperaturas óptimas de 25-35°C y alta disponibilidad hídrica. Existen diversos sistemas de cultivo como siembra directa, trasplante, inundado, AWD y SRI, cada uno con ventajas y limitaciones. En Ecuador es el tercer cultivo en superficie, con rendimientos promedio de 4.67 t/ha, concentrándose en Guayas, Los Ríos y Manabí.
- Los principales retos son el cambio climático, la salinización y la resistencia de malezas, requiriendo prácticas sostenibles y variedades mejoradas. Este conocimiento general es esencial para planificar un manejo eficiente y garantizar la seguridad alimentaria nacional.

1.18. Bibliografía

- Choi, J. Y., Platts, A. E., Fuller, D. Q., Hsing, Y.-I., Wing, R. A., & Purugganan, M. D. (2017). The rice paradox: Multiple origins but single domestication in Asian rice. *Molecular Biology and Evolution*, 34(4), 969–979.
- Cleveland Clinic. (2022, 23 de febrero). How to lower your cholesterol with Dr. Leslie Cho [podcast]. (Los alimentos de origen vegetal no contienen colesterol). <https://my.clevelandclinic.org/podcasts/health-essentials/how-to-lower-your-cholesterol-with-dr-leslie-cho>
- Cobos Mora, F. J., Reyes Borja, W. O., Ruilova Cueva, M. B., & Medina Litardo, R. C. (2022). Estrés por salinidad en el arroz, retos y oportunidades. Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador.
- Companhia Nacional de Abastecimento. (2023). Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2023/24: 2º levantamento (dados de produção de arroz no Brasil). CONAB.
- Conrad, R. (2020). Methane production in soil environments—Anaerobic microbiology and biogeochemistry. *Microorganisms*, 8(7), 944. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7357154/>
- Cristóbal, A. C. (2021). El INIAP y la modernización de la hacienda serrana en Ecuador: transferencia tecnológica y Revolución Verde (1963–1973). *Historia Agraria de América Latina*, 2(2), 129–150. <https://www.haal.cl/index.php/haal/article/download/35/194>.
- El-Aty, A. M. A., Islam, M. M., Reiad, N. A., Alam, M. J., Rihan, H. Z., & Fuller, M. P. (2024). Evaluation of yield and quality traits in rice (*Oryza sativa* L.) genotypes. *Agronomy*, 14(1), 61. <https://doi.org/10.3390/agronomy14010061>.
- Ensembl Plants. (2025). *Oryza sativa* Japonica Group: Assembly and Gene Annotation (release 62). EMBL-EBI. https://plants.ensembl.org/Oryza_sativa/Info/Annotation.
- European Commission. (2020). EU agricultural outlook for markets, income and environment, 2020–2030. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2762/252413>

- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2023). Methane emissions in agrifood systems: Sources, quantification, and reduction options. FAO. <https://www.fao.org/3/cc8029en/cc8029en.pdf>
- Gross, B. L., & Zhao, Z. (2014). Archaeological and genetic insights into the origins of domesticated rice. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(17), 6190–6197. <https://doi.org/10.1073/pnas.1308942110>.
- Heros Aguilar, E. C. (2012). Manejo integrado en el cultivo de arroz. Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú.
- <https://www.agricultura.gob.ec/wp-content/uploads/2024/05/Ecuador-Perfil-Agropecuario-Arroz.pdf>
- <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras>
- Huaraca, H., & Noriega, C. (2016). Guía para facilitar el aprendizaje en el manejo integrado del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.). Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Ecuador.
- Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). (2020). Guía Técnica Manejo del Cultivo de Arroz bajo el sistema de riego con secas. INIA, Perú.
- Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA). (2012). Guía tecnología del cultivo de arroz. INTA, Nicaragua.
- International Rice Research Institute (IRRI). (2024). Global handbook of rice policies. IRRI. <https://www.irri.org/resources/publications>
- Ishfaq, M., Hu, R., Li, W., Ahmad, B., & Xu, J. (2023). Assessing the quality of rice: A comprehensive review. *Trends in Food Science & Technology*, 138, 59–78. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.07.014>.
- Linares, O. F. (2002). African rice (*Oryza glaberrima*): History and future potential. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(25), 16360–16365. <https://doi.org/10.1073/pnas.252604599>.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador. (2024). Perfil Agropecuario 2024 – Arroz (estadísticas nacionales de área, producción y rendimiento). MAG.

- Mussurova, S., Matnyazov, R., Kenzhebayeva, S., Sarsu, F., Jatayev, S., Zhubatkanov, A., ... & Lopato, S. (2020). The genus *Oryza*: A model for studying crop evolution and domestication (review). *Frontiers in Plant Science*, 11, 559155.
- Oladosu, Y., Rafii, M. Y., Arolu, F. (2020). Breeding for salt tolerance in rice: Progress and prospects. *Agronomy*, 10(7), 997. <https://doi.org/10.3390/agronomy10070997>.
- Pedersen, O., Colmer, T. D., & Voesenek, L. A. C. J. (2021). Regulation of root adaptive anatomical and morphological traits in wetland plants. *New Phytologist*, 232(1), 28–44. <https://doi.org/10.1111/nph.16375>.
- Ruilova Cueva, M. B., Cobos Mora, F. J., & Gómez Villalva, J. C. (2022). Manejo en el cultivo de arroz. Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador.
- Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG). (2003). Manual técnico para el cultivo del arroz. SAG, Honduras.
- Shahzad, B., et al. (2022). Unravelling the physiological basis of salinity stress tolerance in rice. *Functional Plant Biology*, 49(11), 985–1003. <https://doi.org/10.1071/FP21336>.
- Tripathi, S., Tripathi, S., Tripathi, S., & Singh, A. K. (2025). A new subspecies of *Oryza rufipogon* complex (Poaceae) from Indo-Gangetic plains, India. *Bulletin of the National Research Centre*, 49, 218. <https://link.springer.com/article/10.1186/s42269-025-01738-8>.
- Xu, R., Qin, R., Li, H., et al. (2021). Gene editing of OsRR22 enhances rice salt tolerance. *Frontiers in Plant Science*, 12, 737226. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.737226>.

Capítulo II. Mejoramiento Genético del Arroz

Walter Oswaldo Reyes Borja
Universidad Técnica de Babahoyo
<https://orcid.org/0000-0002-1706-0793>

2.1. Resumen

La productividad —más que la expansión de área— explicará el crecimiento agrícola global en la próxima década: 79% del aumento de la producción de cultivos provendrá de mayores rendimientos, lo que exige inversiones en gestión y mejoramiento genético. En ese marco, el arroz (*Oryza sativa* L.) es clave para la seguridad alimentaria mundial. En Ecuador, este cultivo predomina entre los pequeños productores y el área productiva se encuentra concentrada en las provincias del Guayas y Los Ríos; este producto es destinado en su mayoría para el consumo interno. Frente a la demanda creciente, clima cambiante y restricciones de costos, ampliar la base genética del arroz para acelerar la obtención de variedades superiores es estratégico. Las especies nativas o silvestres, como *Oryza rufipogon*, poseen genes de tolerancia y resistencia que las metodologías clásicas —pedigrí, selección recurrente— junto a los enfoques participativos (PVS) pueden integrarse para mejorar los caracteres de rendimiento, sanidad, porte y calidad de grano del cultivo. La experiencia regional muestra avances con programas participativos y biotecnología; al mismo tiempo, se advierte el riesgo de bases estrechas en variedades élite, de ahí la necesidad de evaluar diversidad y combinar múltiples fuentes de alelos favorables. En Ecuador, un programa conjunto entre la Universidad Técnica de Babahoyo y CORPNOARROZ, con apoyo de SENESCYT y PNUD para validaciones en 20 localidades, logró en 9 años cuatro líneas promisorias (L-07, L-17, L-37, L-38) derivadas de cruza recíprocas entre *O. rufipogon* y genotipos japónicos, de alto rendimiento, buen macollamiento, menor altura, grano largo y calidad molinera y culinaria competitiva. Paralelamente, el cultivo de anteras se consolida como herramienta biotecnológica para generar, vía doble haploide, líneas homocigotas en plazos cortos, acelerando la selección y la liberación de materiales. En conjunto, la integración de recursos genéticos silvestres, métodos convencionales y biotecnología, más la participación de productores en la evaluación, permite responder a los desafíos productivos y ambientales, fortaleciendo la sostenibilidad, la adopción y el impacto del mejoramiento genético del arroz en el país.

2.2. Introducción

De acuerdo a la OECD/FAO (2023), el incremento mundial de productos agrícolas se verá impulsado por una mayor productividad y no por un aumento en el uso de la tierra. Por consiguiente, resulta esencial la inversión dirigida a aumentar los rendimientos y a mejorar la gestión de las explotaciones agrícolas. Bajo el supuesto de avances en el fitomejoramiento y la transición a sistemas de producción más intensivos continúen, se prevé que, durante el periodo de las *Perspectivas*, 79% del crecimiento de la producción mundial se deberá al aumento del rendimiento, 15% a la expansión de las tierras

cultivadas y 6% a la creciente intensidad de plantíos , por lo cual se refleja la necesidad de invertir más en la mejora de la productividad.

En el contexto mundial, el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) desempeña un papel crucial en la seguridad alimentaria y económica, del cual, millones de personas dependen del arroz como fuente principal de calorías, y su demanda sigue creciendo con el aumento de la población. Sin embargo, este escenario plantea desafíos significativos relacionados con la necesidad de incrementar la producción para satisfacer las necesidades alimenticias (Flores y Álvarez 2019).

En Ecuador, la importancia radica en que es parte de la dieta alimenticia y economía, siendo uno de los principales productos de la canasta básica de los hogares ecuatorianos. En su estructura productiva, la mayor parte de las UPAs les pertenecen a los pequeños productores, además casi el 87% de la producción de arroz es generada por las provincias de Guayas y Los Ríos. Su participación en el PIB representa apenas el 1,55% (promedio 2014 – 2017). La mayor parte de la producción arroceras se destina al consumo interno (96%), dejando muy poco producto para la exportación (4%). (Poveda y Andrade 2018).

Históricamente, el arroz ha sido un cultivo de vital importancia para la seguridad alimentaria en diversas regiones del mundo, desencadenando esfuerzos continuos entre los investigadores para optimizar sus características agronómicas. Las especies nativas o silvestres de arroz, que actúan como reservorios genéticos valiosos, poseen atributos únicos que pueden mejorar la resistencia a enfermedades, tolerancia a condiciones adversas del suelo y contribuir a la sostenibilidad agrícola. Las exploraciones de estos recursos genéticos se alinean con la creciente necesidad de abordar los desafíos actuales, como el cambio climático y la seguridad alimentaria global (Orozco y González 2022).

La mejora genética de cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) ha sido un área crucial en la investigación agrícola con el objetivo de desarrollar variedades que se adapten a las cambiantes condiciones climáticas, resistencia a enfermedades y plagas, mejora en la calidad y rendimiento del grano. En este contexto, el uso de especies nativas o silvestres se presenta como una estrategia innovadora y prometedora para enriquecer el pool genético, permitiendo la introducción de características deseables que podrían no estar presentes en las variedades convencionales (Pérez, 2019).

Las metodologías clásicas de mejoramiento genético, han sido responsables del desarrollo y de la liberación de numerosas variedades de arroz en varios países de América Latina, como Bolivia, Brasil y Colombia (INGER, 1991). Sin embargo, incidieron en la creación de una base genética estrecha de las variedades mejoradas que se ofrecían a los agricultores (Cuevas-Pérez et al., 1992; Rangel et al., 1996; Montalván et al., 1998). Por otro lado, el estudio sistemático de análisis de la diversidad genética es esencial para explotar lo inherente a la variabilidad y ampliar la base genética de cultivares de arroz (Morejón-Rivera, R., & Díaz-Solís, S. H., 2025).

En Bolivia, la implementación de un esquema completo de mejoramiento genético totalmente participativo para los diversos tipos de arroces, ha permitido la obtención de nuevas variedades a corto plazo. Para el mediano y largo plazo, mantienen material promisorio en varias etapas del proceso de mejoramiento. Los cambios y desafíos agroecológicos y socio-económicos obligan a ajustes permanentes de los objetivos del mejoramiento genético en arroz. Con las poblaciones recurrentes de base genética estrecha y con la transferencia de biotecnología en Bolivia, se refuerza la autonomía y por lo tanto la soberanía científica y técnica del país (Guzmán et al., 2017). Según Vidal, Bezus, Pincirolí y Scelzo (2015), existen países con programas de mejoramiento genético en arroz, que poseen líneas promisorias con características diferenciadas, las cuales radican en menor altura y mayor potencial de ahijamiento, además con estructura de planta más compacta, lo que les brinda un mejor comportamiento agronómico para obtener altos rendimientos.

También es importante mencionar sobre la estrategia de la Selección Varietal Participativa (PVS del inglés), es otra alternativa que combina las perspectivas de los hogares agrícolas y los intereses de los mejoradores en la obtención de líneas de arroz prometedoras. Estos métodos abren oportunidades para crear las líneas preferidas por el agricultor, ayudar en la liberación rápida y facilitar su adopción. Este enfoque ha sido eficaz, ya que tiene en cuenta el contexto sociotecnológico de los usuarios finales durante la evaluación, confirmación y promoción de nuevas líneas de arroz (Burman et al., 2018).

Este capítulo sobre mejoramiento genético trata de describir la importancia del uso de metodologías que conllevan a obtener nuevas variedades de arroz y que a través de los años han sido utilizadas en diferentes países con logros importantes en la agricultura. Los mejoradores han encontrado nuevas alternativas para integrar a los programas de

mejoramiento genético, tales como la selección recurrente, el método del pedigrí, el cultivo *in vitro* de anteras e incluso se habla de Selección Varietal Participativa donde se escuchan los criterios de los productores, lo cual los investigadores consideran al momento de la selección de las líneas, con la finalidad de acelerar los procesos de obtención de poblaciones sobresalientes con características de mejor conveniencia.

El mejoramiento muchas veces depende incluso del mercado que exige caracteres de importancia genética, tales como resistencia a plagas y enfermedades, alto rendimiento, resistencia al acame, calidad molinera y culinaria, etc. superiores a las variedades convencionales. Estas variedades con frecuencia se encuentran posesionadas en el sector arrocero, que por muchos años se han cultivado. Sin embargo, en los actuales momentos ya han perdido su potencial productivo, de ahí la importancia de emprender programas de mejoramiento genético para proveer a los productores de nuevos cultivares con características genéticas diferentes y entregarles otras opciones de cultivo a través de nuevas variedades.

Métodos aplicados a la selección de materiales sobresalientes en arroz.

Existen métodos que han sido muy utilizados por los mejoradores de plantas, los que han brindado la oportunidad de entregar variedades de características sobresalientes, tales como el método del Pedigrí y el Cultivo de Anteras aplicadas al arroz, los cuales se mencionan a continuación.

Método de pedigrí

Métodos como el de pedigrí, generalmente involucran en su cruce un número limitado de progenitores élite, con frecuencia relacionados genéticamente y con riesgo a largo plazo de reducción de la variabilidad. El desarrollo de poblaciones con amplias bases genéticas y el uso de métodos de mejoramiento, que permitan la acumulación continua de alelos favorables, podrían superar estas desventajas. La selección recurrente (SR), se puede ajustar al mejoramiento de una población, mediante la eficiente piramidación de diferentes alelos favorables, de diversos donantes (Xu & Ali, 2014; Gazal et al. 2016; Herawati et al. 2017). En los programas de mejoramiento de cultivos de interés agrícola es necesario contar con una amplia base genética que garantice suficiente variabilidad para tener probabilidades de seleccionar los genotipos deseados (Díaz et al., 2025).

Bajo este contexto, el estudio realizado por investigadores de la Universidad Técnica de Babahoyo, destaca que la aplicación del método de pedigrí en el proceso de selección

ha brindado buenos resultados, después de realizados los cruces interespecíficos entre las especies de arroz *Oryza rufipogon* G. x *Oryza sativa* L. spp. japonica, mediante el cual se ha logrado la obtención de cuatro líneas de arroz mejoradas como son: L-07, L-17, L-37 y L-38, obtenidas dentro del marco del proyecto “Mejoramiento genético del arroz con especies silvestres, japónicas y criollas (*Oryza rufipogon* G., *Oryza sativa* L. spp. japonica, *Oryza sativa* L. ssp. indica)” de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Babahoyo, provincia de Los Ríos, Ecuador, en convenio con la Corporación Nacional de Organizaciones de Productores Arroceros (CORPNOARROZ).

De acuerdo a lo que manifiesta Arana (2016), en su estudio utilizando cruces interespecíficos recíprocos, menciona que existe compatibilidad genética entre los genotipos japónicos y el arroz Puyón (*Oryza rufipogon* G.), debido a que al realizar los cruces mediante hibridación simple entre estas especies, se obtuvieron semillas F1 y las poblaciones segregantes fueron fértiles. Al cruzar el arroz Puyón con genotipos japónicos se obtuvieron plantas vigorosas. Los cruces recíprocos entre el arroz silvestre y el japonico JP00-3 resultaron segregantes de grano delgado, con mayor longitud de panículas y número de macollos por planta comparado con sus progenitores. La hibridación interespecífica permite seleccionar tempranamente segregantes F1 con características agronómicas deseables.

Los recursos genéticos vegetales constituyen la fuente imprescindible de genes para el mejoramiento de los cultivos. Mediante la recombinación de genes favorables, los fitomejoradores han podido incrementar la productividad, mejorar su calidad y reducir los costos de producción. Hasta ahora, los programas de fitomejoramiento tradicionales sólo han explotado exitosamente un porcentaje muy limitado de la variabilidad genética existente en una especie dada (Martínez *et al.*, 1998).

Los parientes silvestres de arroz son fenotípicamente inferiores al arroz cultivado, con respecto a características agronómicas. Sin embargo; la detección de la segregación transgresiva para el rendimiento en los cruzamientos entre especies cultivadas y silvestres sugiere que a pesar de sus fenotipos inferiores, contienen genes que pueden mejorar los caracteres cuantitativos, como el rendimiento (Sánchez, 2013).

Las cruces entre *Oryza sativa* L. y *Oryza rufipogon* G., generan abundante diversidad genética para el desarrollo de variedades arroz de alto rendimiento (Huang *et al.*, 2013). Según Martínez *et al.* (1998), la introgresión de ciertos alelos específicos de arroz

silvestre puede contribuir positivamente no sólo para incrementar el rendimiento en cultivares mejorados de arroz, sino también en términos de resistencia a estrés.

El sector arrocerero en las provincias donde se cultiva esta gramínea, ha enfrentado desafíos significativos que han limitado su productividad y rentabilidad, tales como bajos rendimientos, pérdidas causadas por plagas y enfermedades, altos costos de producción y la falta de conocimiento en prácticas sostenibles. En respuesta a esto, se ha llevado a cabo un proyecto de investigación en alianza de instituciones tales como: la Universidad Técnica de Babahoyo y la Corporación Nacional de Organizaciones de Productores Arroceros (CORPNOARROZ). Este proyecto, que ha tenido una duración de alrededor de 9 años, aplicándose el método del pedigrí, ha logrado desarrollar cuatro nuevos cultivares de arroz promisorios: L-07, L-17, L-37 y L-38, que han demostrado un alto rendimiento, superando a las variedades comerciales existentes en la región.

Con la finalidad de incrementar diversidad genética del arroz para la generación de nuevos germoplasmas adaptados a las condiciones agroecológicas del Ecuador, este trabajo se llevó a cabo desde el año 2016 para generar segregantes F1; y a partir de ellos, se seleccionaron líneas promisorias con potencial genético para el desarrollo de líneas superiores mejoradas a partir de cruza interespecíficas entre especies. Se utilizó la especie de arroz silvestre (*Oryza rufipogon* G.), de igual manera; la especie japónica (*Oryza sativa* L. spp. japonica), material genético provisto por los socios de CORPNOARROZ. Cabe mencionar que el Ecuador no registra antecedentes de mejoramiento genético en función de estas especies de arroz y han sido de gran importancia utilizar estos cultivares para lograr variedades con características diferenciadas, con propiedades organolépticas y productivas, como alternativas de cultivo y consumo en nuestro país.

Por otro lado, la SENESCYT y el PNUD han sido aliados estratégicos para dar a conocer los nuevos materiales de arroz en 20 localidades del país, principalmente en la provincia del Guayas y Los Ríos, instituciones que han apoyado para realizar transferencia de tecnología, estableciendo parcelas de validación y trabajando directamente con los productores en el campo, demostrando el potencial en características productivas de los nuevos cultivares de arroz genéticamente mejorados a través de proyectos de investigación que representan alternativas y potencial para aumentar la productividad y rentabilidad en el cultivo de arroz, y a la vez para empoderar a los

productores de las tecnologías de manejo integrado del cultivo para reducir las pérdidas por plagas y enfermedades, buen uso de los insumos agrícolas y además; las características culinarias de sabor y aroma que poseen, que harán ante los productores arroceros, implementen prácticas sostenibles y contribuir a la seguridad alimentaria en la región.

Durante el proceso de cruzamiento y selección de los mejores individuos en cada una de las filiales (F1-F14) estudiadas, se realizaron los respectivos estudios a medida que se avanzaban por autopolinización en las generaciones, para lograr la homocigosis de las líneas que la alcanzaron entre F5 y F6. Las pruebas regionales posteriores hasta la F13-F14, se llevaron a cabo principalmente en las localidades de Babahoyo, Yaguachi, Santa Lucía y Daule. Cabe mencionar que las cuatro líneas promisorias de arroz: L-07, L-17, L-37 y L-38, se originaron del cruce PUYÓN/ JP002 (Cuadro 1), del cual se derivaron diferentes individuos, entre ellos la línea PUYÓN/JP002-P8, seleccionada a partir de la población F2.

Cuadro 1. Especies de arroz y códigos asignados a los parentales.

Especies	CÓDIGO
<i>Oryza rufipogon</i> G.	PUYÓN
<i>Oryza sativa</i> L. spp. japonica	JP001
<i>Oryza sativa</i> L. spp. japonica	JP002
<i>Oryza sativa</i> L. spp. japonica	JP003
<i>Oryza sativa</i> L. spp. japonica	JP004

En la Figura 1, se observan las características de las semillas de los parentales de arroz que fueron utilizadas en el estudio.

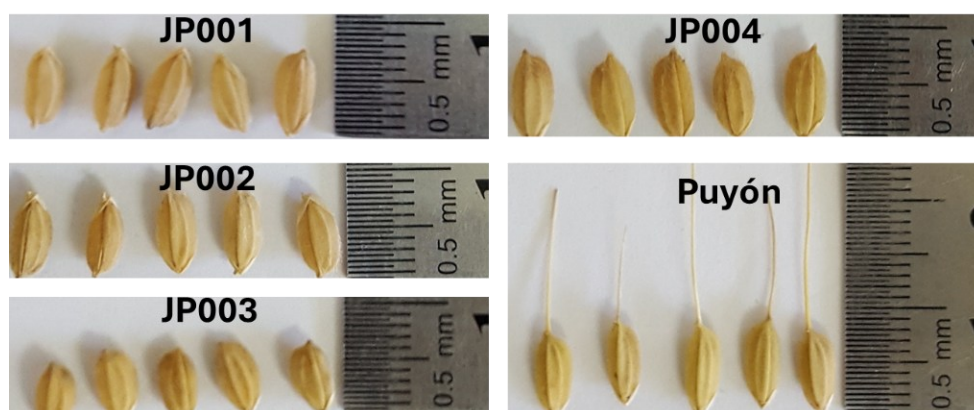


Figura 1. Características de las semillas de las especies *Oryza rufipogon* G.; y *Oryza sativa* L. spp. japonica utilizadas como parentales en los cruces recíprocos realizados.

En el Cuadro 2, se observan las características fenotípicas y productivas de los parentales JP002 y PUYÓN, evaluados como cultivares testigos durante la F2. (Sotomayor Andrade J. S. 2017).

Cuadro 2. Características fenotípicas y productivas de los parentales JP002 y PUYÓN que dieron origen a las cuatro líneas promisorias de arroz.

CARACTERÍSTICAS	PARENTALES	
	JP002	PUYÓN
Ciclo Vegetativo (Días)	90	148
Vigor vegetativo	7	1
Longitud de hoja bandera (cm)	20,7	44,6
Ancho de hoja bandera (cm)	1,0	1,4
Altura de Planta (cm)	63,6	149
Panículas por planta	28	11,8
Longitud de panícula (cm)	13,4	25,4
Granos por panícula	35,4	145,4
Esterilidad (%)	15,81	14,58
Desgrane (%)	0	38,26
Peso de 1000 granos (g)	24,99	27,69
Rendimiento (g.planta ⁻¹)	25,26	47,01
Longitud de grano (mm)	5,08	7,01
Ancho de grano (mm)	3	2,21
Relación largo/ancho	1,69	3,18
Color de pericarpio	3	9

A partir de los cruzamientos simples recíprocos realizados utilizando estas especies como parentales, se obtuvieron ocho poblaciones segregantes F1. Cuatro poblaciones fueron obtenidas utilizando los cultivares JP001, JP002, JP003 y JP004 como parentales femeninos cruzados con el PUYÓN como parental masculino; a su vez, el PUYÓN como parental femenino, que se cruzó con los cultivares JP001, JP002, JP003 y JP004 como parentales masculinos, como se presenta en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Cruces recíprocos y parentales masculinos y femeninos de arroz de las especies *Oryza rufipogon* G.; y *Oryza sativa* L. spp. japonica..

CRUZAMIENTOS	CÓDIGO
1	JP001/ PUYÓN
2	JP002/ PUYÓN
3	JP003/ PUYÓN
4	JP004/ PUYÓN
5	PUYÓN/ JP001
6	PUYÓN/ JP002
7	PUYÓN/ JP003
8	PUYÓN/ JP004

Cada uno de los individuos y poblaciones, se registraron en cada filial para lograr el pedigrí de cada una de las líneas de arroz mejorada. En el Cuadro 4, se resumen las filiales (F1-F6) correspondientes, que llevaron al origen de las cuatro líneas de arroz L-07, L-17, L-37 y L-38.

Cuadro 4. Origen de las cuatro líneas promisorias de arroz L-07, L-17, L-37 y L-38 originadas en el proyecto.

F1	F2	F3	F4	F5	F6	Origen de las líneas promisorias de Arroz
PUYÓN/JP002 P8	PUYÓN/JP002 P8-20	PUYÓN/JP002 P8-20	PUYÓN/JP002-P8-20-P72	PUYÓN/JP002 P8-20-P72-4	PUYÓN/JP002 P8-20-P72-4	L-17
	PUYÓN/JP002 P8-29	PUYÓN/JP002 P8-29	PUYÓN/JP002-P8-29-P49	PUYÓN/JP002 P8-29-P49-30	PUYÓN/JP002 P8-29-P49-30	L-37
			PUYÓN/JP002-P8-29-P32	PUYÓN/JP002 P8-29-P32-1	PUYÓN/JP002 P8-29-P32-1	L-38
	PUYÓN/JP002 P8-30	PUYÓN/JP002 P8-30	PUYÓN/JP002-P8-30-P13	PUYÓN/JP002 P8-30-P13-24	PUYÓN/JP002 P8-30-P13-24	L-07

Las cuatro líneas promisorias de arroz, ya convertidas en variedades, cuentan con un registro ante el Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador, a las que se han asignado los siguientes nombres. L-07: Kaori; L-17: La Montuvia; L-37: La Capira y L-38 : La Costeña. En las Figuras 2, 3 4 y 5, se muestran nombres y producción en campo de las variedades de arroz.



Figura 2. Producción en campo de la variedad de arroz Kaori (L-07).



Figura 3. Producción en campo de la variedad de arroz La Montuvia (L-17).



Figura 4. Producción en campo de la variedad de arroz La Capira (L-37).



Figura 5. Producción en campo de la variedad de arroz La Costeña (L-38).

En el Cuadro 5, se observan las especificaciones técnicas de las cuatro variedades generadas en este proyecto.

Cuadro 5. Especificaciones técnicas de las cuatro variedades de arroz.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE CUATRO VARIEDADES DE ARROZ						
TIPO DE CARACTERÍSTICA	VARIABLES		NOMBRES Y CÓDIGOS DE LAS VARIEDADES			
			KAORI (L - 07)	LA MONTUVIA (L - 17)	LA CAPIRA (L - 37)	LA COSTEÑA (L - 38)
CARACTERÍSTICAS AGROMORFOLÓGICAS	Altura de planta (cm)	Max	110	122	107	109
		Min	100	100	97	97
	Días a la floración	Max	85	82	80	79
		Min	80	78	73	75
	Número de macollos/planta	Max	39	36	37	38
		Min	23	22	23	26
	Ciclo vegetativo (Días)	Max	115	118	115	114
		Min	110	115	105	110
CARACTERÍSTICAS DE PRODUCCIÓN	Panículas por planta (No.)	Max	38	36	37	36
		Min	20	18	21	23
	Longitud de panícula (cm)	Max	26,9	26,8	29	27
		Min	22,6	20,5	20,2	20,4
	Granos por panícula (No.)	Max	198	194	193	189
		Min	104	101	101	106
	Longitud de grano descascarado (mm)	Max	7,2	7,3	7,2	7,2
		Min	6,8	6,8	6,8	6,8
	Ancho de grano descascarado (mm)	Max	2,3	2,5	2,4	2,5
		Min	1,6	1,7	1,8	2
	Esterilidad (%)	Max	9,1	9,1	9,7	9,6
		Min	1,6	1,4	1,2	1,5
CARACTERÍSTICAS MOLINERAS	% Cáscara	Max	22,3	18,7	21,7	21,5
		Min	15,5	15,8	17,5	15,9
	% Integral	Max	77,7	81,9	78,3	78,5
		Min	72,4	75,0	72,0	73,0
	% Polvillo	Max	7,9	7,5	8,3	7,5
		Min	7,3	7,1	7,9	7,1
	% Masa blanca o rendimiento de pilado	Max	72,2	75,0	72,30	71,5
		Min	71,0	73,5	71,00	70,9
	Índice de pilado o Grano Entero (%)	Max	64,4	67,5	64,0	64,0
		Min	63,1	64,5	62,0	61,8
	% Arrocillo	Max	7,8	7,5	8,3	7,5
		Min	7,0	7,2	7,9	7,1
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS	% Centro blanco	Max	21	24,6	23,6	25,3
		Min	20	21	22	21
	Contenido de Proteína (%)	Max	8,1	7,9	8,0	7,9
		Min	7,9	7,9	7,9	7,8
CARACTERÍSTICAS CULINARIAS	Contenido de Amilosa (%)	Max	25,1	29,1	30,2	30,6
		Min	21,4	23,9	25,6	26,2
	Color	Blanco perlado a crema	Blanco perlado a crema	Blanco perlado a crema	Blanco perlado a crema	Blanco perlado a crema
	Sabor	Agradable superior	Agradable superior	Agradable superior	Agradable superior	Agradable superior
	Olor	Aroma superior	Aroma superior	Aroma superior	Aroma superior	Aroma superior

Método Biotecnológico del Cultivo de Anteras en Arroz

El cultivo *in vitro* de anteras es un método que se ha integrado con éxito a los programas de mejoramiento, debido a sus múltiples ventajas: reduce el tiempo en obtener los cultivares; hay economía de recursos financieros y materiales; aumenta la eficiencia

de la selección, tanto en caracteres cualitativos como cuantitativos y facilita la selección de los cultivares superiores. Su utilización ha permitido la liberación de cultivares de alto rendimiento, resistentes a plagas y con mejor calidad de grano (Gueve, T. y Ndir, K., 2010).

De acuerdo al CIAT (1991) mediante esta técnica, las anteras inmaduras que contienen polen en una etapa específica de desarrollo se colocan en medios de cultivo donde el polen inmaduro se divide para formar “embriones” o “callo”. Transferidos éstos a medios de regeneración, se da la conversión en plantas completas. En la mayoría de los casos se producen plantas haploides estériles, pero en algunas especies ocurre una duplicación espontánea de los cromosomas en las etapas de desarrollo del callo y de regeneración de la planta.

Según, Lentini, Martínez y Roca (1997), en las plantas superiores, las haploides son esporófitos que poseen un número de cromosomas igual a del gametofito. Mediante el doblaje espontáneo o artificial de los cromosomas es posible obtener homocigotas completas a partir de esas plantas haploides; estas plantas se denominan doble haploides (DH). Los materiales DH permiten al fitomejorador fijar el sistema genético de gametos individuales, sin pasar por el proceso de endogamia normal, lo cual facilita y acelera el proceso de selección. Los métodos más utilizados para la obtención de haploides y DH pueden basarse en el cultivo de esporas masculinas; es decir, anteras o polen (androgénesis), o en el cultivo de esporas femeninas, o sea, de ovarios u óvulos (ginegénesis). De los métodos señalados, el más rápido y aplicable a un mayor número de especies para la producción de DH es el cultivo de anteras.

Quiala E, et al., (2020) implementaron esta técnica con el objetivo es regenerar plantas haploides (organismos con células que tienen un único juego de cromosomas, o la mitad de la cantidad habitual de cromosomas de la especie) y doble haploides homocigóticas, que den origen a variedades con una calidad del grano adecuada a las exigencias del mercado, y que sean capaces de adaptarse con altos rendimientos a zonas con condiciones climatológicas adversas para el cultivo como son la salinidad y la sequía. De acuerdo a Ordoñez (2017), mediante el cultivo de anteras las microsporas pueden generar individuos haploides, los mismos que deben pasar por cultivo *in vitro*. En diversas especies pueden generar de manera directa una planta, mientras que en otras es necesario

pasar por etapas de callos, el mismo que es un tejido no diferenciado, para posteriormente diferenciarse.

Pintos et al. (2014), mencionan que al final del proceso se obtienen plantas regeneradas generalmente doble haploide homocigotas; sin embargo, en algunas ocasiones pueden resultar ser haploides, posteriormente se puede realizar una duplicación cromosómica mediante el uso de tratamientos a base de colchicina o algún otro inhibidor mitótico que puede ser efectivo para generar plantas dobles haploide

Arana V. (2012), utilizó la técnica de cultivo *in vitro* de anteras, con la cual logró un material doble haploide homocigótico en un ciclo de cultivo *in vitro* a partir de semilla F1 del cruce JAPON/FED-50. El nivel de ploidía se estimó tomando en cuenta que posee 100% de fertilidad y presenta las características morfológicas de una planta normal (diploide); considerando que las plantas haploides ($n = x$) son pequeñas, débiles, con problemas de crecimiento y estériles, las doble haploides ($n = 2x$) son plantas fértiles con un desarrollo similar al de las plantas derivadas de semilla y las poliploides generalmente muestran un mayor crecimiento, con estructuras florales más desarrolladas, granos con aristas largas y parcialmente estériles.

La Universidad Técnica de Babahoyo también ha contribuido a generar protocolos para el desarrollo de nuevos cultivares de arroz utilizando procedimientos biotecnológicos, como lo es el cultivo *in vitro* de anteras, con excelentes resultados. El cultivo de anteras es una metodología prometedora que a través de la Biotecnología asiste a los programas de mejoramiento genético a nivel internacional. Es una técnica que parte de anteras que se encuentran en las florecillas que conforman la panícula en formación, y deben ser tomadas a partir de poblaciones segregantes F1 o F2. Estas son sometidas a proceso de siembra en condiciones estériles de cultivo *in vitro*. Las anteras en la etapas iniciales de desarrollo, se conforman de las microsporas, que son los estados tempranos de desarrollo de los granos de polen. Estas, se encuentran en los macollos en estado de preñez o estado de panza de culebra como generalmente se denominan en nuestro medio. Para la cosecha de los macollos, se debe considerar que en sus dos últimas hojas, estas estructuras llamadas aurículas que fácilmente se observan en la base, estén en una separación de entre 2 a 5 cm. Este es el momento para cosechar los macollos en campo y llevarlos al laboratorio.

En el laboratorio, los macollos pasan por un proceso de esterilización previo a la siembra en el medio de cultivo. Se siembra generalmente en medios de cultivos líquidos que contienen macro y micronutrientes, vitaminas, hormonas, fuentes de energías como la sacarosa, y un pH específico de 5,6 para que estas estructuras puedan obtener un óptimo desarrollo.

Las anteras cultivadas en medio para inducción de callos se incuban en oscuridad durante 45-60 días dependiendo del genotipo, para entonces se obtiene formación de callos a partir de células gaméticas mas no de células somáticas. Los callos se deben transferir cuando miden 3 mm diámetro aproximadamente.

Posteriormente, se transfieren los callos a un medio de cultivo sólido para regeneración de plantas, los mismos que se mantienen durante 8 días en penumbra para luego someter a luz directa hasta regeneración en plántulas. La diferenciación de órganos donde se observan los primeros brotes ocurre a los 20 días aproximadamente dependiendo el genotipo. La regeneración de plantas se logra entre los 50-60 días. Estas plantas pueden tener diferentes niveles de ploidía así mismos pueden regenerar verdes o albinas, debido a factores tales como: genotipos, fitohormonas, condiciones de cultivo, entre otras.

En la Figura 2, se observan las estructuras de callos formados a partir de las anteras a los 60 días después de la siembra y plántulas regeneradas en condiciones *in vitro*.

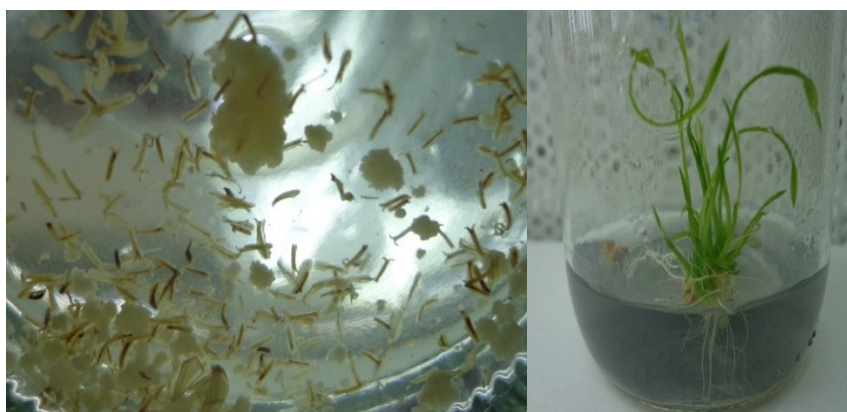


Figura 6. Estructuras de callos formados a partir de las anteras a los 60 días después de la siembra y plántulas regeneradas en condiciones *in vitro*

En la Figura 3, se esquematiza el procedimiento y el tiempo que ha sido necesario para la regeneración de plantas desde la siembra de las anteras hasta la regeneración *in vitro* de las plantas.

Esquema en tiempo para la obtención de líneas puras homocigóticas por cultivo *in vitro* de anteras en arroz (R1)

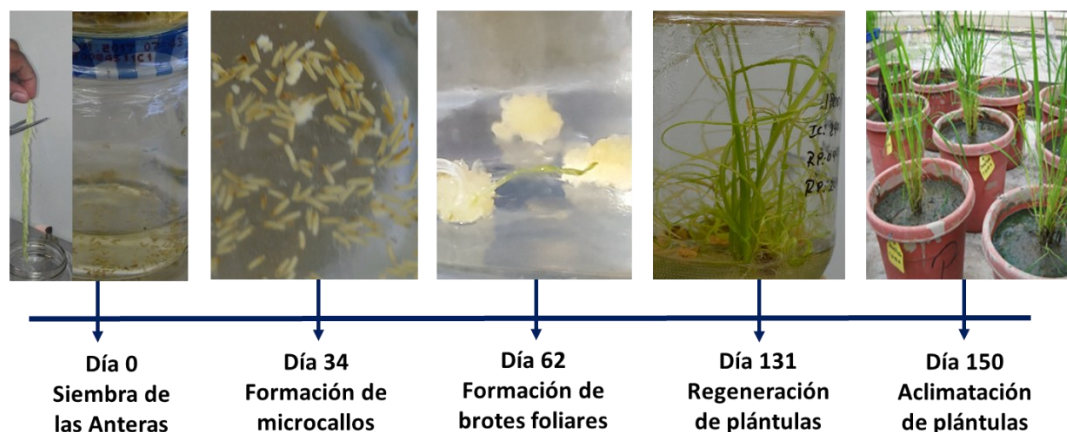


Figura 7. Esquema del procedimiento y el tiempo para la regeneración de plantas desde la siembra de las anteras hasta la regeneración *in vitro* de las plantas.

En la Figura 4, se observan dos individuos de la generación R2 resultado del cultivo de anteras, con buen macollamiento y número de granos y características de tipo japonico.



Figura 8. Individuos de la generación R2 resultado del cultivo de anteras, con buen macollamiento y número de granos con características de tipo japonico. Selección de los cruces: JP003/Puyón (P15) (A); JP004/Puyón (P14b) (B).

2.3. Conclusiones

- Los resultados del programa de mejoramiento genético de arroz, que ha tomado alrededor de 9 años, en el cual se ha aplicado el método del pedigrí como un proceso de selección intensiva, muestran como producto final, cuatro líneas promisorias de arroz con altos rendimientos, buen macollamiento, plantas de menor altura, con granos largos, calidad molinera y culinaria similares a cultivares comerciales que se encuentran actualmente en el mercado. Estos materiales genéticos pronto pasarán a manos de los productores arroceros ecuatorianos.
- El cultivo de anteras, también utilizada en este programa de mejoramiento genético implementado en la Universidad Técnica de Babahoyo, es una metodología que debe integrarse a los programas de mejoramiento por ser una herramienta biotecnológica que permite acelerar la obtención de poblaciones con características homocigóticas en un lapso de 9 meses, depende de la especie, y posteriormente una vez que se sometan a condiciones de campo, se pueden seleccionar los mejores individuos diploides homocigotos que en poco tiempo se pueden convertir en nuevas variedades de arroz..

2.4. Bibliografía

- Arana Vera L. P. (2012). Cultivo *in vitro* de anteras en arroz (*Oryza sativa* L.) para inducir plantas doble haploides homocigóticas. Tesis de Grado presentada ante el H. Consejo Directivo como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Técnica de Babahoyo. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 59 p. <https://dspace.utb.edu.ec/items/27803118-bac5-4ddb-94b6-fb3c43b2310d>
- Arana Vera V. S. (2016). Hibridación interespecífica de arroz (*Oryza rufipogon* G. x *Oryza sativa* L. ssp. japonica) para la obtención de segregantes F1 con potencial genético en el desarrollo de germoplasma mejorado. Componente práctico presentado a la unidad de titulación como requisito previo a la obtención del título de Ingeniera Agrónoma, Escuela de Ingeniería Agronómica Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo. 76 p. <https://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/3255/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000035.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Burman D, Maji B, Singh S, Mandal S, Sarangi SK, Bandyopadhyay BK, Bal A.R, Sharma DK, Krishnamurthy SL, Singh HN, (2018). Participatory evaluation guides the development and selection of farmers' preferred rice varieties for salt- and flood-affected coastal deltas of South and Southeast Asia. *Field Crops Res.* 220, 67-77. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.03.009>
- CIAT. (1991). Cultivo de tejidos en la agricultura: Fundamentos y aplicaciones. Roca, W. M. y Mroginski, L. A. Cali, CO. p. 280.
- Cuevas-Pérez, F.E.; Guimarães, E.P. ; Berrío, L.E.; González, D.I. (1992). Genetic base of irrigated rice in Latin America and the Caribbean, 1971 to 1989. *Crop Science* 32:1054-1059.
- Díaz Solis, S. H., Morejón Rivera , R., Pérez León , N., & Castro Álvarez , R. (2025). Selección Varietal Participativa (PVS): un enfoque de mejoramiento en arroz dirigido a la población meta. *Cultivos Tropicales*, 46(2). <https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/1871>
- Flores, E; Álvarez, G. (2019). Variabilidad genética de dos poblaciones de arroz permite la selección de plantas promisorias para la cosecha mecanizada. <https://lcalera.una.edu.ni/index.php/CALERA/article/view/398>.
- Gazal, A.; Dar, Z.A.; Wani, S.H.; Lone, A.A.; Shikari, A.B.; Ali, G.; Abidi, I. (2016). Molecular breeding for enhancing resilience against biotic and abiotic stress in major cereals. *SABRAO J. Breeding and Genetics*. 48(1):1-32.
- Gueye, T. y Ndir, K. (2010). *In vitro* production of double haploid plants from two rice species (*Oryza sativa* L. and *Oryza glaberrima* Steudt.) for the rapid development of new breeding material. *Scientific Research and Essays*, ISSN 1992-2248, vol. 5, no. 7, pp. 709–713.
- Guzman, René; Vedia, Alfonso; Hee, Eun Y Vales, Michel. (2017). Avances en mejoramiento genético participativo del arroz para enfrentar los desafíos del cambio climático en Bolivia. ISSN 2308-250X. *Info INIAF* 2017, vol.4, n.9 pp. 45-55 . http://revistasbolivianas.umsa.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-250X2017000100007&lng=es&nrm=iso

- Herawati, R.; Masdar; Ganefianti, D.Y.; Hermawan, B.; Alnopri. (2017). Screening and identification of upland rice lines derived recurrent selection for drought tolerance. IJASEIT. 7(6):2322-2327. <https://ijaseit.insightsociety.org/index.php/ijaseit/article/view/2955>
- Huang, Qin, Liu, Ma, Zhang y Yan. (2013). Feasibility of Utilization of Wild Rice (*Oryza rufipogon* Griff.) Genetic Diversity. <http://maxwellsci.com/print/ajfst/v5-640-645.pdf>
- INGER (Red Internacional para la Evaluación Genética del Arroz). (1991). Cruzamientos de arroz en América Latina. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. v.1, 426 p.
- Lentini, Z.; Martínez, C.; y Roca, W. (1997). Cultivo de anteras de arroz en el desarrollo de germoplasma. Cali, CO. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Publicación CIAT; № 293. ISBN 958-9439-92-6. 57 p.
- Martinez, Tohme, López, Borrero, Mc Couch, Roca, Chate y Guimaraes. (1998). Estado actual del mejoramiento del arroz mediante la utilización de especies silvestres de arroz en CIAT: http://www.mag.go.cr/rev_meso/v09n01_010.pdf
- Montalván, R.; Destro, D.; Silva, E.F. da; Montaña, J.C. (1998). Genetic base of Brazilian upland rice cultivars. Journal of Genetic Breeding 52:203-209.
- Morejón-Rivera, R., & Díaz-Solís, S. H. (2025). Respuesta de líneas promisorias de arroz en finca del municipio Los Palacios, Cuba. Cultivos Tropicales, 46(3). <https://ediciones.inca.edu.co/index.php/ediciones/article/view/1877>
- OECD/FAO (2023), OCDE-FAO. Perspectivas Agrícolas 2023-2032, OECD Publishing, Paris, ISBN 978-92-64-43806-4. <https://openknowledge.fao.org/items/baa23ffd-f739-46b5-9cb5-3fe83f55f0e0>.
- Ordoñez, C. (2017). Evaluación del efecto del Picloramo aplicado en el medio de cultivo a la inducción androgénica *in vitro* en el cultivo de anteras de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), en el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Palmira Valle del Cauca. (en línea). <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/21190/94315045.pdf?sequence=3&isAllowed=y>.

- Orozco, A; González, A. (2022). Variabilidad morfo-agronómica en genotipos de arroz en el Pacífico Central, Costa Rica (en línea). Ciencia y Agricultura 19(1). DOI: <https://doi.org/10.19053/01228420.v19.n1.2022.12567>.
- Pérez, I. (2019). Aportes de la biotecnología al mejoramiento del arroz en Ecuador. (en línea). 6(5):1-22. <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:oYS5MFfUbqEJ:https://revistas.ecotec.edu.ec/index.php/ecociencia/article/download/225/184/366&hl=es-419&gl=ec>.
- Pintos, L; Calvarro, M; Aránzazu, G. (2014). Embriogénesis del polen (embriogénesis gamética). Reduca (Biología). Serie Botánica 7(2):19-33.
- Poveda, G; Andrade, C. (2018). Producción sostenible de arroz en la provincia del Guayas. <https://www.eumed.net/rev/cccss/2018/03/produccion-arroz-ecuador.html>.
- Quiala E, Tapay MI., Celi Roberto., Mestanza S., Hurtado J., Mosquera E., Viteri G., Moncada C., Puga M., Martínez G. (2020). Cultivo de anteras de arroz de genotipos Indica. Boletín No. 455. <https://repositorio.iniap.gob.ec/>
- Rangel, P.H.N.; Guimarães, E.P.; Neves, P. de C.F. (1996). Base genética das cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado do Brasil. Pesquisa Agropecuária Brasileira 31(5):349-357.
- Sánchez, Wing y Brar. (2013). The Wild Relative of Rice: Genomes and Genomics 2. http://www.springer.com/cda/content/document/cda_downloaddocument/9781461479024-c1.pdf?SGWID=0-0-45-1444425-p175172215
- Sotomayor Andrade J. S. (2017). Identificación de segregantes F2 de arroz (*Oryza rufipogon* G. x *Oryza sativa* L. ssp. japonica) con potencial genético para el desarrollo de germoplasma mejorado. Componente práctico presentado a la unidad de titulación como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo, Escuela de Ingeniería Agronómica Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo. 79 p. Online: <https://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/3304/TE-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000050.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Vidal, A., Bezus, R., Pincioli, M., y Scelzo, L. (2015). Rendimiento y Calidad de Líneas de Arroz Largo/Fino, especiales y Largo/Ancho del Programa Arroz UNLP, campaña 2014/15. Jornadas Proarroz INTA. Concordia.
<https://lcalera.una.edu.ni/index.php/CALERA/article/view/398/526>
- XU, J.L.; ALI, J. (2014). Connecting rice germplasm to plant breeding: Backcrossing for allele mining and recurrent selection for allele pyramiding through molecular marker technology. Adv. Crop Sci. Tech. 2:pp 114.

Capítulo III. Preparación y manejo de los semilleros

Cristina Evangelina Maldonado Camposano

Universidad Técnica de Babahoyo

<https://orcid.org/0000-0002-1202-3184>

Walter Oswaldo Reyes Borja

Universidad Técnica de Babahoyo

<https://orcid.org/0000-0002-1706-0793>

3.1. Resumen

El arroz, cereal milenario domesticado en Asia hace ~8.000 años, es hoy el de mayor consumo mundial y puede alcanzar altos rendimientos en zonas tropicales con agua suficiente y manejo mejorado. En Ecuador, la producción se concentra en la Costa (Guayas y Los Ríos). La base del éxito es usar semilla certificada y ajustar la densidad de siembra según el cultivar (altura, capacidad de macollar, follaje) y el ambiente; la calidad de la semilla pureza genética, sanidad, viabilidad, vitalidad, tamaño y adaptación local es crítica. Para el trasplante en una hectárea de terreno se recomienda establecer un semillero de 150 m² (tres camas de 2×25 m, separadas 0,5–0,6 m), con fertilización fosfo-potásica previa y nitrógeno después. La pregerminación homogénea mejora el establecimiento del semillero, para esto se remojo de 24–30 horas las semillas, posterior se realiza el escurrido y una etapa de “abrigo” por 24–48 h en sombra, manipulando la semilla en sacos para evitar daño de radículas y evitando cuerpos de agua donde se lavarían los protectores. La preparación del terreno del semillero es básica y solo se integra arado en suelos vírgenes o muy compactados, se efectúa con 2–4 pases de rastra pesada, dos fangueos y nivelación fina; se mantiene lámina mínima de agua, se drena 10 h antes de sembrar y se volean 15 kg de semilla por cama sobre una capa ligera de cascarilla quemada de arroz. A los 5 días se aplican 10 kg de DAP al área total del semillero y entre 8–10 días un insecticida posterior al monitoreo (p. ej., permetrina) si hay *Hydrellia* o *Spodoptera*; a los 18 días se trasplantan 3–4 plántulas por sitio al campo. En trasplante mecanizado se usan bandejas PP (≈25×60×3,5 cm) con sustrato 2/3 limo + 1/3 cascarilla, agua por capilaridad sin inundar, 350–400 bandejas/ha y tasas de siembra calibradas (≈80–100 g/bandeja), limpiando y ajustando la sembradora hasta ±5 g del objetivo. El almácigo debe estar perfectamente nivelado para uniformar el riego y asegurar emergencia pareja, lo que respalda la competitividad, eficiencia y sostenibilidad del cultivo.

3.2. Introducción

El arroz es una gramínea de mayor consumo a nivel mundial domesticada y es a la vez un cultivo milenario, se tiene evidencia de que en algunos países del continente asiático se cultiva desde hace unos 8,000 años. Sin embargo, con las nuevas variedades de alto rendimiento y la utilización de prácticas mejoradas de cultivo, se ha demostrado que también en las zonas tropicales, que cuentan con la suficiente disponibilidad de agua, es posible también obtener altos rendimientos de arroz. Estas áreas es donde los

productores pueden ser competitivos, eficientes y conducir una agricultura rentable y sostenible con el cultivo del arroz. ((SAG), 2003)).

De acuerdo con (Celi et al, 2020) la semilla recomendada a utilizar es certificada con una densidad de 60kg/ha para trasplante, las labores de preparación de semillero son de tres camas de 25m de largo x 2P metros de ancho, con una separación de 0.60 m, en 150 m² de semillero, utilizar 20 kg por cama.

Según INEC (2021) manifiesta que, en Ecuador el cultivo de arroz casi totalmente se encuentra localizado en la región costa, siendo las provincias de Guayas y Los Ríos las principales con superficie total cosechada con un 89.4%. INIAP, citado por Gonzales et al. (2023) manifiesta que para el establecimiento de almacigo para trasplante, se recomienda utilizar 60kg/ha, de semilla calificada, durante este proceso es fundamental la fertilización a base de fosforo y potasio, esto debe realizarse previo a sembrar las plántulas en campo y la fertilización a base de nitrógeno de preferencia realizarse posterior a la siembra.

3.3. Densidad de siembra

Las densidades de siembra en el terreno, dependen del material con características de desarrollo en el campo como altura de planta capacidad de macollamiento, follaje influenciadas también condiciones de suelo, clima manejo, lo que también indica que las densidades de siembra no sean igual de favorables o perjudiciales entre una variedad y otra (Calero, et al. 2017).

Calidad de semillas es crucial para el éxito de cualquier actividad agrícola. Aquí hay varios factores que determinan la calidad de la semilla:

- Pureza genética es importante que las semillas sean de la variedad correcta y que no estén mezcladas con semillas de otras plantas.
- Salud de la semilla, las semillas deben estar libres de enfermedades, hongos o insectos plagas que puedan afectar su germinación y crecimiento.
- La viabilidad de las semillas debe ser capaces de germinar y crecer en una planta sana. Las semillas viejas o almacenadas incorrectamente pueden tener una tasa de germinación reducida.

- La Vitalidad de las semillas es capacidad de la semilla de estar viva y poder germinar y convertirse en planta.
- El Tamaño y peso en general de las semillas más grandes y pesadas son de mejor calidad porque contienen más nutrientes para alimentar el crecimiento de la planta.
- La adecuación para el entorno de crecimiento de las semillas seleccionadas debe ser apropiadas para las condiciones de crecimiento local, incluyendo el tipo de suelo, el clima y la disponibilidad de agua. (Unión Europea, S.f)

3.4. Pregerminación de las semillas

Debe pregerminarse la semilla antes del voleo y para ello hay que remojarla en agua por 24 horas y luego, dependiendo de las condiciones climáticas, someterla a un abrigo cubriéndola con restos de cosecha o cascarilla de arroz por otras 24 a 48 horas. Se le debe voltear por lo menos una vez para uniformizar la pre-germinación Figura 1.



Figura 1. Semillas pregerminadas

- El pre-germinado de las semillas de arroz garantiza mayor prendimiento o enraizamiento en el semillero.
- La semilla certificada viene en la presentación de 45 kg que es la cantidad recomendada por hectárea.
- Dividida en tres partes (15 kg cada parte y colocarlos en saquillo, amarre el saquillo un poco suelto) para evitar daños (radícula) y facilitar la manipulación durante el remojo.
- Coloque los tres saquillos con la semilla en un tanque de 200 litros de capacidad y llene de agua hasta que cubra los saquillos, mover los saquillos para permitir el

ingreso del agua hasta el centro de estos. Después de esto, dejar unos 20 cm de agua arriba de la superficie de los saquillos. Mantener por 30 horas para su remojo
Figura 2.



Figura 2. Remojo de las semillas

- Transcurrido este tiempo, saque los saquillos que contienen la semilla y ubíquelos sobre una lona en un sitio sombreado y mantenerlos cubiertos con la lona por 30 horas para su escurrimiento y promover que adquiera temperatura y estimule su germinación.
- No remojar la semilla en canales, ríos o lagunas, pues se lavan los productos aplicados para protección de la semilla, generando problemas de contaminación de las aguas.

3.5. Siembra y manejo del semillero en campo

- Disponer de un lote de 8 m x 25 m cerca de donde se establecerá el cultivo, el que servirá para preparar 150 m² de semillero recomendadas para 1 hectárea. Es recomendable elaborar, 3 camas con dimensiones de 2 m de ancho por 25 m de largo (50 m² por cada cama), dejando una separación entre camas de 0.50 m
Figura 2.



Figura 2. Aplicación de cenizas de arroz en las camas

- **Arado:** La utilización del arado en el cultivo de arroz, solo se recomienda para la preparación de tierras en terrenos que se cultivan por primera vez o en terrenos demasiado compactados que impidan un normal desarrollo radicular de la planta. Aunque también se recomienda el arado para volcar el suelo al final de la cosecha, para que este permanezca así durante toda la época seca en cultivo de secano.
- **Rastra pesada (rome-plow):** Este es el implemento más generalizado y utilizado para la preparación de tierras en el cultivo del arroz y se debe a la versatilidad de este implemento en la preparación de tierras. Se debe realizar de dos a cuatro pases de rastra pesada para lograr una buena preparación de tierras para sembrar arroz. Es importante tenerse en cuenta que la humedad del suelo para obtener una buena preparación del suelo. Se aconseja que el último pase de rastra se efectúe inmediatamente antes de la siembra.
- **Preparar el área del semillero con dos pases de fanguero** con el objetivo de mantener el suelo un efecto de batido disuelto los terrones de suelo para su posterior nivelación.
- **Nivelación del semillero,** es necesario nivelar o emparejar el terreno para realizar una buena distribución de la semilla y lograr una profundidad apropiada de siembra y tapado con ceniza de arroz. Esta nivelación se puede realizar con un

riel o un trozo de madera, que se coloca al final de la rastra al momento de dar la última pasada de rastra. ((SAG), 2003)

- El lote debe disponer a riego para el desarrollo del semillero.
- Una vez nivelado el terreno, mantener el área del semillero con una lámina mínima de agua.
- Retirar el agua del área 10 horas antes de establecer semillero. El suelo debe estar drenado y un lodo consistente para que la semilla se mantenga en la superficie.
- Delimitar las camas y colocar una capa leve de cascarilla de arroz quemada.
- Proceder a volear uniformemente la semilla sobre las camas (15 kg de semilla por cama). Los 15 Kg de semilla deben quedar uniformemente repartidos en los 50 m² que conforman cada cama Figura 3.



Figura 3. División de semillas en tres partes para su posterior siembra en las camas



Figura 4. Siembra en las camas

- A los 5 días después de la siembra del semillero, aplicar 10 kg de DAP en toda el área del semillero sembrado (150 m²).
- A los 8-10 días después de la siembra del semillero, aplicar insecticida para controlar *Sogat*, *Hydrellia* o *Spodoptera*. En cualquiera de los dos casos, se utilizará Engeo o Permetrina (cualquiera de los dos) en dosis de 50 cc por bomba de 20 litros. Una sola bombada para los 150 m².
- A los 18 días después de la siembra, las plántulas del semillero estarán listas para su trasplante al campo.
- Tomar de 3-4 plántulas para sembrarlas al sitio definitivo Figura 5.



Figura 5. Fertilización de semillero.

3.6. Semilleros para siembra tecnificada

Para el trasplante mecanizado de arroz, es indispensable establecer viveros de plántulas, las cuales deben alcanzar un estado adecuado de desarrollo. Existen diferentes tipos de semilleros, entre los cuales se destaca el que utiliza bandejas de polipropileno (PP) (25 cm × 60 cm × 3,5 cm) donde se siembran la semilla certificada. Una vez preparadas las bandejas, se adecúa el terreno para suministrar agua de riego y garantizar niveles óptimos de humedad para la germinación. Cabe resaltar que no es necesario inundar el área ni cubrir las bandejas con una lámina de agua; basta con una pequeña cantidad que permita el ascenso del agua por capilaridad a través de los orificios de las bandejas. (Hernández et al, 2016)

3.7. Preparación del sustrato para la siembra de bandejas

Uno de los aspectos clave para garantizar una germinación uniforme y un adecuado desarrollo inicial del arroz es la preparación del sustrato. Un sustrato bien balanceado no solo proporciona los nutrientes necesarios, sino que también permite una adecuada aireación y retención de humedad. En la figura 1 se presenta una guía sencilla para elaborar un sustrato eficiente utilizando una mezcla en proporción de 1/3 de cascarilla de arroz y 2/3 de limo, en volumen.

3.8. Materiales y herramientas para la preparación del sustrato

- Limo, que aportará los nutrientes esenciales y la estructura del sustrato.
- Cascarilla de arroz, que mejorará la aireación y evitará la compactación excesiva.
- Contenedores (Baldes) de alta capacidad para medir las proporciones adecuadas.
- Balanza digital para pesar los insumos y asegurar las proporciones exactas.
- Lonas para el almacenamiento del sustrato preparado.
- Herramientas de mezcla como palas (Sánchez et al, 2025).

3.9. Preparación del sustrato

1. Medir los insumos: para lograr la proporción adecuada, medir dos contenedores de limo y uno de cascarilla de arroz.
2. Mezclar homogéneamente: extender los materiales en un área limpia y mezclarlos con ayuda de una pala hasta lograr una distribución uniforme de los componentes.
3. Realizar prueba de cantidad: llenar una bandeja con la mezcla obtenida y pesarla. Esto permitirá estimar la cantidad de sustrato necesaria para cubrir toda la producción.
4. Empacar y almacenar: una vez lista la mezcla, empacar en lonas sin exceder los 20 kg por unidad para facilitar el transporte y manejo durante la siembra.
5. Etiquetar y resguardar: marcar cada empaque con la composición del sustrato y la fecha de preparación. Almacenar en un lugar seco y protegido hasta su uso (Figura 6).



Figura 6. Esquema de preparación de sustrato para la etapa de semillero del arroz mediante trasplante mecanizado.

Fuente: (Sánchez et al, 2025)

3.10. Preparación de las bandejas para el trasplante

La correcta siembra en bandejas de germinación es un paso clave para garantizar la uniformidad en el establecimiento del cultivo de arroz. Es necesario las siguientes recomendaciones.

- Bandejas de germinación limpias y en cantidad suficiente para cubrir el área que se va a sembrar. Se estima un uso aproximado de 350 a 400 bandejas por hectárea, según la densidad de siembra seleccionada.
- Sustrato previamente preparado utilizando una mezcla en proporción de 2/3 de limo y 1/3 de cascarilla (en volumen), almacenado en bolsas debidamente etiquetadas.
- Semilla de la variedad seleccionada.
- Máquina sembradora en condiciones óptimas de funcionamiento.
- Balanza para la calibración y el ajuste de la máquina sembradora.

3.11. Proceso de preparación de bandejas en trasplante

1. Verificar la máquina sembradora: antes de iniciar, inspeccionar que la sembradora esté libre de residuos de siembras anteriores para prevenir la contaminación cruzada de semillas y sustratos.

2. Organizar las bandejas: disponer la cantidad necesaria de bandejas según el área que se va a sembrar y la densidad de siembra planificada.
3. Preparar el sustrato: ubicar las bolsas de sustrato cerca de la sembradora para facilitar la recarga y evitar confusiones.
4. Organizar la semilla: separar y etiquetar correctamente las bolsas de semilla de acuerdo con la cantidad requerida para la superficie de cultivo.
5. Calibrar la máquina sembradora:
 - Antes de comenzar la siembra, calibrar la máquina para garantizar que la cantidad de semilla distribuida en cada bandeja sea la adecuada.
 - Poner tres bandejas vacías en la línea semillera sin activar el sistema de agua con el fin de recolectar la semilla depositada.
 - Pesar la semilla descargada en cada bandeja y compararla con la tasa de siembra deseada.
 - Repetir el procedimiento hasta que la cantidad de semilla por bandeja se encuentre dentro de un margen de error de ± 5 g respecto a la cantidad objetivo.
 - Ajustar la velocidad de descarga de la tolva de semillas de acuerdo con las necesidades de siembra.
 - La tasa de siembra recomendada oscila entre 80 y 100 gramos por bandeja dependiendo de la variedad o híbrido utilizado.
6. Limpiar la máquina: al finalizar la siembra, limpiar las tolvas para evitar acumulaciones de semilla o sustrato que puedan interferir en futuras operaciones.
7. Marcar las bandejas: identificar correctamente cada bandeja con la variedad y la tasa de siembra utilizadas para evitar confusiones en el campo.

3.12. Cuidado de las bandejas en almácigo

Una vez sembradas, las bandejas deben ser transportada con mucho cuidado hasta el área de almácigo o el lugar destinado para su cuidado previo al trasplante. Es fundamental que el terreno esté nivelado para garantizar una distribución uniforme del agua. En caso de que el terreno no esté nivelado, se recomienda preparar camas niveladas que aseguren el mismo nivel de agua en todas las bandejas. Esto evita que algunas se sumerjan por completo, lo que podría afectar la distribución de las semillas y su germinación.

3.13. Conclusiones

- El éxito productivo del arroz en zonas tropicales depende de usar semilla certificada de alta calidad y de un protocolo riguroso de pregerminación, fertilización (P–K en semillero y N post-siembra) y preparación/nivelación del terreno, lo que mejora el prendimiento y la uniformidad del cultivo.
- La densidad de siembra y el diseño del semillero deben ajustarse al cultivar y al ambiente: un semillero de 150 m²/ha (3 camas de 2×25 m, ~15 kg/cama), manejo hídrico fino y trasplante a los ~18 días con 3–4 plántulas por sitio, más DAP a 5 días e insecticida a 8–10 días, optimizan macollamiento y reducen pérdidas tempranas.
- El trasplante mecanizado —bandejas PP, sustrato 2/3 limo + 1/3 cascarilla, 350–400 bandejas/ha, calibración de 80–100 g/bandeja y almácigo perfectamente nivelado— estandariza la emergencia, reduce costos y eleva la competitividad del sistema arrocero, especialmente relevante en las provincias de Guayas y Los Ríos donde se concentra la producción en Ecuador.

3.14. Bibliografía

- (SAG), S. d. (2003). *Manual Técnico para el cultivo de arroz (Oryza sativa)*. Honduras, Honduras.
- Calero, A., Castillo, Y., Quintero, E., Pérez, Y., & Olivera, D. (2017). Efecto de cuatro densidades de siembra en el rendimiento agrícola del frijol común (*phaseolus vulgaris* L.). *Revista de la Facultad de Ciencias, Rev. Fac. Cienc. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín*, 7, 88-100. Obtenido de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/rfc/article/view/67773/71216>
- Celi Herán, R., Mosquera Secaira, E., Hurtado David, J., & Ampuño Murriagui, I. (2020). *INIAP FL - ÉLITE Nueva variedad de arroz de alto rendimiento, calidad de grano largo y cristalino, para consumo en la sierra ecuatoriana*. E. E. Litoral Sur, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5764>
- Hernández Llenez, J., Rodríguez Correa, D., & Guerrero Posada, P. (Enero-Marzo de 2016). Resultados de la evaluación de la trasplantadora. 6(1), 51-55. doi:ISSN-2306-1545

Sánchez Reinoso, A., Jaramillo Barrios, C., Beltrán Medina , J., & Vélez González , J. (2025). *Guía practica para el trasplante mecanizado de arroz en el centro y norte del Huila*. Mosquera, Colombia: AGROSAVIA. Obtenido de <https://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/book/456>

Unión Europea, IICA, CATIE, CENTA, Sistema Agroforestales Aptados para el Corredor Centroamericano. (S.f). *Preparación de suelos y elaboración de semilleros*. Obtenido de <https://repositorio.iica.int/server/api/core/bitstreams/83b69e18-a152-41d1-9d9c-f48d03b9b8e5/content>

Capítulo IV. Preparación del suelo

Heitel Bolívar Lozano Peña

Director Ejecutivo CINAR

<https://orcid.org/0009-0002-7362-6779>

Milton Javier Ronquillo Bajaan

Presidente de CORPNOARROZ

<https://orcid.org/0009-0008-2340-2148>

Wellington Gastón Rodríguez Verdesoto

Productor Arrocerero

<https://orcid.org/0009-0007-1498-3991>

Fernando Javier Cobos Mora

Universidad Técnica de Babahoyo

<https://orcid.org/0000-0001-8462-9022>

4.1. Resumen

La preparación del suelo en arroz es decisiva porque modifica propiedades físicas —densidad aparente, estabilidad de agregados, macroporosidad y Ksat— que determinan la uniformidad de siembra, el manejo de la lámina y la competencia temprana de malezas. En la Costa ecuatoriana, un diagnóstico edáfico-topográfico previo (textura, pH, salinidad/sodicidad, resistencia a la penetración, microrelieve y capas endurecidas) orienta la elección de labranza (convencional, mínima o siembra directa) y la secuencia de implementos (rom-plow/rastra pesada, rastra tándem, rotocultor) para construir una cama firme-mullida y de profundidad efectiva uniforme. La nivelación y sistematización del lote (melgas/taipas, compuertas, drenes), idealmente con láser, reducen microrelieve, estabilizan la profundidad de siembra, ahorran agua y disminuyen “parches” de malezas; láminas someras de establecimiento (~5 cm) limitan gramíneas y ciperáceas. En sistemas inundados, el fangueo (puddling) genera una capa superficial de baja Ksat que facilita trasplante o voleo pregerminado y suprime malezas por anoxia, pero exige agua y energía y puede inducir compactación subsuperficial si se abusa o se opera fuera de humedad óptima. La labranza mínima y la siembra directa priorizan conservar residuos, reducir pases y mitigar pérdida de carbono y degradación estructural; su éxito requiere nivelación fina, control químico selectivo de presiembr y ventanas de intervención ajustadas a la humedad del suelo. Operativamente, la decisión integra diagnóstico del lote, método de implantación (siembra directa, voleo pregerminado o trasplante), eficiencia hídrica buscada —incluido el AWD— y potencia/disponibilidad de maquinaria. En presiembr se articulan diagnóstico, sistematización, manejo de rastrojo, elección de labranza, control anticipado de malezas y programación hídrica. La rastra de discos (offset/tándem) corta, mezcla e incorpora rastrojo y afina la cama; el rom-plow aporta preparación primaria en rastrojos voluminosos; el fangueo se ejecuta con 1–2 pasadas cruzadas y afinado con tabla. Con buenas prácticas, seguridad y trazabilidad, cada sistema es válido si respeta el principio de intervenir lo mínimo indispensable para lograr implantación uniforme, eficiencia de riego y sostenibilidad.

4.2. Introducción

La preparación del suelo para arroz constituye una fase determinante del establecimiento, al modificar propiedades físicas claves—densidad aparente, estabilidad de agregados, macroporosidad y conductividad hidráulica saturada (K_{sat})—que condicionan la uniformidad de siembra, el manejo de la lámina de riego y la competencia temprana con malezas (FAO, 2021). En los sistemas arroceros de la Costa ecuatoriana, con topografía predominantemente plana y suministro de riego presurizado o gravitacional, el diagnóstico edáfico previo (textura, distribución de tamaños de partícula, índice cónico o resistencia a la penetración, pH, salinidad, sodicidad y presencia de capas endurecidas) permite seleccionar de manera racional el sistema de labranza—convencional, mínima o siembra directa—y la secuencia de implementos (rastra de discos, rome-plow/rastra pesada, rotocultor) para construir una cama de siembra firme pero mullida con profundidad efectiva uniforme (Agrocalidad, 2015; IRRI, 1998).

La nivelación y sistematización del lote (melgas/taipas, compuertas y drenes) son componentes críticos del control operacional de la lámina de agua. Una superficie con microrelieve reducido disminuye la variabilidad de la profundidad de siembra y mejora el contacto semilla-suelo, lo que se traduce en emergencia homogénea y menores “parches” de malezas. La evidencia regional indica que láminas someras de establecimiento (5 cm) contribuyen a limitar la emergencia de gramíneas y ciperáceas y optimizan el uso de agua en el arranque del cultivo (INIAP, 1992; Celi & Mosquera, 2022). En este contexto, la nivelación láser ha demostrado beneficios sobre la uniformidad de riego, reducción del volumen aplicado, estabilidad de la profundidad de colocación y, en varios casos, impactos positivos en rendimiento e ingreso neto (Ali *et al.*, 2018; Devkota *et al.*, 2021).

En sistemas inundados, el fangueo (puddling)—mezcla suelo-agua mediante tracción mecánica para generar una matriz de baja K_{sat} en el horizonte superficial—facilita el trasplante o el voleo con semilla pregerminada, suprime malezas por exclusión de oxígeno e incrementa la retención de lámina; sin embargo, conlleva costos energéticos e hídricos y puede inducir compactación subsuperficial si se excede la frecuencia o se opera fuera de la humedad óptima (FAO, 2021). En contraste con la labranza convencional, la labranza mínima y la siembra directa en arroz buscan conservar

rastrojos, reducir pases y consumo de combustible, y mitigar pérdidas de carbono y degradación estructural del suelo.

En sistemas arroceros, estas prácticas se asocian con mejor estabilidad física, mayor porosidad y, a menudo, menor huella de GEI cuando se combinan con retención de residuos y abonos verdes (Sharma *et al.*, 2022). Su desempeño agronómico depende de una nivelación fina —idealmente nivelación láser— que uniformiza láminas de riego, reduce empozamientos y mejora la productividad del agua y la energía (Jat *et al.*, 2021). En siembra directa, el éxito también exige un plan de manejo de malezas desde el arranque (p. ej., preemergentes como pendimetalina o pretilaclor, seguidos de posemergentes selectivos según la flora presente), además de ventanas de intervención ajustadas a la humedad del suelo y a la capacidad de tracción/disponibilidad de sembradoras de precisión (Bell *et al.*, 2019). En conjunto, la labranza de conservación en arroz basado en residuos, mínima perturbación y nivelación precisa permite mantener o aumentar rendimientos, estabilizar suelos y reducir costos operativos cuando se acompaña de herbicidas rotados por sitio de acción y de una logística de rastrojo bien resuelta (Bell *et al.*, 2019). Operacionalmente, la decisión técnica integra: (i) diagnóstico del lote (textura, densidad, resistencia a la penetración y microrelieve), (ii) objetivo de implantación (siembra directa, voleo pregerminado o trasplante), (iii) eficiencia hídrica buscada (p. ej., uso de lámina ligera o AWD compatible con la etapa fenológica) y (iv) energía de laboreo y fuerza de tiro de la maquinaria. Bajo este marco, la guía técnica organiza actividades de presiembra, compara tipos de labranza y detalla criterios de uso de rastra, rome-plow y fangueo, alineando BPA nacionales con la evidencia internacional para mejorar uniformidad de emergencia, eficiencia de riego y sostenibilidad del sistema arrocerero en Ecuador.

4.3. Actividades de presiembra

La fase de presiembra en arroz busca condicionar el lote para un establecimiento uniforme y eficiente en agua. Operativamente integra: diagnóstico edáfico y topográfico; sistematización hidráulica (melgas/taipas); manejo de residuos; selección del sistema de labranza; control de malezas previo a la implantación; y programación hídrica del establecimiento

1) Diagnóstico del lote. Levante un perfil del suelo para registrar textura, densidad aparente, resistencia a la penetración, pH y sales, además de microrelieve y capas

endurecidas; estos datos definen la intensidad de labranza y la necesidad de nivelación fina. En arroz bajo riego, superficies bien niveladas mejoran la uniformidad de lámina, reducen el uso de agua y estabilizan la profundidad de siembra.

2) Sistematización y nivelación. Antes de labrar, diseñe o recupere taipas, compuertas y drenes; verifique continuidad y sellado. La nivelación láser reduce el volumen de riego, estabiliza la siembra y suele mejorar ingresos, con reportes de ahorros de agua y menores tiempos de deshierba cuando disminuye la variabilidad de cota.

3) Manejo de rastrojo. Decida entre incorporar (rastra/rome-plow, rotocultor) o conservar cobertura (labranza mínima/cero) según volumen de residuos, ventana climática y riesgo de compactación. Las BPA recomiendan evitar la quema, priorizar la conservación del suelo y planificar con enfoque de inocuidad y seguridad laboral. Si incorpora, ajuste los pases a humedad óptima para evitar suelos polvosos.

4) Selección del sistema de labranza.

Convencional: arado/rastra pesada → afinado → emparejamiento; ofrece cama mullida con mayor costo energético si se exceden pases.

Mínima: menos disturbio, conserva cobertura; el “implemento clave” (p. ej., rome-plow) se ajusta a textura y humedad.

Siembra directa: conserva residuos y reduce pases; exige nivelación fina y control químico de presiembra, con taipas y drenes operativos.

5) Control de malezas de presiembra. El manejo anticipado reduce la “primera oleada” competitiva. Láminas fina (5 cm) y nivelación ayudan a suprimir gramíneas y ciperáceas y estabilizar la emergencia; combine controles mecánicos y químicos según el sistema de siembra. Ajuste preemergentes y riegos de germinación/cortes de agua con el calendario de establecimiento.

6) Programación hídrica del establecimiento. Para siembra en seco/voleo y trasplante, prepare riegos de germinación y si corresponde, fangueo (puddling): 1–2 pases livianos más afinado con tabla para crear una capa de baja infiltración que retenga lámina. En esquemas de ahorro de agua, planifique humedecimiento y secado alternados (AWD) con tubo medidor y umbrales de re-inundación definidos.

Resultado esperado: lote nivelado y sistematizado, estructura superficial mullida, residuos gestionados, malezas controladas y plan hídrico definido (lámina fina, fangueo o AWD), para lograr profundidad uniforme, emergencia pareja y menor variabilidad espacial en los primeros 20–30 días.

4.4. Tipos de labranza

Elegir el tipo de labranza en arroz no es solo “pasar implementos”; es definir qué tan profundo y cuántas veces intervenir el suelo para alcanzar una cama de siembra funcional, con mínimo disturbio necesario, buena uniformidad de lámina y control temprano de malezas, al menor costo hídrico y energético posible. En arroz bajo riego, tres enfoques abarcan la mayor parte de situaciones de campo: labranza convencional, labranza mínima y siembra directa (cero labranza). La decisión debe sustentarse en diagnóstico del lote (textura, compactación, microrelieve), sistema de implantación (siembra directa/voleo pregerminado/trasplante) y disponibilidad de agua y maquinaria.

1) Labranza convencional (LC)

La LC combina labores primarias (arado o rome-plow/rastra pesada) con secundarias (rastra y afinado) para dejar una cama mullida y uniforme. Sus ventajas: buena mezcla de rastrojo, control mecánico de malezas y facilidad para ajustar la profundidad efectiva de siembra. Sus límites: alto consumo de energía/tiempo y riesgo de degradación estructural si se exceden pases o se trabaja fuera de humedad óptima. En arroz inundado, la LC suele integrarse con fangueo para reducir percolación y facilitar trasplante/voleo pregerminado; no obstante, el fangueo reiterado puede inducir compactación subsuperficial y elevar costos hídricos, por lo que conviene usarlo con criterios de textura, Ksat y ventana de riego.

Cuándo priorizar LC: suelos con alto volumen de rastrojo a incorporar; lotes con terrón grande o microrelieve que exige mayor movimiento; sistemas con trasplante donde un fangueo razonado mejora implantación y supresión de malezas.

2) Labranza mínima (LM)

La LM reduce número y profundidad de pases, conservando parte de la cobertura y minimizando disturbio. En arroz, se aplica como: (i) preparación primaria más liviana (p. ej., 1–2 pases de rome-plow o cincel) y un afinado; o (ii) trasplante sin fangueo, que

evita la mezcla intensa suelo-agua pero mantiene la nivelación fina y el control químico de presiembrado. La evidencia muestra que sistemas sin fangueo logran productividades comparables con menor requerimiento de agua y menor degradación estructural, si se gestiona bien el control de malezas y la uniformidad de superficie.

Cuando priorizar LM: fincas con ventanas operativas cortas (menos combustible/tiempo), suelos con susceptibilidad a compactación o donde se pretende transitar hacia arreglos de riego más eficientes (AWD) sin la huella hídrica del fangueo.

3) Siembra directa / Cero labranza (SD/NT)

En SD, la semilla se coloca sobre cobertura y el suelo no se voltea. Requiere nivelación muy precisa, taipas y drenes funcionales, y programa robusto de malezas (desección previa y preemergentes selectivos). Los beneficios agronómicos y ambientales de agricultura de conservación—menor disturbio, cobertura permanente y rotaciones—incluyen mejor eficiencia de agua y estabilidad estructural en el tiempo. En arroz, la SD se integra bien con nivelación láser, que mejora distribución de lámina y ahorra agua; además, reporta impactos positivos en rendimiento e ingreso.

Cuándo priorizar SD: lotes con buen drenaje superficial y disponibilidad limitada de agua; sistemas que buscan reducir costos de combustible y horas-máquina; escenarios con presión de erosión o donde se quiere acumular carbono y proteger estructura.

4.5. Puntos de decisión operativa

Nivelación y sistematización primero. Independientemente del tipo de labranza, verifique microrelieve, taipas y compuertas. La nivelación láser reduce el volumen de riego y estabiliza la siembra; es sinérgica con SD/LM y mejora la eficiencia del AWD.

Humedad óptima de labor. Evite trabajar “en polvo”. Ajuste pases (2–4 como referencia) al estado físico del suelo para no compactar ni embancar.

Malezas y método de implantación. En LC con fangueo, la lámina ayuda a suprimir; en SD/LM, planifique desecación y preemergentes, y mantenga láminas altas y finas en establecimiento.

Costos y energía. Si el tiempo de máquina o el combustible son limitantes, priorice LM o SD; si hay mucho rastrojo/terron, una LC corta puede ser necesaria, evitando el fangueo excesivo por su costo hídrico.

Resultado esperado: con LC, una cama mullida y si aplica, una capa superficial mullida (suelo intensamente trabajado bajo agua para hacerlo barroso y menos permeable) de baja percolación para trasplante/voleo; con LM, una superficie uniforme con menor disturbio; con SD, cobertura conservada, mínima intervención y riego eficiente por nivelación y manejo de lámina. Cada sistema es válido si se cumple el principio guía: intervenir lo mínimo indispensable para lograr uniformidad de implantación y eficiencia hídrica, con trazabilidad y seguridad en las labores.

4.6. Rastra

La rastra de discos es el implemento más empleado para la preparación de suelos arroceros, por su capacidad de cortar, mezclar e incorporar rastrojo, desmenuzar terrones y emparejar la superficie antes de la siembra o del fangueo. Bien configurada, permite alcanzar una cama de siembra firme pero mullida con el mínimo disturbio necesario, reduce retrabajos y favorece la uniformidad de la lámina de riego.

1) Selección y configuración básica

Tipo: en arroz predominan las rastras offset (mayor penetración y mezcla) y las tándem (mejor afinado). Para labores primarias sobre rastrojo voluminoso, el offset es preferible; para afinado superficial pre-siembra, la tándem es eficiente.

Diámetro de disco y concavidad: 22–26" con concavidad media mejoran corte y volteo en suelos de textura media a pesada; discos menores favorecen el afinado. Aumentar la concavidad o el ángulo de ataque eleva agresividad, pero también la demanda de tiro. Ajuste de acuerdo con textura y humedad.

Profundidad objetivo:

- Primaria: 8–12 cm cuando se busca incorporar rastrojo y romper terrón.
- Secundaria/afinado: 5–8 cm para preparar la cama inmediatamente antes de sembrar o de fanguear.

Trabajar más profundo incrementa consumo energético y riesgo de compactación subsuperficial.

2) Humedad de labor y oportunidad

La humedad óptima es crítica: evite suelos “polvo” (muy secos), que pulverizan y generan costras, y suelos “muy húmedos”, que embancan y sellan la superficie. Un criterio práctico es que el terrón se desmorone a presión manual sin brillo en el corte. En esquemas convencionales de preparación del suelo para arroz inundado, es recomendable escalonar las labores de labranza para provocar uno o más “Limpias” de malezas antes del pase final. Una guía operativa ampliamente utilizada propone un calendario de 21 días: arado y rastra una vez por semana (3 pasadas) y dejar el lote una semana sin disturbio entre pasadas para permitir la emergencia de malezas y semillas caídas, que se suprimen en la siguiente labor y en el nivelado final previo al trasplante (PhilRice, 2015). En siembras directas, humedecer o laminar el lote para inducir emergencia, eliminar el primer brote de malezas mecánica o químicamente, y repetir el ciclo antes de la siembra para reducir el banco superficial de semillas (SKUAST-K, 2020). Esta secuencia mejora el control de arvenses, asienta la estructura tras la labranza primaria y optimiza el manejo del agua en la fase de anegamiento y/o fangueo previo al establecimiento.

3) Número de pases, velocidad y solapes

Pases de referencia: 2–4 según textura, volumen de rastrojo y objetivo; el último pase debe realizarse inmediatamente antes de sembrar (siembra en seco/voleo) o antes de fanguear.

Velocidad y solape: trabaje a 5–7 km·h⁻¹ con 10–15% de solape entre huellas para evitar “bandas” duras. Velocidades mayores reducen calidad de mezcla y control del equipo; menores disminuyen capacidad de campo.

Capacidad de campo: la capacidad efectiva (ha·h⁻¹) depende del ancho de labor, la velocidad y la eficiencia de campo. Estudios con combinaciones de arado + rastra/implementos señalan rangos 0,25–0,78 ha·h⁻¹, según configuración y maniobras. Use estos valores como orden de magnitud y calcule con sus anchos reales.

4) Secuencias recomendadas (según sistema)

Convencional en seco → siembra en seco/voleo:

- Pase(s) de rastra offset para incorporar rastrojo y romper terrón (8–12 cm).
- Nivelación/emparejamiento (riel/tabla).
- Rastra tándem de afinado (5–8 cm) justo antes de sembrar.
- Integre nivelación de precisión (láser) para uniformidad de lámina y ahorro de agua.

Convencional → fangueo (puddling) → trasplante o voleo pregerminado:

- Rastradas en seco para desmenuzar e incorporar rastrojo.
- Inundar y ejecutar 1–2 pasadas livianas (rastra/rotocultor. Figura 1) para homogeneizar barro y reducir Ksat.

Afinado con tabla/tubo y nivelación fina; taipas íntegras.

El fangueo mejora trasplante y supresión de malezas, pero incrementa costos hídricos y puede compactar si se abusa.

Labranza mínima / Siembra directa:

Limite la intervención a uno o dos pases solo si es imprescindible para emparejar microrelieve o manejar rastrojo, protegiendo la cobertura. En SD, priorice nivelación láser y control químico de presiembra; la rastra se usa puntualmente para correcciones.

5) Integración con nivelación y riego

La rastra debe operar después de asegurar la sistematización (melgas/taipas, compuertas y drenes) y antes del riego de implantación. Con nivelación láser se reducen “pozos/crestas”, se estabiliza la profundidad de siembra y se ahorra agua; hay evidencia de mejoras de rendimiento y productividad del agua frente a nivelación tradicional.

6) Buenas prácticas y seguridad

Ajuste del ángulo de ataque: increméntelo solo lo necesario para penetrar; ángulos altos elevan tiro/consumo y desgaste.

Evite tránsito en saturación para no “sellar” el horizonte superficial; use neumáticos con presión acorde.

Riel/tabla en el último pase para emparejar y reducir microrelieve.

EPP y bloqueo/etiquetado en ajustes y mantenimiento; registre pases, profundidad y humedad para trazabilidad (FAO, 2021).

Resultado esperado: con la rastra correctamente seleccionada, ajustada y oportunamente utilizada, se obtiene una cama uniforme, con rastrojo incorporado según objetivo, microrelieve reducido y condiciones físicas que favorecen la emergencia, el control temprano de malezas y la eficiencia de riego del sistema arrocerero (Figura 1).



Figura 1. Tractor arrocero de orugas.

4.7. Romplow / Rastra pesada

La rastra pesada tipo Rome (Rome-plow) es un arado de discos offset de gran capacidad de corte y mezcla, diseñado para trabajar en rastrojos voluminosos, desmenuzar terrones y preparar el suelo primariamente antes del afinado o del fanguero en arroz. Frente a rastras livianas, su bastidor robusto, el mayor diámetro/concavidad de los discos y el ángulo de ataque de las cuadrillas, permiten penetración profunda, incorporación eficiente de residuos y nivelación inicial, especialmente en suelos medios a pesados. Fabricantes y guías técnicas coinciden en su uso para “arar con abundante rastrojo, mezclando y aireando”, con rangos de potencia que, según modelo, pueden ir 95–390 HP de tractor para versiones con ruedas y alas/plegables.

1) Selección del equipo (modelo, potencia, ancho y discos)

Para lotes arroceros con alto volumen de rastrojo (p. ej., postcosecha mecanizada), verifique:

Potencia disponible: con 95–209 HP, con modelos rígidos y de alas plegables. Adecue el ancho de labor al tiro real de su tractor y al contenido de humedad del suelo.

Discos: diámetros mayores (p. ej., 26–32") y más concavidad aumentan agresividad y demanda de tiro; úselos cuando se requiera más corte/mezcla. La profundidad efectiva recomendada para un disco es, como regla práctica, 25% del diámetro (p. ej., 6–8" para 26–32"), ajustando por textura y humedad.

Configuración offset: provee más penetración y mezcla que la tandem; ideal para preparación primaria antes de rastras livianas o rotocultor. La extensión de Minnesota recuerda que los discos cóncavos en ángulo sueltan y levantan suelo a 5–8" típicos en labores de disco.

2) Regulaciones clave en campo (ángulo, profundidad, velocidad, solape)

Ángulo de los gangs: mayor ángulo eleva el corte/mezcla pero también la resistencia al avance. Estudios en bancadas y campo muestran que ángulos intermedios combinados con velocidades operativas más altas mejoran la desintegración de residuos y la estructura superficial; evite extremos que disparen el tiro y la pulverización.

Profundidad: para preparación primaria en arroz, 8–12 cm suele ser suficiente para incorporar rastrojo y romper terrón sin generar compactación subsuperficial; reserve mayores profundidades para condiciones puntuales.

Velocidad & solape: trabaje en rangos 5–7 km·h⁻¹ con 10–15% de solape entre pasadas para evitar bandas duras/altas. (Parámetros de ingeniería varían por ancho, lastre y neumáticos; ajuste en campo con pruebas cortas).

3) Secuencias operativas recomendadas en arroz

a) Seco → siembra en seco o voleo

Rome-plow (1–2 pasadas) para cortar, mezclar e incorporar rastrojo.

Emparejamiento (riel/tabla) y correcciones puntuales.

Rastra liviana/rotocultor (afinación 5–8 cm) justo antes de sembrar.

Integre nivelación con láser para reducir microrelieve, estabilizar profundidad de siembra y ahorrar agua; hay evidencia de mejoras en uso de agua y rendimiento bajo nivelación de precisión.

b) Seco → fangueo (puddling) → trasplante/voleo pregerminado

Rome-plow en seco para desmenuzar e incorporar.

Inundación y 1–2 pasadas livianas (rastra/rotocultor) para homogeneizar barro y reducir Ksat superficial.

Afinado con tabla y verificación de taipas/compuertas.

El fangueo facilita el trasplante y suprime malezas, pero incrementa el consumo de agua; usarlo con criterio según textura y disponibilidad hídrica.

c) Labranza mínima / siembra directa

Reserve el Rome para ajustes puntuales (microrelieve o rastreo problemático). En SD, el énfasis está en nivelación fina, desecación de presiembra y preemergentes selectivos; menos pases = menos compactación y combustible.

4) Mantenimiento y seguridad (checklist)

- Revise pernos, rodamientos y crucetas antes de cada jornada; lubrique siguiendo el manual
- Ajuste presión de neumáticos y lastre del tractor para evitar patinaje excesivo y pisoteo en húmedo.
- Realice ajustes con el equipo inmovilizado y calzado; respete señalización y EPP.
- Documente pases, profundidad, humedad y consumo; esta trazabilidad es parte de Buenas Prácticas y ayuda a optimizar costos.

5) Integración con el manejo del agua

La efectividad del Rome-plow se potencia cuando el lote está sistematizado (taipas y drenes operativos) y bien nivelado. La nivelación de precisión disminuye el volumen de riego, facilita láminas someras en establecimiento y mejora la uniformidad

de emergencia; esto se ha documentado en cursos IRRI/guías y en estudios de gradiente/laser de nivelación.

Resultado esperado: tras 1–2 pasadas de romplow correctamente reguladas y oportunas, se obtiene un suelo desmenuzado, con rastrojo incorporado según objetivo, microrelieve reducido y base lista para el afinado o el fangueo, mejorando la eficiencia hídrica y la implantación del arroz.

4.8. Fangueo

El fangueo es la labor de mezclar suelo y agua para formar una matriz homogénea que reduce la conductividad hidráulica saturada (K_{sat}) en el horizonte superficial, retiene la lámina, facilita el trasplante/voleo pregerminado y suprime malezas por anoxia y sombreo. En arroz bajo riego, su objetivo es crear una capa de barro que minimice pérdidas por percolación durante el establecimiento y el macollamiento temprano.

1) ¿Cuándo conviene fanguear?

- Trasplante o voleo pregerminado con necesidad de asiento consistente para plántulas/semilla.
- Suelos medios y pesados con potencial de grietas o percolación; el fangueo estabiliza la lámina y minimiza lixiviación de nutrientes.
- Sistemas con nivelación fina (idealmente láser) y melgas/taipas íntegras; una buena nivelación reduce el agua requerida y mejora la uniformidad.

Precaución: el fangueo demanda mucha agua en el remojo y puede inducir compactación subsuperficial si se abusa o se trabaja fuera de la humedad óptima; en suelos muy arenosos su beneficio es limitado.

2) Secuencia operativa recomendada

Pre-labor en seco (si aplica): una o dos pasadas de rastra/rome-plow para desmenuzar terrón e incorporar rastrojo.

Remojo: inundar el lote y permitir ablandamiento uniforme; tape grietas profundas para evitar pérdidas durante la saturación (IRRI RKB – manejo de agua).

Pases de fangueo: con rastra liviana o rotocultor (Figura 2), realizar 1–2 pasadas cruzadas a baja velocidad, logrando barro homogéneo (8–12 cm).

Afinado con tabla/tubo: arrastrar una tabla o tubo para nivelación fina y cierre de microcanales.

Verificación hidráulica: revisar taipas/compuertas y asegurar lámina somera (≈ 5 cm) para el trasplante o el voleo pregerminado.

3) Parámetros clave de ejecución

Humedad de labor: evite operar en “plástico” extremo (embanca y sella en exceso) o con grietas activas; el criterio es que el barro no brille al corte y que el rastrojo quede anclado en la matriz.

Velocidad y solape: trabajar a bajas velocidades ($4\text{--}5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$), con 10–15 % de solape de huellas para evitar “bandas”.

Profundidad efectiva: el objetivo es una capa fangueada uniforme y un pseudopan superficial; no perseguir profundidades excesivas que aumenten el tiro y la compactación.

4) Calidad del fangueo (checklist)

Homogeneidad del barro: sin “islas” duras ni zonas muy fluidas.

Pérdidas de agua: disminuyen tras el primer riego si el pseudopan está formado; de lo contrario, repetir un pase liviano.

Nivelación: tolerancias finas (microrelieve mínimo) para uniformidad de trasplante y profundidad de siembra.

Taipas: coronas íntegras, sin sifonamientos.

5) Beneficios y trade-offs

Beneficios agronómicos: asiento para trasplante, reducción de K_{sat} y percolación, ayuda al control de malezas y menor lixiviación de nutrientes.

Costos/efectos colaterales: alto consumo de agua en remojo, mayor energía de laboreo, y posible compactación del subsuelo que puede afectar el cultivo siguiente no arrozero en rotaciones arroz-trigo/leguminosas.

6) suelos > a 60% de arcilla es necesario hacer la labor de arado, romploneo, nivelación láser y con mínima cantidad de agua fanguear con un rotocultivador que reemplaza a las gavias o rueda de fierro.

Este equipo también incorpora rastrojo y residuos de cosecha que ayudan a descomponer e incorporar nutrientes especialmente potasio, también ayuda a mejorar la compactación del suelo.



Figura 2. Tractor arrocero de orugas con rotovator.

7) ¿Fangueo o alternativas?

En sistemas con limitación de agua o metas ambientales, considere reducir la intensidad del fangueo o migrar a labranza mínima / trasplante sin charco (trasplante sin charcos) manteniendo nivelación láser y un programa de malezas robusto; estudios muestran rendimientos comparables con menor degradación estructural cuando la operación se planifica bien.

Para riego de ciclo completo, humedecimiento y secado alternado (AWD) reduce el uso de agua y puede disminuir metano (CH_4) 30–70 % sin penalizar rendimiento, siempre que el establecimiento haya sido eficiente.

8) Seguridad, ambiente y trazabilidad

EPP para operador (calzado antideslizante, guantes, protección auditiva).

Mantenimiento: revisar rodamientos y sellos de frenos en tractores que trabajen en lámina.

Registros: anotar fechas, profundidad estimada, número de pasadas y volumen de agua del remojo; esta trazabilidad permite ajustar costos y demuestra cumplimiento de BPA.

Ambiental: minimizar remojo innecesario y, si la finca adopta AWD tras el establecimiento, medir niveles con tubo guía para re-inundar con criterio.

Resultado esperado: un lote con barro homogéneo, pseudopan superficial funcional, lámina estable y somera, y una cama adecuada para trasplante o voleo pregerminado, balanceando eficiencia hídrica y riesgos de compactación para la rotación posterior.

4.9. Conclusiones

- Un diagnóstico edáfico-topográfico riguroso, seguido de una sistematización y nivelación precisas (idealmente con láser), reduce el microrelieve, estabiliza la profundidad de siembra, optimiza el uso del agua y disminuye la presión temprana de malezas, lo que se traduce en emergencias más uniformes y rendimientos más estables.
- La labranza convencional, con fangueo cuando corresponde, facilita el trasplante o el voleo pregerminado y aporta control mecánico de malezas, pero incrementa el consumo hídrico/energético y el riesgo de compactación. En contraste, la labranza mínima y la siembra directa conservan estructura y cobertura, exigen nivelación fina y un programa herbicida selectivo y rotado; bien gestionadas, mantienen el rendimiento y reducen la huella ambiental.
- Definir con antelación el método de implantación (siembra directa, voleo pregerminado o trasplante), el régimen de riego (lámina somera o AWD) y la capacidad de tiro/energía de laboreo permite ajustar la secuencia y profundidad de pases para intervenir lo mínimo indispensable. El resultado es una cama firme-mullida, con infiltración superficial acorde al objetivo, que maximiza la eficiencia hídrica, mejora la productividad y contiene los costos operativos del sistema arrocero.

4.10. Bibliografía

- Agrocalidad. (2015). Guía de Buenas Prácticas Agrícolas para Arroz (Resolución 029). Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario.
- Ali, A., Abdulai, A., Mishra, A. K., & Khatri-Chhetri, A. (2018). Laser land leveling adoption and its impact on water use, crop yields and income. *Food Policy*, 77, 70–76. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2018.05.003>.
- Bell, R. W., Haque, M. E., Jahiruddin, M., Rahman, M. M., Begum, M., Miah, M. A. M., Mahmud, M. N. H. (2019). Conservation agriculture for rice-based intensive cropping by smallholders in the Eastern Gangetic Plain. *Agriculture*, 9(1), 5. <https://doi.org/10.3390/agriculture9010005>
- Celi, O. N., & Mosquera, L. (2022). Malezas en arroz bajo riego y manejo de lámina de agua. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).
- Devkota, K. P., Yadav, S., Acharya, B. S., et al. (2021). Land gradient and configuration effects on yield and irrigation water use under laser land leveling. *Agricultural Water Management*, 255, 106977. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.106977>.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2021). Production guidelines for rice. FAO.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). (1992). Clima, suelos, nutrición y fertilización de cultivos en el Ecuador (Manual Técnico N.º 26). INIAP.
- International Rice Research Institute (IRRI). (1998). Producing more rice with less water from irrigated systems (Discussion Paper Series No. 29). IRRI.
- Jat, M. L., Singh, R., Stirling, C., Gerard, B., & Jat, H. S. (2021). Precise land levelling for climate-smart agriculture: Adoption, impacts and scaling strategy. *Land*, 10(2), 137. <https://doi.org/10.3390/land10020137>
- Philippine Rice Research Institute. (2015). The basics of land preparation. <https://www.philrice.gov.ph/basics-land-preparation/philrice.gov.ph>
- Sharma, S., Jat, H. S., Singh, R., Jat, M. L., & Sharma, P. C. (2022). Tillage, green manure and residue retention improves soil functions and sustains productivity in a rice–

wheat system. Scientific Reports, 12, 7290. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-11463-1>.

Sher-e-Kashmir University of Agricultural Sciences & Technology of Kashmir. (2020). Agro-Advisory for Direct Seeded Rice (DSR) amid labour unavailability. <https://skuastkashmir.ac.in/frnPDF.aspx?FN=20200601060743.pdf>

Capítulo V. Establecimiento del cultivo

Luis Enrique Sánchez Jaime

Universidad Técnica de Babahoyo

<https://orcid.org/0000-0001-6977-1290>

Javier Alberto Landívar Lucio

Universidad Técnica de Babahoyo

<https://orcid.org/0000-0003-1157-2672>

5.1. Resumen

El arroz, alimento de amplio valor nutricional que aporta cerca del 20% de la energía y 15% de la proteína humana, muestra gran adaptabilidad ecológica, pero su éxito productivo depende de usar semilla certificada y definir con precisión la época de siembra. Temperatura, precipitación y radiación regulan los procesos fisiológicos; desajustes entre floración/llenado y baja radiación o frío reducen rendimiento. Por ello, la fecha de siembra debe planificarse para que la fase reproductiva coincida con máxima oferta solar, lo que también mejora la respuesta al nitrógeno; siembras tardías exponen al cultivo a menor radiación y temperaturas más bajas, aumentan enfermedades y disminuyen la eficiencia del N. La densidad inicial de plantas determina panículas por superficie e intercepción de luz: poblaciones adecuadas elevan el índice de área foliar, materia seca y rendimiento, mientras densidades excesivas reducen macollos efectivos y calidad de grano. Validaciones en Guayas y Los Ríos mostraron que con 45 kg/ha, espaciamiento 0,25×0,25 m y 2–4 plantas por sitio se alcanzaron >40 macollos/planta y hasta >9 t/ha en Lomas de Sargentillo, y >7 t/ha en otras localidades; a la par, esquemas de una planta por sitio pueden ahorrar semilla, mejorar aireación y expresar el potencial de macollamiento. En métodos de implantación, el voleo manual o mecanizado exige tapado oportuno; el trasplante manual parte de semilleros bien nivelados con lámina homogénea y trasplante a los ~18 días; el trasplante mecanizado usa bandejas, 40 kg/ha de semilla y trasplanta en V2 (12–18 días). El riego por inundación demanda 6–13 mil m³/ha en 100 días y debe considerar salinidad: conductividades >2 mS/cm limitan crecimiento por toxicidad y estrés osmótico. En 20 sitios evaluados predominó agua apta (C1S1), mientras Nobol y Naranjal (C3S1) mostraron menor macollamiento y 5–7 t/ha. Integrar fecha de siembra, densidad óptima y manejo hídrico-salinidad sostiene rendimientos altos y estables.

5.2. Introducción

El cultivo de arroz es uno de los alimentos que presenta mejor balance nutricional, contiene 20 % de la energía y 15 % de la proteína necesaria para el hombre, y es considerado una especie con potencial contenido nutricional para combatir el hambre en el mundo.

Este cultivo presenta una amplia adaptabilidad ecológica y es cultivada en la mayoría de los países del mundo. Sin embargo, para el establecimiento adecuado del

cultivo uno de los factores es el uso de semilla certificada y la época de siembra. Dado que, las condiciones climáticas son extremadamente importantes para el crecimiento del cultivo, principalmente la temperatura, precipitación y radiación solar (Grohs et al., 2022).

La variabilidad de esos factores interfiere en los procesos fisiológicos de las plantas y altera los rendimientos del cultivo, principalmente cuando las bajas temperaturas y radiación solar no coinciden con la fase fenológica de floración y llenado de grano (Vale et al., 2022).

El cultivo de arroz es muy sensible a las condiciones climáticas adversas durante sus etapas de crecimiento, las cuales pueden ser minimizados mediante el establecimiento de las épocas de siembra de acuerdo a la ubicación geográfica del sitio de producción (Dalcin et al., 2023). Sumado a esto, el uso de prácticas de manejo mejorado, acompañadas con el uso de tecnologías que permiten un manejo eficiente de insumos agrícolas se logra minimizar los riesgos fitosanitarios, mayor expresión genética de los cultivares y altos rendimientos (Nunes, 2019).

5.3. Épocas de siembra

La época de siembra es uno de los principales factores determinantes de la productividad. Escoger la época de siembra es una decisión importante y depende de varios factores, especialmente la ubicación geográfica del sitio de producción, de las condiciones meteorológicas, del tipo de suelo, topografía y cultivar utilizado. La época de siembra debe ser planificada no solamente en función a la ocurrencia de temperaturas bajas durante la etapa reproductiva del cultivo, Sino también, como meta para alcanzar altos rendimientos, haciendo coincidir la fase reproductiva con los días de mayor oferta solar (Grohs et al., 2022). Favoreciendo así, una mejor respuesta a la fertilización nitrogenada (SOSBAI, 2016) .

Por otro lado, las siembras realizadas durante el final del periodo recomendado, las etapas de crecimiento del cultivo coinciden con las temperaturas más bajas, al igual que la oferta solar. Esto disminuye la eficiencia del uso del nitrógeno, así como también, aumenta la interferencia de patógenos durante las etapas de crecimiento del cultivo, disminuyendo considerablemente la expresión del potencial productivo de los cultivares.

La demanda de radiación solar del cultivo varía de una fase fenológica a otra, siendo la fase reproductiva y de maduración las más exigentes (Grohs et al., 2022). Durante ese periodo, existe una relación positiva entre oferta solar y producción de granos. Esto ocurre entre ± 3 semanas iniciada la floración (Steinmetz et al., 2004).

La cantidad de materia seca producida por unidad de radiación absorbida (eficiencia del uso de la radiación) está condicionada a la nutrición de la planta, época de siembra y prácticas de manejo del cultivo. La reducción de la incidencia de la radiación solar durante las etapas de crecimiento del cultivo afecta los componentes de productividad, dado que, la etapa más susceptible en orden de importancia es la de llenado de grano, seguida de la reproductiva y vegetativa (Dalcin et al., 2023).

5.4. Densidad

La densidad inicial de plantas es un aspecto fundamental para garantizar el potencial productivo del cultivo de arroz, pues es el principal factor que determina el número de panículas por unidad de superficie. El establecimiento del cultivo depende de varios factores: época de siembra, calidad de semilla, densidad de siembra y cuidados en las operaciones de siembra (siembra mecanizada) (*XXXIII Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado*, 2022).

El número de plantas por hectárea es uno de los factores que define los rendimientos, debido a su importancia en la eficiencia de la interceptación de la radiación solar incidente. La población de plantas obtenidas depende de las demás prácticas de manejo durante el establecimiento del cultivo.

La competencia intra específica, es decir, entre plantas de la misma especie, define para cada cultivar, la población de plantas que propician mayores rendimientos y mejor aprovechamiento de los recursos disponibles. La población de plantas interfiere en los estadios iniciales de crecimiento del cultivo, pues determina el área foliar disponible para la interceptación máxima de radiación (Ferreira et al., 2019).

Una población adecuada resulta en un índice de área foliar (IAF) más eficiente en la interceptación de radiación fotosintéticamente activa, mayor acumulación de materia seca y mayor producción de granos.

La población de plantas por hectárea es definida por la combinación entre el espaciamiento entre hileras y el número de plantas entre hileras. La competencia entre plantas por nutrientes, agua, luz y CO₂ es determinada gran parte por estos dos factores.

La producción de tallos secundarios (macollos) depende de las características de la variedad, manejo del cultivo, la temperatura del aire, humedad y fertilidad del suelo, fotoperiodo y densidad de siembra. Sin embargo, con el aumento de la densidad de siembra, aumenta también el potencial del número de macollos por unidad de área. Pues, este incremento no es proporcional, dado que, altas densidades de siembra disminuyen los macollos efectivos (SOSBAI, 2016) y la calidad del grano (Medeiros et al., 2018).

En este contexto, estudios realizados por Maldonado *et al.* (2024) señalan que el establecimiento del cultivo de arroz con una densidad de siembra de una planta por sitio, permitirá el ahorro de semilla por hectárea, mejorará la circulación de aire en el cultivo, se expresará todo el potencial de macollamiento, resultando en una mejor producción de biomasa del cultivar, logrando mejores rendimientos.

Una adecuada población de plantas por unidad de superficie influye en la reducción de la ocurrencia de enfermedades, uniformidad en la maduración y evita el volcamiento de plantas (Gutz et al., 2019).

De acuerdo a esto, estudios realizados en 20 parcelas de validación localizadas en la provincia de Guayas y Los Ríos, se comprobó que utilizando una densidad de siembra de 45 kg de semilla certificada por hectárea, con un distanciamiento de 0,25 m * 0,25 m (entre hieras y plantas) y colocando entre 2 y 4 plantas por sitio, el cultivar estudiado reportó una media superior a 40 macollos por planta, con el 94 % de macollos efectivos, alcanzando una producción superior a 9 t ha⁻¹ en la localidad de Lomas de Sargentillo, mientras que, en Nobol, Salitre, Baba y Palestina se obtuvo una media alrededor de 30 macollos por planta y se reportó rendimientos superiores a 7 t ha⁻¹.

5.5. Métodos de siembra

Las áreas destinadas a la producción de arroz irrigado se caracterizan por poseer topografía plana y de difícil drenaje. Estas condiciones permiten mantener el suelo saturado durante largos periodos debido a la presencia de horizontes sub superficiales con altos contenidos de arcilla, con baja conductividad hidráulica y con nivel freático muy cercano a la superficie del suelo, dificultando la percolación del agua. Estas características

desfavorables para el desarrollo de otros cultivos, resultan adecuadas para la producción del cultivo de arroz.

Siembra al voleo: se lo puede realizar de manera manual o con voleadoras acopladas al tractor, avión o dron. Una vez distribuida la semilla (seca) en el suelo, se procede a tapar mediante un pase de rastra (en suelo seco).

Siembra por trasplante manual: este método de siembra consiste en obtener plantas de alta calidad para conseguir alta pureza varietal. Este método consiste en la fase de elaboración de semillero y trasplante.

El semillero debe ser elaborado en un área de 150 m², en dicha área se recomienda elaborar 3 camas de 2 m de ancho por 25 m de longitud, la distancia entre camas debe ser de 0,5 m. Previa siembra del semillero, se debe realizar 2 pases de fangueo y posteriormente nivelar el área para mantener una lámina de agua homogénea y constante (Figura 1A). La cantidad de semilla certificada recomendada para la elaboración del semillero es 45 kg, cantidad suficiente para trasplantar de manera manual una superficie de 1 ha. Una vez transcurrido 18 días después de la siembra del semillero (Figura 1 B) se recomienda trasplantar al lote definitivo, considerando entre 2 y 4 plantas por sitio.



Figura 1. Preparación del terreno para el establecimiento del semillero (A), semillero 18 días después de su establecimiento (B). Localidad Daule, 2025.

Siembra por trasplante mecanizado: este método de siembra consiste en la elaboración del semillero en bandejas de 0,6 m de longitud por 0,3 m de ancho y 0,05 m de altura (las dimensiones pueden variar de acuerdo al tipo de trasplantadora). El sustrato recomendado es de textura franca arenosa, con bajo contenido de materia orgánica y libre de malezas. La cantidad de semilla recomendada es alrededor de 300 g de semilla por

bandeja, la misma que debe ser cubierta con una capa de suelo una vez realizada la siembra (Figura 2, A y B).



Figura 2. Llenado de bandejas (A) y siembra de bandejas germinadoras (B). Palestina, 2025.

Posterior a la siembra, las bandejas deben ser regadas frecuentemente para garantizar la germinación de la semilla. Una vez que las plantas alcanzan entre 0,1 y 0,12 m de altura, correspondiendo al estadio V2 (entre 12 y 18 días después de la siembra) (Figura 3 A y B) deben ser trasplantadas al sitio definitivo, previamente preparado manteniendo una lámina de agua no superior a 0,05 m. La cantidad de plantas por sitio varía entre 3 y 10. Siendo necesario entre 110 y 130 bandejas por hectárea, y el requerimiento de semilla es alrededor de 40 kg (*XXXIII Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado*, 2022).



Figura 3. Semillero en etapa V2 (A) previo trasplante al sitio definitivo (B), localidad Palestina, 2025.

5.6. Calidad de agua para riego

El volumen de agua requerido por el cultivo de arroz bajo condiciones de riego es la sumatoria del agua necesaria para su uso consuntivo, más el volumen de agua para compensar la evapotranspiración, las pérdidas por percolación y lixiviación. Es decir, la cantidad de agua depende de las condiciones meteorológicas, del manejo del cultivo, de las características físicas del suelo, del ciclo del cultivo y nivel freático.

Para suplir los requerimientos de agua se estima un volumen promedio entre 6 y 13 mil m³ ha durante 100 días (Back & Just, 2018; *XXXIII Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado*, 2022). Siendo el riego por inundación el más empleado en las zonas productoras de arroz, lo cual podría conllevar a la salinización de los suelos principalmente en localidades próximas al litoral, las mismas que tienen influencia de agua de mar.

El agua con altas concentraciones de sales altera el crecimiento del cultivo de arroz, ya que este es moderadamente sensible a la salinidad. Cuando el agua de riego contiene concentraciones de sales superiores a 2 mS/cm, las plantas reducen la tasa de crecimiento, ya sea por la toxicidad ocasionada por las altas concentraciones de sales o por la incapacidad de absorber cantidades suficientes de agua debido al decreciente componente osmótico (Cobos et al., 2021).

La intensidad con que el estrés salino influye interfiere en el crecimiento y la productividad es determinada por factores asociados a la propia planta, al suelo, agua, condiciones ambientales y a las prácticas de manejo. Llevándose en consideración la interacción entre tales factores, un cultivar puede expresar cierto grado de tolerancia a la salinidad, sobreviviendo y creciendo ya sea en tasas menores o a su vez, este cultivar puede mostrarse susceptible, presentando reducción severa en la tasa de crecimiento, pudiendo llegar a su muerte (Lemes et al., 2018).

En este contexto, de acuerdo a los análisis químicos de agua realizados en las 20 localidades en que se establecieron las parcelas demostrativas se determinó que 18 sitios presentaron calidad de agua con bajos contenidos de sales (C1) y bajo contenido de Sodio (S1), las mismas que son aptas para el riego. Sin embargo, las localidades Nobol y Naranjal presentaron contenidos medios de sal y bajos de Sodio (C3 S1).

Dada las condiciones en el cantón Naranjal y Nobol, la capacidad de macollamiento de los cultivares utilizados presentaron entre 20 y 40 macollos por planta, respectivamente, alcanzando rendimientos entre 5 y 7 t/ha.

5.7. Conclusiones

- La productividad del arroz depende de sincronizar la época de siembra con el máximo de radiación durante la fase reproductiva; siembras tardías exponen el cultivo a menor radiación y temperaturas más bajas, reducen la eficiencia del nitrógeno y elevan la presión de enfermedades, por lo que planificar fechas por localidad es decisivo para sostener altos rendimientos.
- La densidad y el establecimiento determinan panículas por superficie y la intercepción de luz: poblaciones moderadas con semilla certificada (p. ej., 45 kg/ha, 0,25×0,25 m y 2–4 plantas por sitio) permitieron >40 macollos/planta y hasta >9 t/ha en validaciones; en contraste, densidades excesivas merman macollos efectivos y calidad de grano, mientras esquemas de una planta por sitio ahorran semilla y mejoran aireación.
- El manejo hídrico y la calidad del agua condicionan el desempeño: el arroz irrigado requiere ~6–13 mil m³/ha en 100 días y es sensible a salinidades >2 mS/cm; aunque la mayoría de sitios presentó agua apta (C1S1), localidades con mayor salinidad (C3S1) registraron menor macollamiento y 5–7 t/ha, evidenciando que monitorear y mitigar la salinidad es clave para mantener estabilidad productiva.

5.8. Bibliografía

- Back, Á. J., & Just, M. C. (2018). Consumo de água em lavouras de arroz irrigadas em sistema coletivo. *Tecnologia e Ambiente*, 24, 133-145. <https://doi.org/10.18616/ta.v24i0.4311>
- Cobos, F. J., Gómez Pando, L. R., Reyes Borja, W. O., & Medina Litardo, R. C. (2021). Sustentabilidad de dos sistemas de producción de arroz, uno en condiciones de salinidad en la zona de Yaguachi y otro en condiciones normales en el sistema de riego y drenaje Babahoyo, Ecuador. *Ecología Aplicada*, 20(1), 65-81. <https://doi.org/10.21704/rea.v20i1.1691>

- Dalcin, L., Rocha, M., Ghisleni, G., Zanon, A., Gudes, L., Fogliato, V., Bulegon, I., Rolim, B., Mazzuco, P., Freitas, M., Haas, A., Duarte, A., Quintero, C., Carracelas, G., Carmona, L., & Streck, N. (2023). *Ecofisiología del Arroz buscando altos rendimientos*. <https://es.scribd.com/document/719519080/Ecofisiologia-Del-Arroz-2023-eBook-1>
- Ferreira, M., Doring, R., Trindade, J., Piazzeta, D., Graziele, M., Vieira, T., & Gindri, S. (2019). *Densidade de semeadura para as cultivares IRGA 424 RI e IRGA 431 CL*. XI Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, Balneário Camboriú. https://DENSIDADE+DE+SEMEADURA+ARROZ&sca_esv
- Grohs, M., Wolter, R. C. D., Cera, J., Silveira, R. de M., Bergmann, C., Pohlmann, V., & Rosa, C. A. da. (2022). Influência da época de Semeadura sobre o Estabelecimento e Desenvolvimento do Arroz Irrigado. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 37, 365-372. <https://doi.org/10.1590/0102-77863730048>
- Gutz, T., Cunha, G., Olescowicz, D., Bachmann, G., Ludtke, O., Guerra, N., & de Oliveira, A. (2019). Resposta do arroz irrigado ao fornecimento de fósforo e densidade de semeadura em sistema pré-germinado. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 14(3), 7.
- Lemes, E. S., Meneghello, G. E., Oliveira, S. de, Mendonça, A. O. de, Neves, E. H. das, & Aumonde, T. Z. (2018). Salinidade na cultura do arroz irrigado: Características agronômicas e qualidade de sementes. *Revista de Ciências Agrárias*, 41(4), 1001-1010. <https://doi.org/10.19084/RCA18141>
- Maldonado, C. E., Reyes, W. O., Pinoargote, G. E. M., & Gómez, P. J. R. (2024). Rendimiento de cuatro líneas promisoras de arroz (*oryza* sp.), bajo el sistema de siembra por trasplante; una planta por sitio, en el cantón Daule – provincia del Guayas. *Journal of Science and Research*, 9(CININGEC-). <https://revistas.utb.edu.ec/index.php/sr/article/view/3389>
- Medeiros, L., Schuch, L. O. B., Mondo, V. H. V., Júnior, A. M. de M., & Dörr, C. S. (2018). Otimização da densidade de semeadura em híbridos de arroz irrigado. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, 17(4), 523-530. <https://doi.org/10.5965/223811711732018523>

- Nunes, C. D. M. (2019). *Avaliação da época de semeadura de arroz na performance do tratamento de sementes com fungicidas e micronutrientes*. XI Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado.
- SOSBAI, S. S.-B. do A. I. (2016). *Arroz irrigado: Recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil*. Pelotas.
- Steinmetz, S., Braga, H., & da Silva, S. (2004). Condições Climáticas para o Cultivo de Arroz Irrigado. En *Sistema de Cultivo de Arroz Irrigado no Brasil* (Ed, p. 270).
- Vale, M. L. C. do, Hickel, E. R., Andrade, A. de, Back, Á. J., Pandolfo, C., Oliveira, D. G. de, Wickert, E., Masiero, F. C., Martins, G. N., Guimarães, G. G. F., Padrão, G. de A., Haverroth, H. S., Agostini, I., Scheuermann, K. K., Terres, L. R., Palladini, L. A., Vianna, L. F. de N., Pereira, M. L. T., Cantú, R. R., ... Marschalek, R. (2022). *Recomendações para a produção de arroz irrigado em Santa Catarina: 4a. edição. Sistemas de Produção*, 56. <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/SP/article/view/1587>
- XXXIII Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado (33. ed.). (2022). Augusto Tavares Leite Barros. https://www.sosbai.com.br/uploads/documentos/recomendacoes-tecnicas-da-pesquisa-para-o-sul-do-brasil_310.pdf

Capítulo VI. Nutrición del cultivo de arroz

Marlon Darlin López Izurieta
Universidad Técnica de Babahoyo
<https://orcid.org/0000-0003-3334-2317>

Luis Enrique Sánchez Jaime
Universidad Técnica de Babahoyo
<https://orcid.org/0000-0001-6977-1290>

6.1. Resumen

El arroz, principal fuente nutricional para gran parte del mundo y con consumos superiores a 40 kg persona⁻¹ año⁻¹, se cultiva mayoritariamente en monocultivo intensivo, a veces con hasta tres siembras anuales. Este esquema, basado en inundaciones prolongadas, altera procesos biogeoquímicos del suelo, la descomposición de rastrojos y la dinámica microbiana, afectando la disponibilidad de nutrientes. La nutrición del cultivo no solo depende del suministro externo, sino también de interacciones iónicas suelo–planta y de rasgos del cultivar (absorción, traslocación y arquitectura radicular). Reducir la brecha de rendimiento sin elevar costos exige tecnologías “limpias”: diagnóstico del suelo y del tejido foliar, correcciones de acidez, fertilización ajustada a etapas de desarrollo y metas de productividad. El análisis de suelo define dosis y correctivos cuando el muestreo es representativo y oportuno; el análisis foliar, sobre hojas maduras en macollamiento, complementa al del suelo para confirmar carencias visibles u “ocultas” y entender interacciones entre nutrientes. Diecisiete elementos son esenciales y se clasifican en macro y micro; su disponibilidad y proporciones adecuadas sostienen funciones estructurales, enzimáticas, energéticas y de osmorregulación, mientras desequilibrios causan deficiencias o toxicidades. La eficiencia de uso de nutrientes mejora con raíces extensivas, micorrización, fotosíntesis alta y capacidad de modificar la rizosfera. La programación nutricional debe referirse a estadios fenológicos (no a días después de siembra): V3 (inicio de macollamiento), V7 (fin de macollamiento) y R0 (iniciación de panícula) son hitos para fraccionar fertilizantes. Cultivares modernos remueven por tonelada de paddy, entre otros, 22,2 kg de N, 3,1 de P y 26,2 de K, por lo que conocer oferta del suelo y demanda del cultivo es clave. Los fertilizantes, simples o multinutrientes, se expresan como N-P₂O₅-K₂O y ofrecen combinaciones para optimizar costo, compatibilidad y aporte secundario y microelemental. Integrar diagnóstico, fenología y fuentes adecuadas permite sostener rendimientos altos y rentables con menor impacto ambiental.

6.2. Introducción

El cultivo de arroz es la principal fuente nutricional de más de la población global. Su consumo supera los 40 kg de arroz persona⁻¹ año⁻¹, lo que lo convierte en uno de los cereales de mayor consumo en el mundo (*XXXIII Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado*, 2022).

Las áreas destinadas a la producción de este cereal se manejan bajo sistema de monocultivo, donde aproximadamente el 40 % de la oferta mundial de arroz es obtenida de áreas en donde se siembran hasta tres veces al año.

La producción intensiva puede interferir en los procesos biogeoquímicos del suelo ya que estos son sometidos a largos periodos de inundación (Carlos et al., 2025) y podrían ocasionar alteraciones en la población de microorganismos aeróbicos, en los procesos químicos y en la descomposición de los residuos de cosecha (Panda & Barik, 2021), afectando significativamente la disponibilidad de los nutrientes para las plantas (Harish et al., 2023).

No obstante, entre los factores que limitan la absorción de nutrientes es la interacción entre iones en el suelo y el cultivar utilizado (Sanchez et al., 2019), ya que existen diferencias en la respuesta nutricional debido a mecanismos fisiológicos como diferentes tasas de absorción, traslocación y diferencias morfológicas de la planta (Ashraf et al., 2024).

Dada la importancia socio – económica del cultivo de arroz para muchos países en vía de desarrollo, ha sido necesario reducir la brecha de rendimiento sin incrementar los costos de producción, esto ha obligado a optar por tecnologías modernas y amigables con el medio ambiente. Entre estas técnicas, el estudio de los indicadores de calidad de suelo bajo diferentes condiciones de clima (Evald et al., 2021), la adecuada aplicación de fertilizantes y correctivos de acidez, el análisis de tejido vegetal como herramienta auxiliar en la identificación de problemas nutricionales, la demanda nutricional en función a las etapas de cultivo y potencial productivo de los cultivares garantizan altos rendimientos (*XXXIII Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado*, 2022).

6.3. Análisis de suelo

El análisis de suelo es una técnica utilizada para establecer los contenidos nutricionales presentes en el área a sembrarse y en efecto determinar las necesidades de fertilización del cultivo de arroz. Además, esta herramienta puede utilizarse para determinar los cambios nutricionales en el suelo en un periodo de tiempo y contribuir en la toma de decisiones para lograr rendimientos sostenidos con un alto potencial de rentabilidad.

Al comparar los resultados del análisis con los requerimientos del cultivo, se determina la cantidad exacta de nutrientes que deben añadirse a través de la fertilización. La dosis correcta de fertilizantes y correctivos de la acidez del suelo depende de la adopción de procedimientos adecuados de la colecta de muestras, de modo que estas sean representativas del área a ser cultivada.

Las recomendaciones son proyectadas a la obtención de altos rendimientos económicos, teniendo en cuenta el sistema de producción, condiciones de clima y suelo y potencial productivo de los cultivos. Sin embargo, la aplicación de las dosis de nutrientes recomendadas no asegura las respuestas esperadas en el cultivo. Sino, el conjunto de factores que limitan el rendimiento es quien determina el nivel de respuesta a la fertilización.

Para proceder a la toma de muestras se debe contar con los siguientes materiales:

- Pala, sonda o barreno
- Balde plástico
- Machete
- Fundas plásticas
- Tarjetas para identificación
- Lápiz o marcador

6.4. Procedimiento

- Elaborar un plano o croquis del terreno
- Delimitar en el plano los lotes que presenten condiciones semejantes de suelo (igual manejo, topografía, color del suelo, vegetación, drenaje, entre otros)
- En el terreno, limpiar la superficie del suelo previa colecta de la muestra
- Colectar las muestras ayuda de una pala, sonda o barreno realizando un recorrido al azar en forma de zigzag a una profundidad no superior a 25 cm
- Los lotes a muestrear no deben ser mayor a 5 hectáreas y las muestras deben ser compuestas por al menos 20 sub muestras
- Desagregar el suelo y mezclar de manera homogénea las sub muestras y para luego obtener la muestra compuesta de aproximadamente 1 kg

- Colocar la muestra en fundas plásticas con la siguiente información: nombre de la finca, nombre del propietario, ubicación de la finca, fecha de muestreo, nombre o número de lote, cultivo anterior, superficie y número de teléfono.
- Acondicionar la muestra y trasladarla inmediatamente al laboratorio de su preferencia.

6.5. Recomendaciones

- Realizar el muestreo con un mes de anticipación a la siembra.
- Muestrear antes de preparar el suelo.
- Limpiar las herramientas previa colecta en el próximo lote
- No coleccionar muestras en lotes recién fertilizados, sitios próximos a viviendas, galpones, corrales, al pie de caminos, cercas o zanjas, en lugares de acumulación de estiércol, en zonas muy pantanosas o de acumulación de sales, áreas quemadas.

6.6. Análisis foliar

El análisis foliar es una herramienta de diagnóstico que permite conocer cuantitativamente los nutrientes esenciales presentes en los órganos de la planta. Con la interpretación del análisis químico de los tejidos es posible determinar la deficiencia o exceso de nutrientes. Junto al análisis de suelo, permite facilitar la toma de decisiones para el establecimiento de programas de fertilización eficientes y económicos.

El órgano más adecuado para evaluar el estado nutricional en una planta es la hoja “madura” más reciente. Pues, esta se encuentra en su máxima actividad fisiológica y refleja mejor la actividad de las plantas. Por tal motivo, con esta herramienta de diagnóstico se logra controlar el estado nutricional de los cultivos durante el ciclo de crecimiento, permitiendo:

- Confirmar síntomas visibles en campo,
- Identificar problemas “ocultos” cuando no se aprecian síntomas asociados a deficiencia nutricional,
- Identificar lotes con problemas de deficiencia de uno o varios nutrientes,
- Conocer la interacción entre nutrientes.

El análisis de suelo y el análisis foliar son herramientas de mucha utilidad, el uno no substituye al otro. Ambos facilitan el diagnóstico del estado nutricional de los cultivos. El análisis foliar tiene éxito cuando la colecta de la muestra se realiza considerando los siguientes aspectos: parte de la planta tomado como muestra (la composición nutricional varía con la edad del cultivo), cultivar, condiciones climáticas, entre otros factores.

Por tanto, es necesario seguir las siguientes recomendaciones:

- Delimitar el lote de acuerdo a la topografía, edad de cultivo y variedades,
- Realizar la colecta de hojas maduras en la etapa de máximo macollamiento,
- Realizar la colecta al azar en forma de zigzag, considerando un mínimo de 20 sub muestras por cada muestra representativa (alrededor de 100 hojas),
- Conservar las muestras en fundas de papel en un lugar seco y fresco,
- Identificar las muestras con la siguiente información: propietario, nombre de finca, lote, localidad, variedad, edad del cultivo y fecha de colecta),
- Enviar las muestras al laboratorio en un lapso no mayor a 48 horas, pasado es tiempo, se debe mantener las muestras en refrigeración,
- Evitar coleccionar muestras en lotes tratados con productos fitosanitarios en un tiempo no menor a 10 días,
- Evitar coleccionar muestras en sitios cercanos a los linderos, entradas de agua, sitios con plantas con menor crecimiento, en plantas con fitotoxicidad, entre otros.

6.7. Elementos requeridos en la nutrición de las plantas

Diecisiete elementos son considerados esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas: Carbono (C), Hidrogeno (H), Oxígeno (O), Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Azufre (S), Boro (B), Cloro (Cl), Cobre (Cu), Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Molibdeno (Mo), Niquel (Ni) y Zinc (Zn). Algunos elementos son considerados benéficos para ciertas plantas, como el Sodio (Na), Silicio (Si), Selenio (Se) y Cobalto (Co). Los 9 primero (excepto el K) participan en la formación de los tejidos vegetales y representan aproximadamente el 99 % de su masa.

Los elementos esenciales son clasificados en macro y micro nutrientes, de acuerdo a las exigencias de las plantas. Los macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg y S) son exigidos en mayores cantidades (demanda de g de nutrientes kg⁻¹ de materia seca de la planta),

mientras que los micronutrientes son requeridos por las plantas en menores cantidades (demanda de mg de nutrientes kg^{-1} de materia seca de la planta).

Es necesario que haya disponibilidad y absorción de los nutrientes en proporciones adecuadas, vía solución de suelo o como complemento, vía foliar. Cada uno de estos elementos cumple una función específica en el metabolismo de las plantas. Desequilibrios en sus proporciones pueden causar deficiencia o exceso de nutrientes, ocasionando limitaciones en el crecimiento de las plantas o su muerte.

Los elementos que se presentes en el sistema suelo planta pueden ser: **i) Esenciales:** sin ellos la planta no vive; **ii) Benéficos:** con ellos aumenta el crecimiento y la producción en situaciones particulares o mejora la tolerancia a condiciones desfavorables del medio (clima, plagas, enfermedades, compuestos tóxicos del suelo, del agua o del aire), pero la planta puede vivir sin ellos (por ejemplo: el Na).; y **iii) Tóxicos:** con ellos disminuye su crecimiento y producción, pudiendo llegar a provocar la muerte (por ej. Al, Pb, Cr, Cd, Hg). Cabe aclarar que todo elemento es potencialmente tóxico en altas concentraciones.

Un elemento es considerado esencial cuando cumple los criterios de esencialidad establecidos (Arnon & Stout, 1939):

- Un elemento es esencial si su deficiencia impide que la planta complete su ciclo vital,
- Para ser esencial, el elemento no puede ser reemplazado por otro elemento con propiedades similares,
- El elemento es esencial cuando tiene participación directa en el metabolismo de las plantas.

Un elemento es considerado esencial cuando hace parte de una molécula esencial al metabolismo de la planta. Por ejemplo: el Mg, como constituyente de la clorofila, o del N, como constituyente de proteínas. Todos los elementos mencionados anteriormente cumplen con estos criterios y deben ser proporcionados a las plantas para que estas germinen, crezcan, florezcan y produzcan semillas.

La presencia de uno de estos elementos en altas concentraciones en una planta no sustituye un indicador seguro de su esencialidad, ya que las plantas presentan capacidad de absorción selectiva limitada, de modo que pueden absorber por las raíces elementos minerales no esenciales y o a su vez tóxicos.

Los minerales esenciales cumplen diferentes funciones en las plantas, la demanda nutricional varía según las funciones en las diferentes etapas fenológicas del cultivo, estas funciones se clasifican en (Gil et al., 2022):

- Constitución de estructuras orgánicas,
- Activación de reacciones enzimáticas,
- Almacenamiento y transporte de energía,
- Transporte de cargas y osmo-regulación.

Los factores inertes a la propia planta, tales como los genéticos, la especie, el cultivar, la eficiencia de la absorción de nutrientes, la alelopatía, problemas fitosanitarios y manejo del cultivo también determinan la menor o mayor productividad y retorno económico.

Existen varios mecanismos y procesos en las plantas que contribuyen para el uso eficiente de nutrientes. Esos mecanismos están relacionados con las características morfológicas y fisiológicas. Las morfológicas son: a) sistema radicular eficiente, b) alta relación entre raíces y biomasa aérea, c) sistema radicular extensivo, explorando mayor volumen del suelo, y d) colonización del sistema radicular por micorrizas y bacterias que fijan Nitrógeno atmosférico (N₂).

Las características fisiológicas son: a) habilidad del sistema radicular en modificar la rizosfera para superar baja disponibilidad de nutrientes, b) la capacidad de mantener el metabolismo normal con bajos niveles de nutrientes en los tejidos, y c) alta tasa fotosintética.

6.8. Función de los nutrientes esenciales

Cada uno de los nutrientes esenciales tiene una función específica en el metabolismo de la planta. En el Cuadro 1., se describen las funciones de los principales nutrientes minerales, forma de absorción por la planta y los síntomas asociados a la deficiencia o exceso de ese nutriente. Se debe considerar que los síntomas de deficiencia

están relacionados con la movilidad de los nutrientes en el floema, ya que los nutrientes clasificados como móviles, por trasladarse fácilmente, los síntomas de deficiencia se expresan en las hojas más viejas, mientras que, los nutrientes que participan de estructura celulares, por presentar menor movilidad de redistribución, los síntomas se expresan en las hojas más recientes.

Cuadro 1. Nutrientes, forma de absorción, función y síntomas de deficiencia en el cultivo de arroz (Dechen & Nachtigall, 2007; Dobermann & Fairhurst, 2012).

Nutriente	Forma de absorción	Función	Síntomas de deficiencia
Nitrógeno	NH ₄ , NO ₃	Constituyente esencial en los aminoácidos, ácidos nucleicos y de clorofila. Promueve el crecimiento acelerado en el tamaño de la planta, número de macollos, número de espiguillas por panículas. La concentración adecuada de N en las hojas está estrechamente relacionada con la tasa fotosintética y la producción de biomasa.	Los síntomas de deficiencia se expresan en las hojas viejas. En ciertas ocasiones el área foliar toman una coloración verde claro con las puntas amarillas. Cuando la deficiencia es severa, las hojas mueren. La deficiencia de N ocurre a menudo en las etapas críticas de crecimiento cuando la demanda de este elemento es alta. La deficiencia resulta en menor producción de macollos, hojas, granos y plantas pequeñas.
Fósforo	H ₂ PO ₄ , HPO ₄ ⁻²	Desempeña papel importante en la fotosíntesis, respiración, almacenamiento y transferencia de energía, división y crecimiento celular, entre otros procesos. Promueve el macollamiento, el desarrollo de la raíz,	Las plantas con deficiencia de P son pequeñas y tienen muy bajo macollamiento. Las hojas son pequeñas y erectas, presentan color verde oscuro. Tallos delgados y alargados y el desarrollo de la planta se

Nutriente	Forma de absorción	Función	Síntomas de deficiencia
		floración temprana y la maduración.	retarda. Menor producción de hojas, panículas y granos por panícula.
Potasio	K^{+}	Cumple un papel importante en el potencial osmótico de la planta. El proceso de cierre y apertura de los estomas es regulado por la concentración de este elemento. Realiza funciones en el transporte de floema, en el fortalecimiento de las paredes celulares, retrasa la senescencia y por lo tanto contribuye en la fotosíntesis. Incrementa el área foliar y la fotosíntesis. Interfiere en la producción, llenado y peso de granos por panícula.	Plantas de color verde oscuro que presentan hojas viejas con márgenes de color amarillo pardo o puntos necróticos. Los síntomas aparecen en periodos avanzados del ciclo de crecimiento. Las plantas crecen lentamente, mayor incidencia de acame, alto porcentaje de granos vanos y bajo peso. Alteración del sistema radicular, lo que impide la normal absorción de los nutrientes. Aumento de incidencia de enfermedades.
Calcio	Ca^{2+}	Importante constituyente de la pared celular, participa en la osmo – regulación y mantenimiento del balance de aniones y cationes en las células.	La deficiencia de este elemento limita la función de las raíces y puede predisponer a la planta a la toxicidad de hierro. Los síntomas generalmente aparecen en las hojas más jóvenes con decoloración y malformación. Las hojas viejas toman una coloración café y mueren.

Nutriente	Forma de absorción	Función	Síntomas de deficiencia
Magnesio	Mg^{2+}	Constituyente de la clorofila y está involucrado en la asimilación de CO_2 y en la síntesis de proteínas. Es un nutriente móvil y puede trasladarse fácilmente de las hojas viejas a hojas más jóvenes, por tal razón los síntomas aparecen en las hojas viejas.	Coloración pálida de las hojas, clorosis intervenal en hojas viejas. Hojas alargadas y débiles que se doblan fácilmente, reducción en el número de granos por panícula y peso de panícula, reduce la calidad del grano.
Azufre	SO_4^{2-}	Es un elemento constituyente esencial en los aminoácidos que están envueltos en la producción de clorofila, en la síntesis de proteínas y en el funcionamiento y estructura de las plantas.	Clorosis general y es más pronunciada en las hojas jóvenes. Plantas pequeñas y de lento crecimiento, reducción en el número de macollos, panículas más cortas con menor número de granos. prolongación del ciclo de cultivo entre una y dos semanas
Zinc	Zn^{2+}	Es esencial en los procesos de: síntesis de citocromo y nucleótidos, metabolismo de las auxinas, producción de la clorofila, activación enzimática, mantenimiento de la integridad de la membrana.	Manchas de color café en las hojas superiores, crecimiento des uniforme, reducción de la tasa de macollamiento, incremento de la esterilidad de las espiguillas, las nervaduras próximas a la base de las hojas jóvenes se tornan cloróticas. Pérdida de

Nutriente	Forma de absorción	Función	Síntomas de deficiencia
			turgencia y reducción del tamaño de la planta.
Boro	H_3BO_3	Es esencial en la biosíntesis de la pared celular y en la integridad de la estructura de la membrana plasmática. Participa en el metabolismo de carbohidratos, transporte de azúcar, lignificación, síntesis de los nucleótidos y la respiración.	Reduce la viabilidad del polen, las puntas de las hojas se tornan blanquecinas y se enrollan. Reduce la altura de la planta y en deficiencias severas, resulta en la muerte de del punto de crecimiento. Disminución de la producción de panículas.
Manganeso	Mn^{2+}	Participa en la síntesis de clorofila. Su función principal está relacionada con la activación de enzimas. Participa en el fotosistema II de la fotosíntesis, siendo responsable de la fotólisis de la molécula del agua.	Clorosis intervenal de color verde grisáceo que se extiende desde la punta hasta la base de la hoja. Las plantas con deficiencia presentan hojas de menor tamaño, menor número de macollos, menor peso y reducido sistema radicular.
Hierro	Fe^{2+} , Fe^{3+}	Actúa en el transporte de electrones en la fotosíntesis, es un importante receptor de electrones en las reacciones redox y activa varias enzimas	Clorosis foliar, cuando la deficiencia es severa se manifiesta con clorosis y general y posterior muerte de la planta.

6.9. Estados de desarrollo del cultivo considerados para el fraccionamiento de los fertilizantes

El cultivo de arroz constituye un rubro de mucha importancia en el sector agrícola del litoral ecuatoriano, en donde la necesidad de alcanzar altos rendimientos sin incrementar los costos de producción ha obligado a mejorar el manejo del cultivo, en función del uso de tecnologías modernas y amigables con el medio ambiente. La nutrición desempeña un rol importante y requiere mayor atención. Sin embargo, para nutrir correctamente el cultivo es necesario considerar varios aspectos, entre ellos:

Factores climáticos

Luminosidad: La intensidad de la luz y las estructuras productivas de las plantas de arroz son los factores más importantes que determinan la producción de materia seca. Los requerimientos de intensidad lumínica van en aumento a medida que nos acercamos al periodo reproductivo, alcanzando la mayor exigencia iniciando la floración. La etapa del cultivo más susceptible a la falta de luminosidad va desde la diferenciación floral hasta 10 días antes de iniciar la fase de maduración de la espiga.

Temperatura: los requerimientos de temperatura varían entre 18 y 35 °C; sin embargo, dentro de estos límites las más adecuadas son las mayores. Las temperaturas más bajas durante la floración pueden ocasionar el debilitamiento de las plantas y predisponer al ataque de plagas y enfermedades.

Precipitación: es el factor más importante por ser una planta hidrófila. Demanda un buen suministro durante la germinación, macollamiento, prefloración, floración y en la primera mitad del periodo de maduración.

Requerimiento de suelo

Los suelos ideales para la producción de arroz son aquellos de textura arcillosa, de topografía plana y pH entre 6 y 6,5.

Ciclo de vida de los cultivares

A nivel varietal existe un patrón general que puede variar dependiendo de las características genéticas y el ambiente dentro de lo que se destaca la temperatura y el

fotoperiodo. El ciclo de vida del cultivo de arroz puede variar entre 100 y 150 días. Variedades con ciclos superiores a los 150 días por lo general son sensibles al fotoperiodo y no se utilizan para la siembra.

La identificación del estado de desarrollo del cultivo de arroz permite mayor precisión en la aplicación de prácticas de manejo, así como también, mejorar la comunicación entre técnicos y productores. No es correcto relacionar el desarrollo de las plantas con la edad cronológica expresada en días después de la siembra o germinación, una vez que el desarrollo del cultivo puede variar en función del cultivar, temperaturas del suelo, del aire y del agua, disponibilidad de radiación solar, condiciones hídricas y nutricionales, época de siembra, entre otras (Gil et al., 2022). Por tal motivo, en el manejo de la fertilización, para fraccionar de manera correcta, se sugiere considerar la escala de los estadios de desarrollo del cultivo de arroz, como se describe a continuación en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Descripción de los estadios de desarrollo del cultivo de arroz (Counce et al., 2000; *XXXIII Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado*, 2022).

Estadio de desarrollo	
S₀	Semilla
S₁	Emergencia de la radícula
S₂	Emergencia de la radícula y coleóptilo
S₃	Emergencia del perfilo del coleóptilo
V₁	1° hoja tallo principal
V₂	2° hoja tallo principal
V₃	3° hoja tallo principal (Inicio de macollamiento)
V₄	4° hoja tallo principal
.....	
V₇	7° hoja tallo principal (Fin de macollamiento)
V₈	8° hoja tallo principal
V₉–R₀	9° hoja tallo principal (Iniciación de panícula)
V₁₀–R₁	10° hoja tallo principal (Diferenciación del primordio floral)
V₁₁	11° hoja tallo principal
V₁₂	12° hoja tallo principal

Estadio de desarrollo	
V₁₃-R₂	Hoja bandera (Embuchamiento)
R₃	Emergencia de panícula (50 % floración)
R₄	Floración (50 % floración)
R₅	Elongación de uno o más granos en la cáscara
R₆	Expansión de uno o más granos
R₇	Al menos un grano con cáscara color típica del cultivo
R₈	Madurez de un grano aislado
R₉	Madurez completa de los granos

La cantidad de nutrientes removidos del suelo en una cosecha varía con el cultivar de arroz utilizado, producción de biomasa, características de suelo, clima y manejo del cultivo. Cultivares modernos de alta producción extraen por cada tonelada de arroz paddy: 22,2 kg de Nitrógeno; 3,1 kg de Fósforo; 26,2 kg de Potasio; 2,8 kg de Calcio; 2,4 kg de Magnesio; 0,94 kg de Azufre; 0,016 kg de Boro, 0,35 kg de Hierro; 0,37 kg de Manganeso; 0,040 kg de Zinc y 51,70 kg de Silicio (Dobermann & Fairhurst, 2012).

De acuerdo a lo citado, conocer los contenidos y la disponibilidad nutricional del suelo, previo establecimiento del cultivo, dicha información permitirá correlacionar con los requerimientos nutricionales del cultivo, en función a las metas de rendimiento. Sumado a esto, conocer las características físicas - químicas del suelo, dará las pautas necesarias para alcanzar la eficiencia nutricional del cultivo de arroz.

Para la aplicación de los fertilizantes, es menester considerar tres etapas importantes de desarrollo del cultivo como son:

V3: 3º hoja tallo principal (Inicio de macollamiento),

V7: 7º hoja tallo principal (Fin de macollamiento),

R0: 9º hoja tallo principal (Iniciación del primordio de la panícula)

6.10. Fuentes de nutrientes

Cualquier material de origen natural o industrializado que contenga al menos 5 % de uno o más de los tres nutrientes primarios (N, P_2O_5 , K_2O), puede ser llamado fertilizante. Los fertilizantes de origen industrial son llamados fertilizantes minerales. La presentación es muy variada. Dependiendo del proceso de fabricación, las partículas de los fertilizantes minerales pueden ser de muy diferentes tamaños y formas: gránulos, píldoras, cristales, polvo de grano grueso / compactado o fino. La mayoría de los fertilizantes es provista en forma sólida.

Los nutrientes N, P_2O_5 , K_2O son expresados comúnmente en porcentajes. Ellos son dados siempre en esta secuencia. De este modo, en una fórmula 10-30-10, el primer número es el porcentaje de N, el segundo número el porcentaje de P_2O_5 y el tercero el porcentaje de K_2O . El etiquetado también indica el peso del contenido, a menudo da recomendaciones para su correcto manipuleo y almacenamiento, y el nombre del productor o del comerciante del fertilizante. La mayoría de los fertilizantes también tienen un nombre de marca, el cual es impreso en la bolsa del fertilizante.

Los fertilizantes que contienen sólo un nutriente primario son denominados fertilizantes simples. Aquellos conteniendo dos o tres nutrientes primarios son llamados fertilizantes multi nutrientes, algunas veces también fertilizantes binarios (dos nutrientes) o ternarios (tres nutrientes).

La industria de fertilizantes dispone de programas que permiten el establecimiento de diferentes pre condiciones como: combinación de formas y fuentes de nutrientes, presencia de nutrientes secundarios y/ o, de micro elementos, combinación de fuentes que optimicen los costos de las combinaciones, compatibilidad entre otras fuentes, etc. En el Cuadro 3 se presenta la fuente y el contenido nutricional de los fertilizantes más comunes.

Cuadro 3. Fuente y contenido nutricional de los fertilizantes más comunes (IFA, 1992).

Fuente	Contenido de N (%)
Sulfato de amonio	21
Amoniaco anhidro	82
Nitrato de amonio	34

Urea	46
Solución de nitrato de amonio-urea	28 a 32
Fosfato nítrico	20
Nitrato de calcio	15.5
Nitrato de sodio	16
Nitrato de potasio	13
Fosfato mono amónico (MAP)	10
Fosfato di amónico (DAP)	18
Nitrato cálcico-amónico	26
Fuente	Contenido de P₂O₅ (%)
Superfosfato simple o normal (SFS)	20
Superfosfato triple (SFT)	46
Fosfato monoamónico (MAP)	30 o 52
Fosfato diamónico (DAP)	46
Fuente	Contenido de K₂O (%)
Cloruro de potasio	60
Sulfato de potasio	50 (S 18 %)
Nitrato de potasio	44 (N 13 %)
Fuente	Contenido de S (%)
Sulfato de amonio	24
Sulfato de potasio	18
Sulfato de magnesio	14

6.11. Conclusión

- La producción intensiva del cultivo de arroz en la actualidad enfrenta un sinnúmero de desafíos, esos desafíos han permitido desarrollar y mejorar las prácticas de manejo del cultivo con la finalidad de reducir la brecha de rendimiento sin incrementar los costos de producción. Optar por tecnologías modernas y amigables con el medio ambiente, facilita el estudio las características de suelo con énfasis a la nutrición del cultivo. Dicha información permite la adecuada y oportuna aplicación de fertilizantes para suplir la demanda nutricional en cada una de las etapas del cultivo y alcanzar el máximo potencial productivo de los cultivares.

6.12. Bibliografía

- Arnon, D. I., & Stout, P. R. (1939). The Essentiality of Certain Elements in Minute Quantity For Plants With Special Reference to Copper. *Plant Physiology*, 14(2), 371-375. <https://doi.org/10.1104/pp.14.2.371>
- Ashraf, H., Ghouri, F., Baloch, F. S., Nadeem, M. A., Fu, X., & Shahid, M. Q. (2024). Hybrid Rice Production: A Worldwide Review of Floral Traits and Breeding Technology, with Special Emphasis on China. *Plants*, 13(5), 578. <https://doi.org/10.3390/plants13050578>
- Carlos, F. S., Marcolin, E., Kunde, R. J., Weinert, C., Pasa, E. H., Schaffer, N., de Sousa, R. O., dos Reis, R. B., Andreazza, R., de Oliveira, J. R., & Camargo, F. A. de O. (2025). Long-term no-tillage increases soil organic matter and cation exchange capacity, but reduces P and K, in irrigated rice. *Soil Use and Management*, 41(1), e70016. <https://doi.org/10.1111/sum.70016>
- Counce, P. A., Keisling, T. C., & Mitchell, A. J. (2000). A Uniform, Objective, and Adaptive System for Expressing Rice Development. *Crop Science*, 40(2), 436-443. <https://doi.org/10.2135/cropsci2000.402436x>
- Dechen, A., & Nachtigall, G. (2007). Elementos requeridos à nutrição de plantas. En *Fertilidade do Solo* (Ed, p. 1017). Sociedade Brasileira de Ciencia do Solo.
- Dobermann, A., & Fairhurst, T. (2012). *Desordenes Nutricionales y Manejo de Nutrientes*.

- Evald, A., Melo, V. F., Rocha, P. R. R., Cordeiro, A. C. C., Maia, S. D. S., & Espindola, I. D. C. (2021). Soil attributes under different water management systems of rice paddies in the Amazonian Savanna of Brazil¹. *Revista Caatinga*, 34, 640-649. <https://doi.org/10.1590/1983-21252021v34n316rc>
- Gil, A., Suárez, M., & Ramírez, T. (2022). Nutrientes condicionalmente esenciales. En *Tratado de nutrición* (2022.^a ed.). <https://books.google.com.ec/books?id=2NSdEAAAQBAJ&lpg=PA249&ots=XbTer4yQTr&dq=criterio%20de%20esencialidad%20de%20los%20nutrientes&lr&hl=es&pg=PR6#v=onepage&q=criterio%20de%20esencialidad%20de%20los%20nutrientes&f=false>
- Harish, V., Aslam, S., Chouhan, S., Pratap, Y., & Lalotra, S. (2023). Iron toxicity in plants: A Review. *International Journal of Environment and Climate Change*, 13(8), 1894-1900. <https://doi.org/10.9734/ijecc/2023/v13i82145>
- IFA. (1992). *Manual Mundial sobre el Uso de Fertilizantes*. <http://www.fertilizer.org>, también disponible en versión CD
- Panda, D., & Barik, J. (2021). Flooding Tolerance in Rice: Focus on Mechanisms and Approaches. *Rice Science*, 28(1), 43-57. <https://doi.org/10.1016/j.rsci.2020.11.006>
- Sanchez, L., Melo, V., Nunes, T., Portalanza, D., Durigon, A., & Farah, S. (2019). Soil chemical indicators and nutrient cycling variations across sequential years of rice cultivation: A case study of floodplain conditions of the Amazon, Brazil. *African Journal of Agricultural Research*, 14(32), 1499-1508. <https://doi.org/10.5897/AJAR2019.14215>
- XXXIII Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado (33. ed.). (2022). Augusto Tavares Leite Barros. https://www.sosbai.com.br/uploads/documentos/recomendacoes-tecnicas-da-pesquisa-para-o-sul-do-brasil_310.pdf

Capítulo VII. Manejo Integrado de Arvenses

Emma Lombeida García

Universidad Técnica de Babahoyo

<https://orcid.org/0000-0002-2798-9045>

7.1. Resumen

Las malezas —o arvenses— son plantas que interfieren con el cultivo al competir por luz, agua, nutrientes y espacio, generando pérdidas “ocultas” que suelen subestimarse. En arroz, su impacto es crítico: sin control oportuno durante el período sensible (hasta ~41 días después de la siembra) los rendimientos pueden disminuir del 15% al 100%, y a escala mundial se atribuye a malezas cerca del 10–32% de la pérdida total por plagas. Además de reducir la productividad y la calidad del grano, algunas malezas hospedan plagas y patógenos. En Ecuador destacan *Echinochloa crusgalli*, *E. colona*, *Ischaemum rugosum*, *Cyperus rotundus*, *C. iria*, *Fimbristylis littoralis*, *Leptochloa virgata* y el arroz rojo, con variaciones según clima y ecología. El manejo integrado de malezas (MIM) combina prevención, monitoreo y controles cultural, biológico, mecánico y químico. La prevención incluye uso de semilla certificada, limpieza de maquinaria, manejo de bordes, canales y pretilas, y medidas para impedir producción y diseminación de semillas; la rotación de cultivos y la gestión del agua modifican el hábitat y reducen la presión selectiva, aunque en tierras bajas el drenaje limita opciones. El control biológico incorpora azolla (que suprime arvenses y fija N), hongos patógenos de malezas y coleópteros folívoros; el control mecánico se apoya en labranza, rastreo y nivelación —idealmente con láser—, o fanguero para favorecer el anegamiento y dificultar la emergencia. Dado el aumento global de resistencias (515 casos únicos en 267 especies; 171 en arroz), el control químico exige uso prudente, rotación de sitios de acción y aplicaciones ajustadas: preemergentes como pendimetalina, pretilaclor, oxadiazón/oxadiargil; y posemergentes como bispiribac-sodio, penoxsulam, fenoxaprop, 2,4-D, metsulfuron o mezclas selectivas según flora presente. En la práctica, butaclor y pendimetalina siguen siendo frecuentes para gramíneas y ciperáceas, complementados con propanil, cyhalofop o florypyrauxifen en posemergencia. Integrar estas tácticas con monitoreo continuo permite sostener rendimientos y reducir costos y riesgos ambientales.

7.2. Introducción

Se considera como "maleza" a cualquier planta que interfiere con el proceso de cultivo, impactando de manera adversa en el sistema productivo. La presencia de la maleza puede tener un impacto negativo en el rendimiento de los cultivos. Por consiguiente, en las últimas décadas se ha recurrido al término arvense, que se traduce como "planta acompañante de los cultivos o prados", sin distinción entre plantas de calidad óptima o inadecuada. Los arvenses desempeñan un papel crucial en todas las actividades agrícolas, dada su influencia en los rendimientos, los costos de producción y la sostenibilidad (Ochoa, 2022).

Es la fuerza natural mediante la cual las plantas y las especies de malezas buscan alcanzar su máximo crecimiento y rendimiento, a expensas unas de otras, lo que se conoce como competencia de malezas. Las pérdidas ocasionadas por las malezas son "ocultas" para el agricultor en comparación con el daño causado por insectos, roedores, enfermedades, etc., lo que ha llevado a una subestimación de la importancia del deshierbo oportuno para mitigar los efectos adversos de las malezas en los cultivos. La comprensión de los principios y complejidades de la interacción entre las plantas aumentaría el conocimiento sobre la relevancia de la interferencia de las malezas en los sistemas agrícolas (Helfgott, 2018).

La maleza en el cultivo de arroz tiene una importancia significativa, ya que puede afectar de manera directa el rendimiento del cultivo al competir por recursos como agua, luz y nutrientes. Además, ciertas malezas pueden servir como hospedadoras de plagas y enfermedades, dificultando el manejo agronómico del arroz, en algunos contextos, también pueden tener funciones ecológicas positivas, como la mejora de la biodiversidad o el control de la erosión, siempre que su presencia sea controlada y manejada adecuadamente.

Las malezas representan uno de los principales factores limitantes en la producción de arroz, ya que pueden reducir los rendimientos hasta en un 50 % si no se controlan adecuadamente. Estas plantas compiten con el cultivo por luz, agua, nutrientes y espacio, afectando el desarrollo del arroz y su productividad. (Martínez et al., 2020)

7.3. La producción de arroz

El período crítico de competencia de las malezas permanece hasta 41 días después de la siembra, las malezas, cuando no se controlan durante este período, pueden reducir los rendimientos de 15 a 100%, la intensa competencia por agua, nutrientes y radiación solar que plantean las malezas reduce el rendimiento y la calidad del grano. El control deficiente de las malezas es la segunda barrera principal para el rendimiento después de un suministro inadecuado de agua en todo el mundo, sin embargo, el rango de pérdidas de rendimiento máximas y mínimas difiere en diversas ecologías como se ilustra en la Figura 1. Se ha reportado una pérdida de rendimiento aproximada del 35% pudiendo alcanzar hasta el 100%. De la pérdida total del 40% de rendimiento en arroz causada por diversas plagas, las malezas generan casi el 10% de la pérdida de rendimiento y puede llegar hasta el 32%. (Shekhawat et al., 2020).

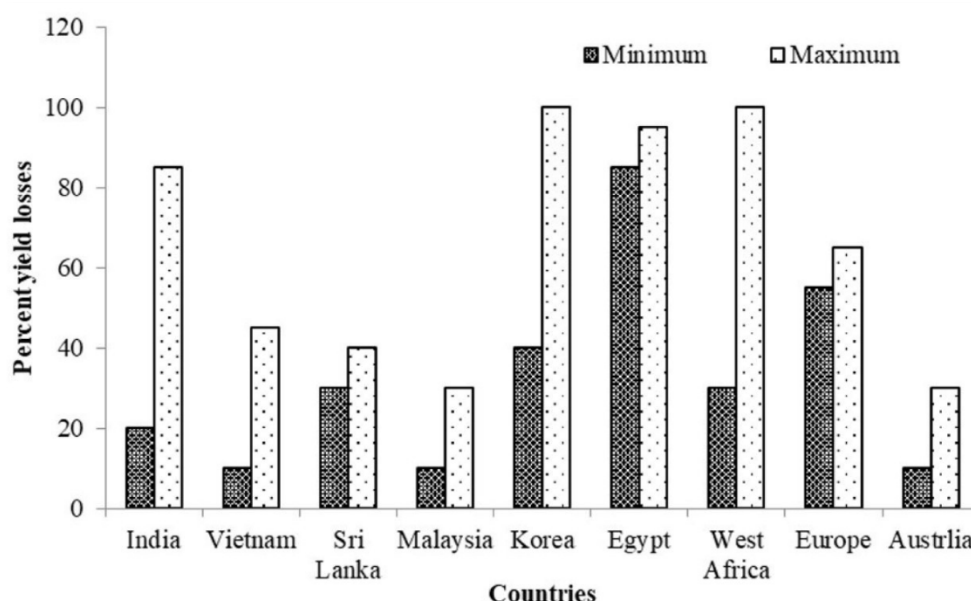


Figura 1. Pérdidas de rendimiento debido a las malezas en las principales ecologías de cultivo de arroz de siembra directa en seco (DDSR) del mundo. **Fuente:** (Rao et al., 2007).

La presencia de malezas es uno de los principales factores agronómicos que restringen la producción de arroz en el país. De acuerdo con informes del INIA, las malezas pueden disminuir el rendimiento del cultivo en aproximadamente un 30%. la pérdida total del cultivo, es decir, hasta el 100%. La causa de esta pérdida es la competencia entre las poblaciones de malezas y las plantas de arroz por espacio, así como por factores como luz, agua y nutrientes durante el ciclo de desarrollo (Chilian et al., s.f).

7.4. Principales malezas en el cultivo de arroz en Ecuador

Tabla 1.

Principales malezas en el cultivo de arroz en Ecuador.

Nombre común / científico	Familia	Descripción del impacto
<i>Echinochloa crusgalli</i> (pata de gallina)	Poaceae	Alta competencia por nutrientes, luz y espacio; una de las más agresivas.
<i>Echinochloa colonum</i> (zacate blanco)	Poaceae	Común en arrozales tropicales; compete eficazmente con el arroz.

Nombre común / científico	Familia	Descripción del impacto
<i>Ischaemum rugosum</i> (falsa caminadora)	Poaceae	Difícil de distinguir del arroz; tolerante a herbicidas.
<i>Cyperus rotundus</i> (coquito)	Cyperaceae	Produce rizomas; difícil de erradicar; invade rápidamente.
<i>Cyperus iria</i> (coco)	Cyperaceae	Frecuente en suelos encharcados; interfiere en la germinación.
<i>Fimbristylis littoralis</i>	Cyperaceae	Tolera condiciones anegadas y algunos herbicidas.
<i>Leptochloa virgata</i>	Poaceae	Gramínea resistente a herbicidas en zonas tropicales.
<i>Oryza sativa</i> var. silvestre (arroz rojo)	Poaceae	Afecta la calidad del grano y la pureza genética del cultivo.

Fuente: (Valverde & Díaz, 2018)

Tabla 2

Malezas según el clima.

Clima	Nombre científico	Nombre común
cálido	<i>Cyperus sp.</i>	coquito
cálido	<i>Cuscuta spp.</i>	cuscuta
templado	<i>Avena sp.</i>	avena
templado	<i>Poa annua</i>	zacate azul
seco	<i>Tribulus sp.</i>	abrojo
seco	<i>Bromus sp.</i>	cebadilla
húmedo	<i>Echinochloa crus-galli</i>	moco de pavo
húmedo	<i>Eichhornia crassipes</i>	lirio acuático
diversos	<i>Digitaria sp.</i>	escobilla
diversos	<i>Portulaca sp.</i>	verdolaga

7.5. Manejo integrado de malezas en el cultivo de arroz

El Manejo integrado de malezas está compuesto por diferentes prácticas de prevención, monitoreo y control: cultural, biológico, mecánico y químico.

7.6. Prácticas de prevención

De acuerdo con Get Rid of Weed – GROW, s. f., la prevención constituye la etapa inicial del MIM que se implementa.

Hace referencia a prevenir la introducción de malezas en el campo o impedir su diseminación dentro del mismo.

Los productores tienen la capacidad de integrar estas estrategias:

Se implementarán medidas de cuarentena para prevenir la introducción de nuevas malezas en combinación con semillas.

Se debe evitar el ingreso al campo de insumos contaminados con semillas de malezas, tales como semillas de malezas.

Se realiza una limpieza meticulosa de los equipos de labranza, siembra y cosechadoras (metodología de labranza).

La limpieza combinada), que podría facilitar el transporte de semillas entre lotes de un mismo campo o entre lotes de distintos campos.

Prevenir la producción de semillas por parte de las malezas en el campo, pero también en las zanjas de drenaje.

Monitoreo oportuno de las malezas. Canales y otras zonas adyacentes que no están bajo cultivo.

La gestión preventiva de malezas implica la implementación de prácticas culturales y agronómicas que previenen o disminuyen la aparición y propagación de malezas antes de que se conviertan en un problema significativo para el cultivo. Entre las prácticas más destacadas se encuentran: Utilización de semillas certificadas y libres de impurezas. La utilización de semillas libres de contaminantes asegura que no se introduzcan nuevas especies de malezas en el campo. El uso de semilla certificada semilla

de modo significativo mitiga el riesgo de introducir malezas nuevas o agresivas al sistema de producción (Valverde & Díaz, 2018).

La prevención de malezas consiste en interrumpir su ciclo de multiplicación y diseminación para reducir su población. Para ello, es esencial conocer sus métodos de reproducción y dispersión, evitar la producción de semillas y realizar un monitoreo constante del campo. Entre las prácticas preventivas destacan el uso de semillas certificadas, la limpieza de herramientas, maquinaria y canales de riego, el control de animales de pastoreo, el mantenimiento de áreas libres de malezas y la rotación de cultivos y herbicidas (Chilian et al., s.f).

Preparación adecuada del suelo, las tareas de labranza y nivelación ayudan a erradicar las malezas existentes “Una preparación adecuada del terreno interrumpe los ciclos vitales de diversas especies de malezas y optimiza la eficacia de otras prácticas de control” (González et al., 2017).

“La rotación de cultivos interrumpe el ciclo vital de malezas específicas y reduce su prevalencia a largo plazo, la rotación de cultivos modifica el cultivo principal, lo que transforma el hábitat y disminuye la presión selectiva sobre las especies dominantes de malezas. (Restrepo & Mejía, 2019). La gestión del agua afecta la composición de la flora arvense, y su regulación puede ser una herramienta efectiva contra las malezas en arrozales (IRRI, 2015).

Si bien es cierto la rotación de cultivo es una alternativa sin embargo existen una serie de dificultades en la rotación de cultivos en las Tierras Bajas, asociadas a problemas de drenaje y compactación del suelo, la soja, el maíz y el sorgo son buenas alternativas para el manejo de malezas, especialmente en áreas con plantas resistentes a herbicidas. El rastreo de verano, si se utiliza, debe combinarse con sucesivas preparaciones del suelo para estimular la aparición de malas hierbas y permitir su control. (Cultivar, 2018).

7.7. Control biológico

Un agente de control biológico efectivo es la *azolla*, una planta de agua dulce que puede fijar el nitrógeno a través de su relación simbiótica con las algas verdeazuladas; se ha demostrado que suprime el crecimiento de arvenses hasta en un 80%, tanto en el arroz trasplantado como en el de semilla directa. Otros agentes de control biológico son el

hongo *Alternaria alternata* f.sp. *sphenocleae*, que causa la enfermedad foliar a *Sphenoclea zeylanica*; *Puccinia philippinensis* que causa la enfermedad de la hoja de confianza en las hojas de *Cyperus rotundus*; y el escarabajo negro, a saber, *Altica* sp., que se alimenta de follajes de las especies de *ludwigia* (Van Driesche et al., 2007).

7.8. Control mecánico

En la preparación de suelo seco, la aradura se efectúa tras la germinación de las malezas y socas; se puede utilizar un arado para voltear el suelo y erradicar malezas, plagas y vegetación indeseada. El rastreo con gradas de 30" mediante dos pasadas cruzadas para desmenuzar adecuadamente los terrones. Al llevar a cabo la nivelación, se recomienda utilizar un sistema láser para lograr una mayor precisión. En la preparación del suelo con agua, se lleva a cabo mediante el uso de tractores fanguadores, lo que provoca la destrucción de la estructura del suelo en un perfil de 15 a 20 cm, esto cual impedirá la lixiviación del agua y permitirá un mejor control de las malezas. Simultáneamente, se lleva a cabo la nivelación con la asistencia de una barra de metal o madera situada detrás del tractor (Weedscience, 2022).

7.9. Resistencia

En la actualidad, existen 515 casos únicos (especie por sitio de acción) of malezas resistentes a herbicidas a nivel global, abarcando 267 especies (154 dicotiledóneas y 113 monocotiledóneas). Las malas hierbas han adquirido resistencia a 21 de los 31 sitios de acción de herbicidas conocidos, así como a 165 herbicidas distintos. Se han documentado malezas resistentes a herbicidas en 97 cultivos en 72 naciones. A nivel global, el cultivo de arroz exhibe 171 casos de malezas resistentes (Weedscience, 2022).

7.10. Control químico

Varios métodos de control de malezas, incluyendo el deshierbe manual y mecánico con azada o a mano, presentan limitaciones como el uso intensivo de mano de obra, la escasez de trabajadores y la dificultad para distinguir entre malezas y cultivos; esto frecuentemente resulta tedioso, complicado, menos eficaz, impráctico y costoso. A pesar de las preocupaciones, como el desplazamiento de malezas, la escasa disponibilidad de nuevos herbicidas de amplio espectro, el desarrollo de resistencia a los herbicidas en las malezas y las compensaciones ambientales, el control químico de malezas continúa

siendo esencial para su gestión. La aplicación prudente de herbicidas con dosis y métodos adecuados debe implementarse de manera habitual para optimizar la eficacia en el control de malezas (Rao et al., 2007).

La mayoría de las semillas de malezas permanecen en la capa superior del suelo de 2 a 3 cm y cualquier aplicación de herbicida de preemergencia (PRE) brinda un control satisfactorio de malezas para el cultivo emergente. Además, se han desarrollado muchos herbicidas que controlan eficazmente varias malezas nocivas en el arroz. Los herbicidas PRE importantes son pendimetalina, oxadiazón, oxadiargilo, pretilaclor, etc., mientras que bispiribac-sodio, penoxsulam, fenoxaprop, azimsulfurón, 2,4-D, metsulfurón-metilo, etc. son herbicidas de postemergencia (POST). La aplicación secuencial de POST temprana (10-12 DAS) y POST tardía (25-30 DAS). La pendimetalina o el pretilaclor como aplicación PRE y POST temprana de oxadiargilo, análogos o tiobencarb seguido de POST 2,4-D ofrecen un control efectivo de la mayoría de las malezas (Chauhan, 2012).

Los herbicidas POST de nueva generación basados en inhibidores de la acetolactato sintasa (ALS), inhibidores de la acetil CoA carboxilasa e inhibidores de la protoporfirinógeno oxidasa (protox) ofrecen un lapso de 7 a 25 DAS. También se pueden elegir mezclas de herbicidas como pirazasulfurón más bispiribac-sodio, dependiendo de la prevalencia de la flora de las especies de malezas en el área. Una mezcla lista de clorimurón-metilo y metsulfurón-metilo sigue siendo efectiva tanto para malezas gramíneas como de hoja ancha. Del mismo modo, el pirazosulfurón seguido de fenoxaprop y metsulfurón más clorimurón es muy efectivo contra *C. rotundus*. (Chauhan, 2012).

Tabla 3

Clasificación de herbicidas de acuerdo con el grupo químico.

Grupo Químico	Nombre Químico Común
Ácidos piridina carboxílicos	Picloram, triclopyr, fluroxypyr – metil
Amidas y cloroacetamidas	Alaclor, butaclor, pretilaclor, propanil
Ariloxifenoxi-propionatos	Cyhalofop-butil, fluazifop-butil, haloxifop-metil
Arilpicolinatos	Florpyrauxifen-benzyl
Arsenicales	MSMA, DSMA

Grupo Químico	Nombre Químico Común
Benzoicos	Amiben, chlorambem, dicamba
Benzotiadiazoles	Bentazon
Bipiridilos	Diquat, paraquat
Carbamatos	Asulam
Ciclohexanedionas	Cletodim, setoxidim
Difenileteres	Oxifluorfen
Dinitroanilias	Pendimentalina, trifluralina
Fenilcarbamatos	Desmedifam, fanmedifam
Fenoxi carboxílicos	2, 4-D, MCPA
Fluroalquitriazinas	Indaziflam
Fosfonoaminoácidos	Glifosato, glufosinato
Imidazolinas	Imazapic, imazapir, imazetaphyr
Isoxasoles	Exosaflutole
N-fenilftalimidas	Flumioxazin
Nitrilos	Bromoxinil, ioxinil
Oxiacetamidas	Flufenacet
Piridazinonas (oxadiazoles)	Amicarbazona, clomazone, norflurazon, oxadiazon, pirazon
Pirimidinil tiobenzoatos	Bispyribac sodium
Quinolin carboxílicos	Quinclorac
Sulfonilúreas	Bensulfuron-metil, flazasulfuron, halosulfuron-metil, metsulfuron-metil, pyrazosulfuron-etil
Tiocarbamatos	Molinate, tiobencarb, vernolate
Triazinas	Ametrina, atrazina, simazina, terbutrina, terbutilazina
Triazolopirimidinas	Cloransulam, diclosulam, flumetsulam, metosulam
Uracilos	Bromacil, terbacil
Úreas sustituidas	Diuron, fluometuron, linuron, tebutiuron

Nota: Tomado de clasificación de los herbicidas según su grupo químico, por Helfgott (2018).

Diversos insumos se emplean según el tipo de maleza que afecta el cultivo. En 2019, los herbicidas Butaclor y Pendimetalina fueron los más utilizados para el control de gramíneas y malezas de hoja ancha. La Pendimetalina es un herbicida selectivo y sistémico recomendado para el control de malezas en arroz, reportado por uno de cada cuatro productores. De manera similar, en 2014 estos dos productos también fueron los más predominantes en el manejo de malezas; sin embargo, la diversidad de insumos utilizados en ese año fue menor en comparación con 2019 (Tabla 4). Ambos herbicidas son de acción preemergente, lo que significa que actúan inhibiendo la germinación de las malezas (Marin et al., 2021).

Butaclor regula la aparición de gramíneas, ciperáceas y ciertas malezas de hoja ancha. Pendimetalina es ampliamente utilizado por los agricultores y regula la aparición de malezas de hoja estrecha, como gramíneas (moco de pavo, paja de patillo and paja de burro, entre otras). Para el control de malezas en postemergencia; es decir, malezas ya emergidas como gramíneas o pajas, se emplean herbicidas como Propanil, Cinchar, Aura+Dash, Bispiribac-sodio y Loyant. Para el control de malezas de hoja ancha en postemergencia, se emplean Amina y Tordon. Este último no se recomienda para el cultivo de arroz, ya que se use comúnmente para el control de malezas de hoja ancha in pastizales (Marin et al., 2021).

Tabla 4

Insumos utilizados para controlar malezas.

Productos	Proporción productores 2014 (%)	Proporción productores 2019 (%)	Ingrediente activo (g)	Categoría de toxicidad*
Aura + Dash	14	12	Profoxidim g/l (200)	IV - Cuidado
Butaclor	21	36	Butaclor g/l (600)	IV - Cuidado
Grammya	0	9	Bispiribac-sodio g/l (400)	IV - Cuidado
Propanil	7	10	2,4-diclorofenoxi g/l (480)	III - Ligeramente Peligroso
Pendimetalina	28	32	Dinitroanilina g/l (400)	III - Ligeramente Peligroso

StamOne	0	6	Dicloro propionanilida g/l (456) + Clomazona g/l (114)	III - Ligeramente Peligroso
Machete	0	5	Butaclor g/l (589)	IV - Cuidado
Loyant	0	3	Florpirauxifeno- bencilo g/l (25)	III - Ligeramente Peligroso
Clincher	29	6	Cyhalofop-butyl p/v (180)	IV - Cuidado
Bispiribac	20	2	Bispiribac-sodio g/l (1.000)	IV - Cuidado
Amina	17	7	2,4-dichlorofenoxi g/l (720)	II - Moderadamente peligroso
Tordon	12	5	Piroclam g/l (64) 2,4-dicloro- fenoxi g/l (240)	III - Ligeramente Peligroso
Pyrazosulfuron	14	0	Pirazosulfuron g/kg (100)	III - Ligeramente Peligroso
Metsulfuron metilo	10	0	Metsulfuron-metil g/kg (600)	III - Ligeramente Peligroso
Otros	27	57		

Nota: La toxicidad es definida como la “capacidad de una sustancia de generar daños en un ser vivo” (OMS, 2009).

7.11. Conclusiones

- Las malezas son un factor limitante mayor en arroz: si no se controlan durante el periodo crítico ($\approx 0-41$ días después de siembra) pueden causar pérdidas del 15%

al 100%, además de hospedar plagas y patógenos; por ello, el deshierbe/ control oportuno es determinante para preservar rendimiento y calidad.

- El manejo integrado de malezas (prevención, monitoreo y controles cultural, biológico, mecánico y químico) es la estrategia más eficaz y sostenible: usar semilla certificada y equipos limpios, ajustar lámina de agua y rotar cultivos cuando sea viable, complementar con azolla y buenas prácticas de preparación y nivelación del suelo, adaptando las tácticas a la ecología y a la flora local (p. ej., *Echinochloa*, *Cyperus*, *Oryza* en Ecuador).
- Dado el avance global de la resistencia a herbicidas, el control químico debe ser prudente y rotar sitios de acción, combinando preemergentes (p. ej., pendimetalina, pretilaclor, oxadiazón/oxadiargil) con posemergentes selectivos (bispiribac-sodio, penoxsulam, fenoxaprop, 2,4-D, metsulfurón o mezclas) según el espectro de malezas y el momento; integrar estas decisiones con monitoreo continuo y registros técnicos sostiene altos rendimientos, reduce costos y minimiza riesgos ambientales.

7.12. Bibliografía

- Martínez, J. L., Rodríguez, A. M., & Gómez, P. F. (2020). Manejo integrado de malezas en sistemas arroceros. Editorial AgroCiencia.
- Getting Rid of Weed – GROW. (s. f.). ¿Qué es el manejo integrado de malezas (MIM)? Maleza en foco. de: <https://www.malezaenfoco.com/que-es-mim/>
- Huertas, O. (2022). Manejo Integrado de Arvenses en Naranja y Algodón, Alternativas a la Resistencia Química Integrated Weed Management in Orange and Cotton, Alternatives to Chemical Resistance. 10.13140/RG.2.2.18631.68003.
- Shekhawat, K., Rathore, SS, y Chauhan, BS (2020). Manejo de malezas en arroz de siembra directa en seco: Una revisión de los desafíos y oportunidades para la producción sostenible de arroz. *Agronomía*, 10 (9), 1264. <https://doi.org/10.3390/agronomy1009126>
- Rao, A.; Johnson, D.; Sivaprasad, B.; Ladha, J.; Mortimer, A. Manejo de malezas en arroz de siembra directa. *Adv. Agron.* 2007 , 93 , 153–255
- FAO. (2016). Manejo integrado de malezas. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org>
- González, M. A., Pérez, R. L., & Salazar, H. (2017). Manejo agroecológico de malezas en arroz. Editorial Universidad Nacional.

- IRRI. (2015). Weed management in rice. International Rice Research Institute.
<https://www.irri.org>
- Restrepo, H., & Mejía, J. A. (2019). Buenas prácticas agrícolas para el cultivo de arroz en zonas tropicales. Fondo Latinoamericano de Arroz de Riego (FLAR).
- Valverde, B. E., & Díaz, J. R. (2018). Estrategias preventivas para el control de malezas en sistemas arroceros. *Revista Agronomía Tropical*, 68(2), 101–110.
- Cultivar. (2018). Control planificado de malezas en arroz. <https://revistacultivar-es.com/articulos/control-planificado-de-malezas-en-arroz>
- Chilian, J., Parada, J., Saavedra, J. (s.f). Control de malezas. Producción de Arroz: Buenas Prácticas Agrícolas (BPA).
<https://biblioteca.inia.cl/server/api/core/bitstreams/32c67da1-07b7-4f87-aeab-7847b6723966/content>.
- Van Driesche, R. Hoddle, M. & Center T. (2007). Control Plagas y Malezas por Enemigos Naturales. Washington: US Department of Agriculture (USDA).
- Rao, A.; Johnson, D.; Sivaprasad, B.; Ladha, J.; Mortimer, A. (2007). Manejo de malezas en arroz de siembra directa. *Adv. Agron*, 93 , 153–255.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0065211306930041>
- Chauhan, BS; Opeña, JL. (2012). Crecimiento de coquillo morado (*Cyperus rotundus*) en respuesta a la interferencia con arroz de siembra directa. *Weed Technol* , 26 , 506–509.
<https://www.cambridge.org/core/journals/weed-technology/article/abs/growth-of-purple-nutsedge-cyperus-rotundus-in-response-to-interference-with-directseeded-rice/CCD10E0E6D84F88E5F4D9A13F7845EC1>
- Weedscience. (2022). International herbicide resistant weed database.
<https://weedscience.com/Home.aspx>
- Helfgott, S. (2018). Control de Malezas. Fondo Editorial de la UNALM.
- Marín D; Urioste S; Celi R; Castro M; Pérez P; Aguilar D; Labarta R; Andrade R. (2021). Caracterización del sector arrocerero en Ecuador 2014-2019: ¿Está cambiando el manejo del cultivo? Publicación CIAT No. 511. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT); Fondo Latinoamericano para Arroz de Riego (FLAR); Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) de Ecuador; Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) de Ecuador. Cali, Colombia. 58 p.

Capítulo VIII. Manejo Integrado de Plagas

Cristina Evangelina Maldonado Camposano

Universidad Técnica de Babahoyo

<https://orcid.org/0000-0002-1202-3184>

Emma Lombeida García

Universidad Técnica de Babahoyo

<https://orcid.org/0000-0002-2798-9045>

8.1. Resumen

El control de plagas es un desafío central de la agricultura moderna por su impacto directo en rendimiento, calidad e ingresos. El Manejo Integrado de Plagas (MIPE) propone una estrategia sostenible que combina tácticas culturales, biológicas, físicas y químicas, priorizando la prevención, el monitoreo y la intervención solo cuando la infestación supera umbrales económicos. Bajo principios ecológicos y económicos, el MIPE reduce la dependencia de plaguicidas, favorece la acción de enemigos naturales y armoniza prácticas como rotación de cultivos, uso de semilla certificada, variedades resistentes, nutrición balanceada, manejo racional del agua, densidades de siembra adecuadas y saneamiento de residuos y equipos. En arroz, las enfermedades o alteraciones causadas por hongos, bacterias, virus y nematodos pueden afectar raíces, tallos, hojas y granos, y su severidad depende de la susceptibilidad varietal, el clima y el manejo. Destacan el tizón de la hoja (*Pyricularia oryzae*), favorecido por alta humedad y exceso de nitrógeno; el manchado de grano (complejo fúngico-bacteriano) que deprecia el valor industrial; la pudrición del tallo (*Sclerotium*, *Fusarium*, *Rhizoctonia*) asociada a drenaje deficiente y rastrojos infectados; la pudrición de la vaina (*Sarocladium oryzae*), que puede impedir la emergencia de la panoja; y el tizón de la vaina (*Rhizoctonia solani*), uno de los problemas más destructivos en sistemas intensivos. Su manejo integra semillas sanas, densidades moderadas, balance N–K, control de lámina y, de ser necesario, fungicidas sintéticos en momentos críticos. Entre las plagas clave se incluyen la sogata (*Tagosodes orizicolus*), vector del virus de la hoja blanca; la mosca minadora (*Hydrellia* spp.), relevante en primeras etapas; el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*); la chinche negra (*Tibraca limbativentris*) y la chinche vaneadora (*Oebalus insularis*), que afectan tallos y panículas; el ácaro blanco (*Steneotarsonemus spinki*), frecuentemente asociado a patógenos; y el caracol manzana (*Pomacea* spp.). Su control se basa en prevención cultural, monitoreo continuo, empleo de trampas y, solo cuando se superan umbrales, uso racional de insecticidas. Así, el MIPE protege la productividad, la rentabilidad y la sostenibilidad del sistema arrocero.

8.2. Introducción

Controlar las plagas representa uno de los retos más significativos en la producción agrícola contemporánea, ya que afecta directamente tanto la cantidad como la calidad de las cosechas y también el beneficio económico del agricultor (FAO, 2020). Si no se implementan estrategias de control eficaces, las pérdidas causadas por bacterias,

nematodos, virus, hongos, ácaros e insectos pueden sobrepasar el 30% del rendimiento total. En este escenario, el Manejo Integrado de Plagas (MIPE) se presenta como una perspectiva sostenible que mezcla técnicas culturales, biológicas, químicas y físicas para reducir los daños de forma eficaz y respetuosa con el medio ambiente (Kogan, 1998).

El MIP se fundamenta en principios económicos y ecológicos que tienen como objetivo disminuir el uso de pesticidas químicos, fomentando la armonía natural entre las plagas y sus antagonistas naturales. Según Dent (2000), la rotación de cultivos, selección de las semillas, la elección de variedades resistentes y una nutrición adecuada del suelo son algunas de las tácticas preventivas que se enfocan en generar condiciones adversas para el crecimiento de agentes perjudiciales. Sin embargo, la vigilancia continua y la detección precoz de plagas y enfermedades posibilitan que las medidas de control se implementen solo cuando los niveles de infestación exceden los límites económicos, lo cual mejora el uso de recursos y disminuye la contaminación al medio ambiente.

El manejo integrado de plagas se distingue por la incorporación de diversos métodos de control. El control biológico, que consiste en emplear enemigos naturales, aplicar plaguicidas de manera selectiva y poner en práctica prácticas culturales apropiadas, posibilita mantener la población de plagas por debajo de niveles perjudiciales sin impactar negativamente la calidad del ecosistema agrícola o la biodiversidad (Altieri, 1994). Para asegurar que estas estrategias se lleven a cabo de manera correcta y eficaz en las tierras de cultivo, la formación y educación de los agricultores es un elemento esencial.

El buen manejo de los cultivos no solo tiene como objetivo mejorar la productividad en la agricultura, sino también garantizar que a largo plazo el sistema agropecuario sea sostenible. Este enfoque ayuda a una agricultura más resiliente frente a las transformaciones climáticas, la presión de plagas emergentes y las demandas de mercados que aprecian productos más ecológicos y seguros al fusionar saberes científicos con prácticas tradicionales (Pimentel, 2005). Por estas razones, el manejo integrado es un instrumento fundamental para preservar los recursos naturales y garantizar la seguridad alimentaria.

8.3. Enfermedades en el cultivo de arroz

Las enfermedades en el cultivo de arroz son alteraciones o daños que los organismos patógenos-bacterias, hongos, virus y nematodos causan. Estos organismos impactan negativamente en la producción, crecimiento y desarrollo del cultivo (Agrios, 2005). Estos agentes patológicos tienen la capacidad de invadir distintas partes de la planta: raíces, tallos, hojas y granos. Esto puede dar lugar a síntomas evidentes como pudriciones, manchas, marchitez o deformaciones. La gravedad de la enfermedad está determinada por aspectos como la susceptibilidad del tipo, el clima, la gestión agronómica y la existencia de inóculo inicial del patógeno. Por ello, es esencial identificarla a tiempo y monitorearla de manera continua para poder controlarla.

Las enfermedades son un factor limitante de la productividad del arroz, lo que provoca una disminución considerable tanto en el rendimiento como en la calidad del grano (Savary et al., 2019). El tizón de la hoja, el enrollamiento del grano y la mancha bacteriana son algunas de las enfermedades más frecuentes, cada una con sus propios síntomas y ciclos de desarrollo. Entender la definición y los mecanismos de estas afecciones posibilita el diseño de estrategias integradas, que unan prácticas químicas, biológicas y culturales para disminuir el efecto de los patógenos e impulsar un cultivo más saludable y rentable.

Cuando siembran nuevas variedades de arroz, es fundamental que hagan un control apropiado de las enfermedades, tanto en el campo como en los semilleros. Preservar la salud de las plantas a lo largo de todo el ciclo posibilita que las variedades exhiban su auténtico potencial en términos de calidad y rendimiento. Incluso las variedades mejoradas pueden tener una producción baja si no se controlan las enfermedades, esto podría darse que la semilla se está adaptando a esa localidad. Por tanto, se aconseja supervisar los cultivos de manera continua, detectar a tiempo síntomas de enfermedades y tomar las medidas de manejo necesarias en el momento oportuno.

Un manejo responsable de las enfermedades contribuye a salvaguardar la inversión y aumentar la rentabilidad de la cosecha. Esto abarca la utilización de semillas certificadas, el control de malezas, la rotación de cultivos, la limpieza de los instrumentos, la administración apropiada del sistema de riego y, si se requiere, el uso racional de productos fitosanitarios. Los agricultores, al seguir estos métodos, no solo garantizan que sus cultivos de nuevas variedades se desarrollen sanos, sino que además ayudan a

disminuir la difusión de patógenos, lo cual les permite tener campos más productivos y sostenibles en el largo plazo.

8.4. Principales enfermedades presentes en el cultivo de arroz

Tizón de la hoja (*Pyricularia oryzae*)

El tizón de la hoja, que es provocado por el hongo *Pyricularia oryzae*, se considera una de las enfermedades más devastadoras del arroz en todo el mundo. Se distingue por generar daños en las hojas con forma de rombo y color marrón grisáceo, lo que limita la fotosíntesis y disminuye significativamente el rendimiento cuando la infección es grave. Los síntomas se desarrollan mejor en condiciones de temperatura entre 25 y 28 °C y alta humedad relativa, particularmente en sistemas de cultivo que tienen una densidad de siembra elevada y un exceso de fertilización con nitrógeno (Heros, 2012).

El tizón de la hoja es frecuente en regiones arroceras del país durante períodos de lluvias extensas. Los productores lo identifican sin dificultad debido a que las hojas "se manchan y se secan" prematuramente, lo que disminuye la producción de panículas. Para disminuir su efecto, es fundamental no sembrar con demasiada densidad, evita el exceso de la urea, de ser posible utilizar variedades resistentes. Se aconseja monitorear el cultivo desde la etapa del semillero, debido a que se presenta a los primeros brotes de la enfermedad y después se propagan al campo con mayor facilidad.

Manchado de grano (Complejo de hongos y bacterias)

El manchado de grano es una enfermedad causada por un complejo de patógenos, entre los más comunes *Fusarium spp.*, *Curvularia spp.*, *Bipolaris oryzae* y *Sarocladium oryzae*. Se manifiesta con decoloraciones marrones o negras en la superficie del grano, afectando su apariencia, calidad industrial y valor comercial (Figura 1). Esta enfermedad se ve favorecida por condiciones de alta humedad relativa, lluvias frecuentes durante la floración y maduración, así como por el uso de semillas contaminadas que actúan como fuente primaria de inóculo (Huaraca & Noriega, 2016).

En la práctica, el productor identifica el manchado de grano porque el arroz cosechado presenta granos manchados, lo que reduce el precio de venta y genera rechazo en los molinos. Este problema suele intensificarse en campos donde no se realiza una adecuada rotación de cultivos o cuando se siembran variedades susceptibles. Para reducir

su impacto, se recomienda utilizar semillas certificadas y tratadas, mantener un manejo equilibrado de la fertilización, evitar excesos de agua en la etapa de maduración y realizar cosechas oportunas para que el grano no permanezca expuesto en el campo bajo condiciones húmedas y ciertos casos que la enfermedad es agresiva se recomendó aplicar un fungicida Priory xtra (azoxistro y el ciproconazol) de 200 a 400 mL/ha y realizar una segunda aplicación con otro tipo de fungicida.



Figura 1. Manchado de grano.

Pudrición del tallo (principalmente *Sclerotium oryzae* y *Fusarium spp.*)

La pudrición del tallo es causada por varios patógenos, entre ellos *Sclerotium oryzae*, *Fusarium moniliforme* y *Rhizoctonia solani*. Esta enfermedad se caracteriza por producir lesiones marrones en los entrenudos del tallo, que se tornan acuosas y provocan el debilitamiento de la planta. En casos severos, el tallo se colapsa, interrumpiendo el transporte de agua y nutrientes hacia la panícula, lo que resulta en granos vanos o mal llenados. Su desarrollo se ve favorecido por suelos mal drenados, altas temperaturas y la acumulación de rastrojos infectados en el lote (Heros, 2012).

En condiciones de campo, la pudrición del tallo suele observarse cuando las plantas se debilitan o se secan antes de completar el llenado del grano, dejando espigas vacías o con poco peso. Esto afecta directamente el rendimiento final y preocupa mucho a los agricultores porque puede presentarse de manera repentina y generalizada. Para

prevenirla, es clave manejar adecuadamente el rastrojo mediante rotación de cultivos o incorporación controlada, evitar el encharcamiento prolongado, mantener un buen balance de nutrientes (especialmente potasio, que fortalece los tallos) y, si es necesario, aplicar fungicidas en los periodos críticos (UC ANR, 202).

Pudrición de las vainas (*Sarocladium oryzae*)

La pudrición de la vaina, causada por *Sarocladium oryzae*, es una enfermedad que afecta la hoja bandera y puede llegar a impedir la emergencia de la panoja, generando granos vanos y reduciendo significativamente el rendimiento. Sus síntomas más característicos son manchas alargadas y oscuras en la vaina foliar, acompañadas en ocasiones de un exudado anaranjado blanquecino. Esta enfermedad se ve favorecida por condiciones de alta humedad, densidades elevadas de siembra y exceso de nitrógeno, pudiendo causar pérdidas de entre 10 % y 85 % según el grado de infestación y las condiciones del ambiente (Bashyal et al., 2022; SENASA-SINAVIMO, 2023).

En el campo, el productor detecta esta enfermedad cuando observa que algunas panojas no emergen o aparecen acuestas, con granos vacíos o rojizos. Esto reduce directamente el rendimiento y la calidad del grano. Para manejarla, es clave usar semillas certificadas y libres de enfermedades, mantener densidades de siembra moderadas, y controlar la fertilización, evitando excesos de nitrógeno que favorecen el hongo. También debe retirar o compostar los residuos de cosecha ayuda a eliminar fuentes de inóculo. En situaciones de alta humedad durante el embuchamiento y florecimiento, el uso preventivo de fungicidas compatibles con el manejo integrado puede ser necesario, siempre bajo asesoría técnica (Yin et al., 2024).

Tizón de la vaina (*Rhizoctonia* spp),

El tizón de la vaina, que es ocasionado por el hongo *Rhizoctonia solani*, se considera una de las enfermedades más destructivas y relevantes del arroz porque tiene la capacidad de provocar descensos en el rendimiento de hasta el 50 % cuando las condiciones son propicias para su desarrollo (Yang et al., 2022). Se distingue por la aparición de manchas marrones en las vainas foliares que se propagan hacia el tallo y las hojas, lo que causa una disminución de la fotosíntesis, un debilitamiento de la planta y una reducción del llenado de grano. La alta humedad, la siembra densa y el uso excesivo

de nitrógeno contribuyen a que la enfermedad se manifieste, situaciones que son frecuentes en los sistemas arroceros intensivos (Chen, 2023).

Los agricultores identifican el tizón de la vaina cuando ven hojas que se inclinan o se vuelven amarillas cerca del agua. Frecuentemente, este fenómeno va acompañado de zonas blandas o manchas quísticas en la parte inferior de la planta. Esta afectación disminuye significativamente la cantidad de granos llenos en la panoja, lo que reduce el rendimiento. Para mitigar su efecto, es aconsejable mantener una lámina de agua controlada que no propicie una humedad excesiva, hacer un seguimiento continuo, sobre todo durante la fase de macollaje y encañazón; utilizar variedades tolerantes cuando estén a la mano; y aplicar fungicidas sistémicos en etapas cruciales como el inicio del encañonamiento, todo esto debe hacerse dentro de un enfoque integrado para controlar plagas y enfermedades (UC ANR, 2024).

8.5. Prácticas de manejo integrado de plagas en arroz

Para reducir las pérdidas causadas por insectos y enfermedades, es fundamental aplicar un conjunto de medidas preventivas y correctivas que se integran en el Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades (MIP) (Dhakal & Poudel, 2020). A continuación, se detallan las recomendaciones más importantes:

Control cultural

La estrategia fundamental del Manejo Integrado de Plagas (MIP) es el control cultural, que implica alterar intencionalmente el entorno agrícola para hacerlo menos propicio a la aparición y expansión de plagas. Esta práctica incluye desde la rotación de cultivos, el uso de variedades resistentes y la modificación de las fechas de siembra, hasta acciones sanitarias como deshacerse de los residuos y las malezas; esto promueve la protección natural del cultivo y reduce la dependencia en productos químicos de las cuales podemos recomendar las siguientes:

- **Manejo de residuos de cosecha:** Incorporar o retirar adecuadamente los restos del cultivo anterior ayuda a disminuir la población de insectos en estado inmaduro y a reducir los inóculos de hongos y bacterias que permanecen en el campo.

- **Rotación y descanso del lote:** Establecer un periodo de 30 a 35 días entre la cosecha y la nueva siembra en la misma parcela permite romper los ciclos biológicos de insectos y enfermedades.
- **Semilla certificada:** Usar semilla de calidad es una condición indispensable (“sine qua non”) para obtener altos rendimientos, evitando la introducción de plagas y enfermedades desde el inicio.
- **Nutrición balanceada:** La aplicación adecuada de nitrógeno, fósforo y potasio fortalece el cultivo, mejora la tolerancia a enfermedades y asegura un buen desarrollo de las plantas.
- **Monitoreo constante:** Revisar el cultivo de forma periódica permite detectar de manera temprana focos de plagas, evaluar la presencia de enemigos naturales y tomar decisiones oportunas.
- **Manejo del agua:** Mantener la lámina de agua en niveles adecuados evita condiciones excesivamente favorables para enfermedades y ayuda a controlar malezas.
- **Densidad de siembra óptima:** Sembrar con la distancia adecuada entre plantas favorece la aireación y reduce la humedad dentro del cultivo, disminuyendo la incidencia de fitopatógenos.
- **Control de malezas:** Las malezas actúan como hospederos de insectos plagas y enfermedades. Un control oportuno, tanto dentro del lote como en los linderos, reduce las fuentes de infestación.
- **Uso racional de agroquímicos:** Aplicar insecticidas únicamente cuando las poblaciones superen los umbrales de daño económico evita gastos innecesarios y protege a los enemigos naturales.
- **Aplicaciones preventivas de fungicidas:** En zonas y épocas de alta presión de enfermedades, se recomienda aplicar fungicidas de tipo contacto o protector para prevenir y reducir la incidencia de hongos fitopatógenos.

8.6. Plagas en el cultivo de arroz

Cigarrita del arroz (Sogata)

Conocida comúnmente como Sogata (*Tagosodes orizicolus* Muir; Orden: Homoptera, familia Delphacidae), es la principal plaga que afecta la producción en las plantaciones arroceras, con sus picaduras ocasiona daños a las plantas, además es el vector del Virus de la Hoja Blanca (RHBV por sus siglas en ingles).

En condiciones normales de campo menos del 2% de la población son vectores; sin embargo, cuando se presentan epidemias se alcanzan pérdidas del 12 a 25% y en algunos casos en particular, valores superiores. El virus RHBV no se transmite mecánicamente o por semilla, únicamente es transmitido por la sogata. (Dhakal & Poudel, 2020).

(Morales, 2020), afirma cuando el insecto ha adquirido el virus alimentándose sobre plantas enfermas, el período de incubación del insecto es de 15 a 20 días. También las madres infectadas transmitirán el virus a su progenie. Cuando el virus es adquirido maternalmente puede transmitirse inmediatamente después de la eclosión de la ninfa. La principal fuente de la enfermedad es la migración de sogata en un campo de arroz joven, y las progenies extienden el virus después. Dentro de las plantas de arroz el virus tiene como promedio un periodo de incubación entre los 7 a 14 días, periodo en que se observan los síntomas y no es posible su control. La transmisión del RHBV a la planta es causada por la plaga cuando se alimenta de las hojas de la planta enferma y después pica en plantas sanas (figura 2).



Figura 2. Adultos de Sogata alimentándose de las hojas del arroz.

González, et al. (2012), afirman que la Sogata es una de las principales plagas del arroz en América Tropical, provoca dos tipos de daños: directos, originado por la picadura del insecto al alimentarse de las hojas de la planta; o indirectos, causado por el Virus de la Hoja Blanca (VHB) inoculado por el insecto vector al alimentarse de las plantas (figura 3).



Figura 3. Daño causado por el VHB inoculado por insectos vectores.

Para su control se emplean principalmente dos métodos, el cultural, en el cual se considera la época adecuada para la siembra, nuevas variedades más resistentes o tolerantes, eliminación de residuos de cosechas mediante la quema y malezas, con el fin de evitar la reproducción del insecto; y el químico, el cual se utiliza si el umbral económico del daño supera el 30%, aplicaciones de diazinon en dosis de 0,50-0,75 l ha⁻¹ (Rodríguez et al., 2018).

Mosca minadora del arroz

(González & Castillo, 2011), reportan que la mosca minadora del arroz (*Hydrellia wirthi*, Korytkowski, orden: Díptera, familia: Ephydriidae) es una plaga muy dañina que ataca al cultivo en las primeras etapas de crecimiento. En los últimos años, la población de este insecto ha aumentado de forma constante, debido al manejo inadecuado de insecticidas y variaciones climáticas que han favorecido su desarrollo (figura 4).

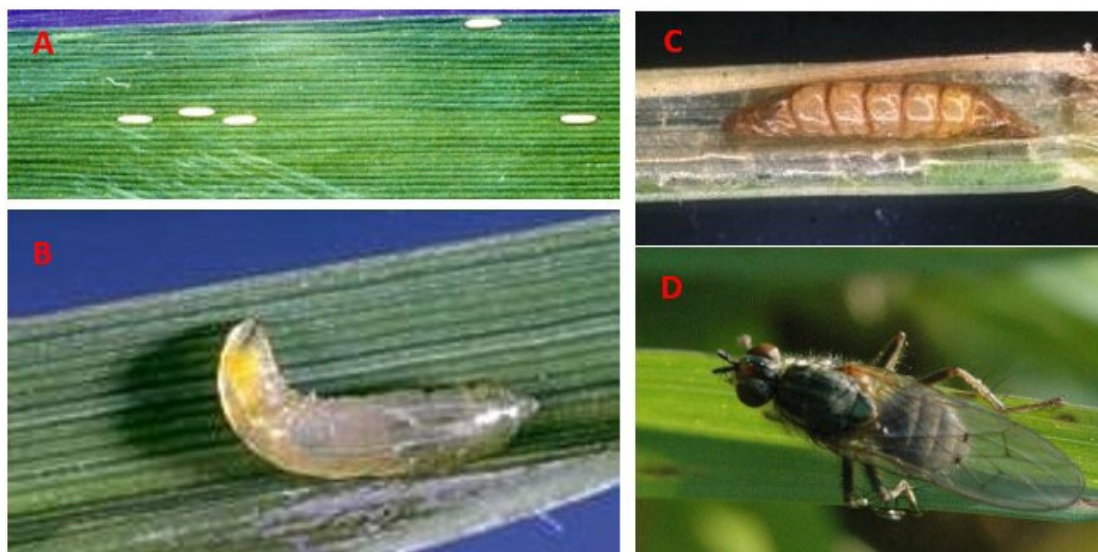


Figura 4. Presencia de *Hydrellia sp.*, sobre hojas de arroz A. Huevos. B. Larva. C. Pupa. D. Adulto.

(Celi & Quiroz, 2015), definen que, al transcurrir 30 días del crecimiento de la plantación de arroz, desde el inicio de su germinación, se debe realizar un monitoreo que indique el estado de la plantación, si se evidencian daños por despigmentación y torceduras en las puntas de las hojas, será un indicador de la presencia de la plaga (figura 5).



Figura 5. Ataque de la mosca minadora del arroz provoca la torcedura y la decoloración de la punta de la hoja.

El minador de la hoja, ha adquirido importancia económica en los últimos años, debido a la tendencia de aumentar la superficie de arroz bajo el sistema de riego y a la elevada humedad relativa, factor abiótico que ha favorecido el incremento de la plaga. El comportamiento del insecto se atribuye a la presencia de la lámina de agua acumulada en los terrenos producto del desnivel del suelo. Este antecedente, permite definir el status de *Hydrellia*, desde la perspectiva de la bioecología y comportamiento del insecto, relacionado con la arquitectura y velocidad de desarrollo varietal del cultivo (Zachrisson, 2010).

Gusano cogollero

(Martinez-Martinez et al 2015), indican que, aunque el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* J. E. Smith; Orden Lepidóptera, familia Noctuidae), es una plaga que ataca especialmente al cultivo del maíz, también causa daños considerables en plantaciones jóvenes de arroz. En la etapa inicial de desarrollo las larvas atacan principalmente las hojas. Al pasar a su segunda etapa o estadio, se manifiestan daños en el cogollo. Las etapas finales llegan a causar un impacto negativo cuando la temperatura del ambiente alcanza unos 30°C, las larvas se alimentan de nervaduras, tallos y hasta perforan la planta. En la figura 6 se observa el estado adulto y los daños ocasionados por larvas de *S. frugiperda*.



Figura 6. A. Gusano cogollero atacando una plantación joven de arroz. B. Adulto de *S. frugiperda*.

Para el control para *S. frugiperda* se realiza normalmente por medio de insecticidas cuando se encuentra en su estado de larva y cuando las plantas sean pequeñas, después de un mayor crecimiento se complica cuando la plaga se introduce en el interior de la planta de modo que no es afectado por el producto. En cuanto a los medios biológicos se recomienda colocar trampas de luz (9 por ha⁻¹) para atrapar insectos adultos e interrumpir su ciclo biológico. Para el control de larvas se realizan aspersiones foliares de la bacteria *Bacillus thuringiensis* en dosis de 2,5 g/litro cada 8 días, para lo cual se debe tener en cuenta la hora de aplicación y las condiciones ambientales, para lograr un control efectivo (Castillo, 2013).

Chinche negra

Según (Riffel et al, 2010), la chinche negra (*Tibraca limbativentris* Stal. Orden; Hemiptera; Familia: Pentatomidae) ataca principalmente en su mayor porcentaje a las plantaciones de arroz, la cual provoca heridas en el tallo y en varias zonas de la planta. (Menegaz et al. 2012), señalan que la plaga potencialmente incide en el cultivo del arroz, desde los países de América central hasta algunos países de América del Sur incluido Ecuador (figura 7).



Figura 7. Adultos de *T. limbativentris* atacando hojas y tallos del arroz.

Se alimentan al perforar los tallos de las plantas y causan en las plantas jóvenes la muerte de la yema apical, conocida como corazón muerto, también se alimentan de los granos lechosos que provocan el vaneado y manchado de granos. Los daños son provocados por la alimentación del insecto en sus estados de ninfa y adulto. El insecto sube por el tallo y debilita la planta. Al momento de su reproducción llega hasta la parte superior, donde sale la panícula, lo que provoca que el llenado de granos no sea eficiente en su totalidad, al quedar vacíos, lo que causa bajos rendimientos al momento de la cosecha (Pérez & Rodríguez, 2019).

(Quintela et al., 2013), afirman que el mayor riesgo fisiológico en el arroz ocurre en el máximo macollamiento y durante el embuchamiento del cultivo. En la etapa de ahijamiento, *T. limbativentris* succiona los macollos jóvenes ocasionando el daño llamado “corazón muerto” que provoca el marchitamiento de la hoja y retrasa su crecimiento. Por su parte, la plaga puede llegar a causar pérdidas económicas hasta del 80% en rendimiento del cultivo por daños debido a la perforación del tallo antes y después de la floración y en el desarrollo de la panícula al momento del llenado del grano.

Manejo: según, (Kruger, 2014) la plaga se controla usualmente mediante aplicaciones de insecticidas, lo cual se realiza cuando existe un previo monitoreo de 40 a 50 días, que indique si el daño provocado por el insecto sobrepasa el umbral económico de 30% de su valor, establecido en la población total, y si ocurre se realiza la aplicación del insecticida Diazinon en concentraciones de 0,50 a 0,75 l ha⁻¹.

Chinche vaneadora

(Vivas & Notz, 2009) argumentan que produce daños principalmente en la panícula, y son más específicos en el momento del llenado del grano, los cuales se encuentran suaves y en estado lechoso, lo que facilita que el insecto lo succione mediante el estilete que posee en su aparato bucal. Este daño es ocasionado directamente por el adulto cuando llega a esta etapa de madurez y necesita garantizar su alimentación la chinche vaneadora (*Oebalus insularis* Stal.) perteneciente al Orden: Hemiptera, familia Pentatomidae, ha llegado a convertirse en una plaga que ocasiona severos daños al cultivo del arroz, al generar pérdidas económicas de un 30 a 65% del valor total de la producción (figura 8).



Figura 8. Adultos de chinche vaneadora alimentándose de los granos de arroz en estado lechoso. Fuente: (Monzón, 2012).

Para el manejo se utilizan diferentes métodos, el cultural, que es muy práctico y fácil de realizar, consiste en eliminar residuos de cosechas y las arvenses donde se pueda hospedar el insecto, lo que provocaría que éste no disponga de lugares de reproducción, y por consiguiente influye en la disminución de su nivel poblacional; otra medida de control consiste en la colocación de trampas a base de fermentos para atrapar el insecto (figura 10). Se recomienda colocar entre 6 a 12 trampas por hectárea (Suquilanda, 2003).

Ácaro blanco

El ácaro blanco *Steneotarsonemus spinki* Smiley es una plaga de reciente aparición en el cultivo del arroz. En Ecuador se cita la incidencia del ácaro blanco en mayo del 2012 en plantaciones del sector de La Cuca, provincia de El Oro, y en sectores de El Triunfo, provincia del Guayas (Rodríguez et al., 2018). Su ciclo de vida se divide en cuatro etapas: huevo, larva, pupa o larva inactiva, imago o adulto.

Los daños pueden ser directos, debido a su alimentación e indirectos por la inyección de toxinas o la diseminación de organismos fitopatógenos. El ácaro produce un

cuadro sintomatológico complejo por su vinculación con el hongo *Sarocladium oryzae*. Se encuentra en el interior de las vainas de las hojas de arroz en poblaciones elevadas y provoca la pudrición de la vaina (Celi & Quiroz, 2015); además puede encontrarse en asociación con la bacteria *Burkholderia glumae*, conocida de forma vulgar como Añublo bacterial de la panícula del arroz (figura 9).



Figura 9. Sintomatología del daño que provoca el ácaro blanco en el cultivo del arroz.

Para su control la mayoría de los países donde se ha presentado la plaga recomiendan la implementación de un Manejo Integrado de Plagas (MIP), ya que, debido su establecimiento en la planta es casi invulnerable a los productos químicos y biológicos utilizados para su control. El MIP contempla medidas culturales, variedades resistentes o tolerantes y control biológico (Silva et al., 2023).

Caracol manzana

Las especies del género Pomacea (caracoles manzana) son moluscos gasterópodos de la familia Ampullariidae, que representan en su mayoría importantes plagas invasoras. Su biología y etiología la hacen muy peligrosa, no sólo por los daños que ocasiona en el cultivo del arroz, sino también, por el riesgo ambiental que supone para los hábitats naturales donde se instala. El caracol manzana (*Pomacea canaliculata* Lamarck, 1828), es una especie herbívora muy voraz que se alimenta de numerosas especies de plantas acuáticas de fácil digestión. Realiza las puestas fuera del agua, en masas compactas sobre superficies duras o vegetación acuática (figura 10). Los huevos son de color rosa-rojizo brillante y con el tiempo, adquieren un tono blanquecino. El tamaño de las puestas suele oscilar entre 300-800 huevos, aunque pueden llegar a superar los 2000. Los huevos

eclosionan a los 15 días y las crías presentan el mismo aspecto que el adulto, pero con un tamaño de unos pocos milímetros. En dos o tres meses alcanzan la madurez sexual y son capaces de reproducirse (Rodríguez et al., 2018).



Figura 10. Puesta de huevos del caracol Manzana. Obsérvese que realizan la ovoposición fuera del agua. A la izquierda en raíces de árboles a la derecha en plantas de arroz.

8.7. Conclusiones

- El Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades (MIPE) es imprescindible para reducir pérdidas (>30% sin control) y sostener la productividad, al combinar prevención, monitoreo y uso selectivo de medidas biológicas, culturales y químicas bajo criterios económicos y ecológicos.
- En arroz, la severidad de enfermedades (p. ej., Pyricularia, manchado de grano, pudriciones y tizones) y plagas clave (sogata, minador, cogollero, chinches, ácaro blanco, caracol manzana) depende de densidad, nutrición nitrogenada, humedad y manejo del rastrojo; su control efectivo exige semilla certificada, rotación, saneamiento, nutrición balanceada (N–K), manejo cuidadoso de la lámina y aplicaciones fitosanitarias solo cuando se superen umbrales.
- La capacitación del productor y la vigilancia continua son determinantes para decisiones oportunas y de bajo impacto ambiental; implementar MIPE mejora rendimiento, calidad industrial del grano y rentabilidad, a la vez que preserva la biodiversidad y la sostenibilidad del sistema arrocero.

8.8. Bibliografía

Agrios, G. N. (2005). Plant pathology (5th ed.). Academic Press.

- Altieri, M. A. (1994). Biodiversity and pest management in agroecosystems. Food Products Press.
- Bashyal, S., Poudel, D., & Gautam, B. (2022). A review on cultural practice as an effective pest management approach under integrated pest management. *Tropical Agroecosystems*, 3(1), 34–40. <https://doi.org/10.26480/taec.01.2022.34.40>
- Castillo Velez, A. (2013). Control biológico del gusano cogollero de maíz *Spodoptera frugiperda* (SMITH) con liberaciones de *Telenomus remus* Nixon el valle de Casanga Paltas. Universidad Nacional de Loja, 111. Obtenido de <https://dspace.unl.edu.ec/server/api/core/bitstreams/fd4d7d9d-ec9e-4909-b6e4-403947ecc6d2/content>
- Celi, R., & Quiroz, M. (2015). Añublo bacteria de la panícula, la enfermedad con mayor impacto en el cultivo de arroz. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias.
- Chen, J. (2023). Progress in rice sheath blight resistance research. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1141697. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1141697>
- Dent, D. (2000). Insect pest management. CABI Publishing.
- Dhakal, A., & Poudel, S. (2020). Integrated Pest Management (IPM) and its application in rice – a review. *Reviews in Food and Agriculture*, 1(2), 54–58.
- FAO. (2020). Integrated Pest Management. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/plant-health-2019>
- González, A., Labrín, N., Álvarez, R. M., Jayaro, Y., Gamboa, C., Reyes, E., & Barrientos, V. (2012). Mechanisms of *Oryza sativa* (Poaceae) resistance to *Tagosodes orizicolus*. *Revista*, 60(1), 105-117. Obtenido de <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v60n1/a07v60n1.pdf>
- González, T., & Castillo, P. (Diciembre de 2011). Biología de la “mosca minadora del arroz” *Hydrellia Wirthi* Korytkowski (DÍPTERA: EPHYDRIDAE) en Tumbes, Perú. *Agricultura Tropical*, 34, 89-97. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/548363516/Gonzalez-Castillo-Ciclo-de-Desarrollo-de-Hydrellia-Wirthi-Koryt>

- Heros Aguilar, E. C. (2012). Manejo integrado en el cultivo de arroz. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Huaraca, H., & Noriega, C. (2016). Guía para facilitar el aprendizaje en el manejo integrado del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.). INIAP.
- Kogan, M. (1998). Integrated pest management: Historical perspectives and contemporary developments. *Annual Review of Entomology*, 43(1), 243–270. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.43.1.243>
- Kruger, R. D. (2014). Control microbiano de la chinche del tallo del arroz, *Tibraca limbativentris* Stal. 1860 (Hemiptera: *Pentatomidae*) con hongos entomopatógenos. Universidad de Buenos Aires. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/144235318.pdf>
- Martinez-Martinez, L., Padilla-Cortes, E., Jarquín-López, R., Cisneros-Palacios, E., & Sánchez-García, J. (2015). Desempeño del gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: *Noctuidae*) alimentado con maíz e higuierilla. *Entomología Mexicana*(2), 397-403. Obtenido de <file:///F:/INVESTIGACION%20ARROZ%202024/LIBRO%20DE%20ARROZ%20INVEST/CAPITULO%20VIII%20MANEJO%20D%20EPLAGAS%20Y%20ENFERMEDADES/PAG%20%20397-403.pdf>
- Monzón, A. (2012). Manejo Integrado del Chinche de la espiga del arroz. Universidad Managua.
- Morales, F. J. (2010). Rice hoja blanca: a complex plant–virus–vector pathosystem. *International Centre for Tropical Agriculture*, AA 6713, 5(43). doi:10.1079/PAVSNNR20105043
- Ou, S. H. (1985). Rice diseases (2nd ed.). Commonwealth Mycological Institute.
- Patricia Menegaz De Farias, J. S. (2012). Tachinid Flies Associated with *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: *Florida Entomologist*, 95(1), 221-223. Obtenido de file:///C:/Users/Hp/Downloads/Tachinid_Flies_Associated_with_Tibraca_limbativent.pdf

- Pérez, H., & Rodríguez, I. (2019). Manejo integrado de los principales insectos-plaga que afectan El Cultivo de Arroz en Ecuador. (Vol. 9). Ecuador. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/339471379>
- Pimentel, D. (2005). Environmental and economic costs of the application of pesticides primarily in the United States. *Environment, Development and Sustainability*, 7(2), 229–252. <https://doi.org/10.1007/s10668-005-7314-2>
- Quintela, E., Moura, G., da Silva, R., Freitas, J., & da Silva, J. (2013). Enhanced susceptibility of *Tibraca limbativentris* (Heteroptera: *Pentatomidae*) to *Metarhizium anisopliae* with sublethal doses of chemical insecticides. Brasil: journal homepage: www.elsevier.com/locate/ybcon. Obtenido de <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/957742/1/Eliane1s2.0S1049964413000674main.pdf>
- Riffel Cinei, P. H. (2010). Primero Relato de Ocorrência de *Telenomus podisi* (Ashmead) e *Trissolcus urichi* (Crawford) (Hymenoptera: *Scelionidae*) como Parasitóides de Ovos do Percevejo-do-Colmo-do-Arroz, *Tibraca limbativentris* (Stål) (Hemiptera: *Pentatomidae*), em Santa Catarina. *SCIENTIFIC NOTE*, 39(3), 447-448. Obtenido de <http://www.scielo.br/j/ne/a/564hfj8kdxhwhsFCjxmFxtS/?format=pdf&lang=pt>
- Rodríguez, I., Pérez, H., & Socorro, A. (2018). Principales insectos plaga, invertebrados y vertebrados que atacan en el cultivo de arroz en Ecuador. *Científica Agroecosistemas*, 6(1), 95-107. Obtenido de <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/169/204>
- Savary, S., Willocquet, L., Pethybridge, S. J., Esker, P., McRoberts, N., & Nelson, A. (2019). The global burden of pathogens and pests on major food crops. *Nature Ecology & Evolution*, 3(3), 430–439. <https://doi.org/10.1038/s41559-018-0793-y>
- SENASA-SINAVIMO. (2023). *Sarocladium oryzae* – Pudrición de la vaina en arroz. Sistema Nacional Argentino de Vigilancia y Monitoreo de Plagas. <https://www.sinavimo.gob.ar/plaga/sarocladium-oryzae>
- Silva, A., et al. (2023). Genetic bases of resistance to the rice hoja blanca disease deciphered by a quantitative trait locus approach. *G3: Genes, Genomes, Genetics*. <https://doi.org/10.1093/g3journal/jkad223>.

- Suquilanda, M. B. (2003). Manejo integrado de plagas en el cultivo de arroz. Organización mundial de la salud.
- UC ANR – Statewide Integrated Pest Management Program. (2024, 1 julio). UC IPM Pest Management Guidelines: Rice (PMGRice.pdf). <https://ipm.ucanr.edu/pdf/pmg/pmgrice.pdf>
- UC ANR – Statewide IPM Program. (2022). Stem rot of rice. University of California, Agriculture & Natural Resources. Recuperado el 15 de octubre de 2025, de <https://ipm.ucanr.edu/agriculture/rice/stem-rot-of-rice/>
- Vivas, L., & Notz, A. (2009). Plan de muestreo secuencial de *Oebalus insularis* Stal (Hemiptera: Pentatomidae) en el cultivo de arroz en Calabozo estado Guárico, Venezuela. Dialnet, 9(4), 857-872. Obtenido de <file:///C:/Users/CPU/Downloads/Dialnet-PlanDeMuestreoSecuencialDeOebalusInsularisStalHemi-3394152.pdf>
- Yang, X., Li, Y., Wang, Y., Zhang, A., & Chen, H. (2022). Transcriptomic insights into rice response to *Rhizoctonia solani*, the causal agent of sheath blight. BMC Genomics, 23(1), 1–15. <https://doi.org/10.1186/s12864-022-08524-6>
- Yin, Z., et al. (2024). Regulatory balance between ear rot resistance and grain traits in cereals. Journal of Integrative Agriculture.
- Zachrisson, B. (2010). Bioecología, daños y muestreos de plagas en el cultivo de arroz. Instituto de Investigación de Panamá. Obtenido de <file:///C:/Users/Hp/Downloads/BioecologaDaosyMuestreosdePlagasenelCultivodelArroz-2010.pdf>

Capítulo IX. Cosecha y Pos-cosecha del cultivo de arroz

Fernando Javier Cobos Mora

Universidad Técnica de Babahoyo

<https://orcid.org/0000-0001-8462-9022>

Walter Oswaldo Reyes Borja

Universidad Técnica de Babahoyo

<https://orcid.org/0000-0002-1706-0793>

9.1. Resumen

El arroz es estratégico para la seguridad alimentaria y la economía de Ecuador, especialmente en Guayas, Los Ríos y Manabí, donde sistemas con trasplante manual o mecanizado, campos nivelados y manejo de lámina se combinan con cosecha de diversa capacidad. La variabilidad climática, la heterogeneidad de suelos y cuellos de botella en secado y transporte abren brechas entre el potencial y lo efectivamente comercializado, por lo que una guía que integre agronomía, cosecha y logística resulta clave. El rendimiento depende de panículas por metro cuadrado, espiguillas llenas y peso de grano, factores ligados al macollamiento efectivo, la eficiencia fotosintética en primordio floral, antesis y llenado, y un soporte nutricional balanceado en N, K, S y Zn. La semilla certificada y el establecimiento oportuno uniforman madurez y reducen pérdidas; mantener el cultivo libre de malezas en su ventana crítica asegura uso eficiente de agua, luz y nutrientes. El exceso de N cercano a floración favorece acame y “panza blanca”, elevando quebrado en molino; por ello, el fraccionamiento del nitrógeno y su balance con K y S son prácticas de alto impacto en rendimiento y calidad. Esta última se construye en campo y se preserva en cosecha y secado: cortar entre 20–24% de humedad minimiza fisuras, mientras que secados iniciales agresivos aumentan el quebrado. La cosecha mecanizada concentra pérdidas evitables si faltan ajustes finos en cabezal, trilla y limpieza; medir en campo y ajustar hasta $\leq 1-2\%$ es decisivo. La logística conecta el potencial con la industria: transportar en menos de 6–8 horas, en vehículos cubiertos y limpios, con trazabilidad básica y secado escalonado hasta 13–14%, sostiene la integridad del grano. Indicadores como pérdidas totales, impurezas, tiempo corte–secado y rendimiento de grano entero permiten corregir cuellos y convertir el potencial fisiológico en toneladas comercializables de alta calidad.

9.2. Introducción

El arroz es un cultivo estratégico para la seguridad alimentaria del Ecuador y un motor económico para miles de productores en la Costa, especialmente en Guayas, Los Ríos y Manabí. En estas zonas, el sistema productivo combina trasplante manual o mecanizado, manejo de lámina de agua en campos nivelados y cosecha de diferentes capacidades (USDA/FAS, 2025). Sin embargo, la variabilidad climática, la heterogeneidad de suelos y la disponibilidad irregular de servicios de secado y transporte generan brechas entre el rendimiento potencial y el rendimiento comercial que llega a la industria. Por ello, una guía enfocada en rendimiento, calidad de grano, cosecha

mecanizada y transporte busca integrar decisiones agronómicas con decisiones operativas y logísticas que, de forma conjunta, determinan la productividad real del sistema arrocerero (IRRI, 2022).

Desde el punto de vista agronómico, el rendimiento se explica por la arquitectura del cultivo (macollamiento efectivo y panículas por metro cuadrado), la eficiencia fotosintética en etapas críticas (primordio floral, antesis y llenado) y el soporte nutricional, con énfasis en nitrógeno, potasio, azufre y zinc. La adopción de semilla certificada y el establecimiento oportuno —por trasplante o siembra directa— permiten uniformar la madurez y reducir pérdidas (INIAP, 2022). A ello se suma el control oportuno de malezas durante la ventana crítica (emergencia–macollamiento), que asegura el uso eficiente de agua, luz y nutrientes. Un exceso de nitrógeno cercano a floración puede incrementar el acame y elevar la incidencia de panza blanca (opacidad del endospermo), lo que se traduce en mayor quebrado en molino; por tanto, el fraccionamiento de N y el balance con K y S son prácticas de alto impacto tanto para rendimiento como para calidad (Zhou et al., 2015).

La calidad de grano no es un atributo exclusivo de la postcosecha; se gesta desde el campo y se preserva en la cosecha y el secado. El rendimiento de grano entero, la proporción de granos tiza, la homogeneidad de tamaño y el contenido de humedad definen el valor industrial. Cosechar fuera de la ventana de humedad recomendada —generalmente entre 20–24 %— aumenta fisuras y pérdidas, mientras que secados iniciales muy agresivos elevan el quebrado (IRRI, 2022). De allí la importancia de coordinar fecha de corte con la disponibilidad de transporte y de capacidad de secado, evitando esperas prolongadas de granos húmedos en el campo o en patios sin cobertura (FAO, 2021).

La cosecha mecanizada es el punto donde más se concentran pérdidas evitables cuando faltan ajustes finos: velocidad de avance, altura de corte, relación de velocidad del molinete con respecto al avance, separación del cóncavo y caudal de aire en zarandas. Aun con un cultivo bien manejado, un cabezal mal regulado puede explicar la mayor parte de las pérdidas totales; por ello, se recomiendan mediciones de pérdidas y ajustes en sitio hasta niveles $\leq 1\text{--}2\%$ (IRRI, 2022).

Finalmente, el transporte conecta la agronomía con la industria. Una logística que garantice traslado limpio y rápido hacia el secador —idealmente en menos de 6–8 horas tras la cosecha—, con vehículos cubiertos, recipientes secos y trazabilidad básica (lote,

hora de corte, humedad al cargue y al arribo), es tan determinante como una buena fertilización para convertir potencial agronómico en toneladas comercializables de alta calidad, mejorando el ingreso del productor y la eficiencia de toda la cadena arrocerá (FAO, 2021).

9.3. Rendimiento

El rendimiento del arroz en condiciones de Ecuador depende de tres componentes principales: panículas por metro cuadrado, espiguillas llenas por panícula y peso de grano; estos factores multiplicativos explican la variación entre lotes y campañas (He et al., 2024; IRRI, 2001). En práctica, el productor maximiza el rendimiento económico promoviendo un macollamiento efectivo (180–250 macollos fértiles/m² según sistema), asegurando floración uniforme y protegiendo el llenado de grano con nutrición y agua oportunamente gestionadas (IRRI, 2022).

Establecimiento y densidad. La semilla certificada y el trasplante en ventana fisiológica (18–25 días) contribuyen a una población uniforme de macollos fértiles. En sistemas directos, la distribución homogénea de semillas y el control temprano de malezas evitan la pérdida de plantas y la competencia por luz y nutrientes (INIAP, 2022; IRRI, 2022). Una parte sustantiva de la brecha de rendimiento proviene de la interferencia de malezas en la ventana crítica; mantener el cultivo libre de malezas entre 21 y 43 días tras la siembra protege 90% del rendimiento potencial (Anwar et al., 2012), y en arroz húmedo/directo se reportan periodos críticos de 15–60 DAS y 20–40 DAT para trasplantado (Safdar et al., 2023).

Nutrición y acame. El nitrógeno fraccionado (arranque–macollamiento–primordio floral) incrementa panículas y número de espiguillas, pero el exceso cerca de floración eleva el acame y la fragilidad del grano, comprometiendo el rendimiento cosechado y la calidad industrial (Lu et al., 2025). El potasio estabiliza tallos y mejora el llenado; azufre y zinc son críticos para metabolismo y macollamiento. La deficiencia de zinc reduce el crecimiento, retrasa madurez y puede disminuir la producción de macollos (Wissuwa et al., 2006). Por ello, se recomienda balancear N–K–S–Zn con base en análisis de suelo y metas de rendimiento (UAEX, 2025).

Agua y oxigenación radicular. En arroz inundado, una lámina estable con secos controlados fuera de fases sensibles (primordio floral–floración) favorece raíces

funcionales y eficiencia del nitrógeno. En esquemas de humectación y secado alternos bien ejecutados se mantienen rendimientos con menor uso de agua e incluso, mejoras de productividad hídrica, siempre que no se impongan déficits en floración (Richards & Sander, 2014; Yao et al., 2012; IRRI, 2020).

Radiación y arquitectura de panícula. La relación entre número de panículas y tamaño de panícula depende del ambiente; con radiación limitada en época húmeda, panículas más grandes aportan estabilidad de rendimiento (Laza et al., 2004).

Buenas prácticas de alto impacto: (i) asegurar población objetivo de macollos fértiles; (ii) fraccionar N y ajustar la última aplicación según verdor y riesgo de acame; (iii) balancear K–S–Zn para sostener llenado; (iv) mantener el cultivo libre de malezas en la ventana crítica con preemergentes selectivos + postemergentes en tiempo; (v) gestión del agua con lámina somera y periodos secos controlados fuera de floración; y (vi) sincronizar floración y cosecha por bloques para uniformidad de madurez y menor pérdida. Integrando estos ajustes, el productor transforma el potencial fisiológico del cultivo en kilogramos comercializables con menor variabilidad entre lotes y campañas (FAO, 2013; IRRI, 2022).

9.4. Calidad de grano

En arroz, la calidad de grano se define por atributos físicos, químicos y de proceso que determinan precio y aceptación industrial: rendimiento de entero, tizamiento, blancura, relación longitud/anchura, amilosa y proteína, además de impurezas, densidad y humedad. Estos atributos se construyen en campo (genética, nutrición, agua y sanidad) y se preservan en cosecha, secado y almacenamiento. El grano con tiza es más frágil y se quiebra con mayor facilidad en la molienda, reduciendo rendimiento molinero y precio. (Zhao & Fitzgerald, 2013).

La genética impone un “techo” de calidad (forma/tamaño de grano, potencial de entero, amilosa), pero el manejo—en particular N fraccionado y balance con K y S, y disponibilidad de Zn—acerca o aleja al lote de ese techo. Excesos de N cerca de floración/llenado elevan opacidad del endospermo y quebrado; el fraccionamiento y el K estabilizan el llenado. La deficiencia de Zn reduce macollamiento y homogeneidad de madurez, complicando la cosecha en ventana estrecha de humedad. (Zhou et al., 2015).

En Ecuador, tesis de la UTB evidencian que líneas promisorias (L-17, L-38) y materiales comerciales (p. ej., SFL-11) difieren en amilosa y proteína, y que estas diferencias se reflejan en componentes de molienda (integral, masa blanca, arroccillo, polvillo), así como en blancura, densidad y humedad. Ello confirma que la selección varietal y un manejo nutricional y de cosecha adecuados modulan el rendimiento de entero y la calidad culinaria. (Castro, 2025; Franco, 2025; Macías, 2025).

La ventana de cosecha es crítica: se recomienda cortar entre 20–24% de humedad del grano. Cosechar por debajo de 18–19% incrementa fragilidad y quebrado; por encima de 24% encarece el secado y eleva riesgo de mohos. (IRRI, 2022). La cosecha puede concentrar la mayor parte de pérdidas y daños si no se regula bien. El cabezal (altura de corte, velocidad/adelanto del molinete) y el ajuste de rotor/cilindro–cóncavo–zarandas–aire deben iniciarse con parámetros de manual y afinarse en campo, midiendo pérdidas con bandejas hasta lograr $\leq 1\text{--}2\%$. (IRRI, 2022).

Tras el corte, el paddy debe ir al secado lo antes posible (ideal $< 6\text{--}8$ h) y evitar choques térmicos al inicio: temperaturas demasiado altas generan fisuras internas que se manifiestan luego como quebrado. También se debe impedir el rehumedecimiento (lluvia/condensación durante transporte). El secado escalonado hasta 13–14% permite almacenamiento seguro; para molienda, algunos molinos trabajan 12–13% según proceso. (FAO, 2021).

La prelimpieza antes del secado mejora eficiencia térmica y calidad final. En almacenamiento, el control de temperatura y la reducción de actividad biológica preservan atributos sensoriales e industriales. La trazabilidad (lote, hora de corte, humedad al cargue y arribo, tiempos hasta secado) ayuda a identificar cuellos de botella. (FAO, 2021).

Finalmente, la variabilidad climática condiciona la calidad: noches cálidas en llenado aumentan tiza y deterioran textura; lluvias en floración elevan esterilidad y heterogeneidad de madurez. Escalonar siembras, nivelar bien los lotes (lámina uniforme) y coordinar cosecha–transporte–secado reduce pérdidas y mejora rendimiento molinero. (Bautista et al., 2020).

9.5. Determinación de la madurez

En arroz, cosechar en la madurez óptima es clave para preservar la integridad del endospermo y maximizar el rendimiento de grano entero. La regla práctica internacional es cortar cuando la humedad del grano está entre 20–24%, rango en el que se minimizan fisuras internas y se evita el quebrado excesivo en el molino; por debajo de 18–19% el grano se vuelve frágil, y por encima de 24% aumentan los costos y riesgos de secado y deterioro microbiano. Estas recomendaciones están consolidadas por IRRI y FAO a partir de décadas de ensayos poscosecha.

Para decidir el momento, conviene combinar indicadores de campo con medición objetiva de humedad:

Indicadores de campo (no destructivos).

Coloración de panícula y vainas: 80–85% de las panojas con granos pajizos/dorados indica proximidad a la cosecha; los granos basales deben estar en masa dura y los apicales, en masa media–dura.

Prueba de trilla manual: al frotar la panícula, cuando se desprende el 50% de los granos está en su momento, el grano descascarado debe verse claro y duro, otro signo de que el endospermo se consolidó.

Días después de floración (DDF): como criterio operativo, varios estudios ubican la mejor calidad molinera hacia 30–35 DDF, reduciendo granos inmaduros y desgrane prematuro; no obstante, el microclima, la variedad y la época pueden desplazar esa ventana algunos días. Use DDF como apoyo, no como sustituto de la medición de humedad.

Medición objetiva de humedad (destructiva).

Higrómetro portátil (resistivo/capacitivo) en muestra compuesta: recolecte panículas de 5–10 puntos del lote (bordes y centro), trille suavemente, mezcle, y mida al menos 3 lecturas; reporte el promedio y su rango. Si el promedio está en 20–24%, programe la cosecha por bloques homogéneos en 24–48 h. IRRI define este rango como el más seguro para minimizar fisuras y pérdidas.

Enfoque de riesgo–calidad.

El contenido de humedad a la cosecha es el factor de producción más fuertemente asociado al grano entero junto con el manejo térmico en secado: cosechar fuera del 22–24% penaliza tanto rendimiento como enteros, aun si el cultivo estuvo bien manejado. Además, noches cálidas y exceso de N tardío pueden aumentar tizamiento y fragilidad, por lo que, ante pronósticos de calor/lluvia, conviene anticipar ligeramente el corte dentro del rango recomendado para evitar rehumedecimientos y desgrane.

9.6. Protocolo práctico para decidir el día de cosecha.

Monitoree el lote desde 15–20 DDF con inspección visual semanal y DDF en planilla. 2) Desde 25 DDF, mida humedad cada 48 h en muestras compuestas; cuando el promedio entre a 22–24%, pre-asigne maquinaria (combinar logística de transporte y secado). 3) Verifique coloración ($\geq 80\%$ pajiza) y masa dura en granos basales; confirme con prueba de trilla manual. 4) Si el lote es heterogéneo (variación >3 p.p. de humedad entre sub-áreas), coseche en dos tandas para proteger el grano entero. 5) Registre hora de corte, humedad y temperatura del grano (si dispone de termómetro de varilla) para retroalimentar calendarios siguientes.

Nota sobre tecnologías emergentes.

Métodos no destructivos (visión por computadora/drones para color de panícula) y el uso de índices ópticos (SPAD/relación clorofila) se estudian como apoyo a la decisión, pero hoy complementan, no sustituyen, la medición directa de humedad a nivel de campo.

9.7. Cosecha mecanizada

La cosecha mecanizada con combinadas integra en una sola pasada el corte, la alimentación del material, la trilla/separación y la limpieza/descarga del grano. En arroz, su principal ventaja es reducir pérdidas y tiempos en la etapa más crítica de la cadena poscosecha, siempre que la operación se realice dentro de la ventana de humedad recomendada (20–24%) (Figura 1) y con ajustes finos de cabezal, trilla y limpieza. Cosechar por debajo de 18–19% eleva la fragilidad del endospermo y, con ello, el quebrado en molino; hacerlo por encima de 24% encarece el secado y aumenta el riesgo de deterioro por hongos y calentamiento. Estos principios están estandarizados en guías de IRRI y compendios FAO (FAO, 2013).



Figura 1. Cosecha mecanizada de arroz.

En el cabezal, dos parámetros dominan las pérdidas: altura de corte y molinete (reel). La barra debe ir lo más baja posible sin arrastrar suelo; cortes altos dejan espigas con granos rezagados y afectan el flujo uniforme. El reel index (relación de velocidad tangencial del molinete respecto a la velocidad de avance) debe iniciarse en $1,1-1,3\times$ y ajustarse en campo. Si el molinete va lento, empuja y derriba panojas; si va rápido, golpea y ocasiona desgranado adelantado antes del sinfín, elevando pérdidas en el frente. Ensayos de Bawatharani et al. (2013) muestran que el reel index y el adelanto del molinete inciden significativamente en pérdidas del cabezal; por ello, se recomienda ajustar ambos junto con la altura de los dientes y el ángulo del reel para que las panojas entren suavemente al alimentador.

La trilla y separación buscan un desgrane completo con mínimo daño. Se inicia con los valores del manual y luego se reduce RPM y se abre el cóncavo hasta observar el umbral de granos sin trillar; a partir de allí, se ajusta fino para eliminar granos en pajote sin pasar al punto de partir el grano. En limpieza, el ventilador y las zarandas deben expulsar paja e impurezas sin soplar arroz: si aparece grano en el retorno o descarte, bajar aire o cerrar zaranda; si sube la basura en el depósito, aumentar aire o abrir zaranda. Los manuales de IRRI/PhilMech recomiendan medir pérdidas con bandejas detrás del sacudidor/cola y frente al cabezal, y documentar ajustes hasta lograr $\leq 1-2\%$ de pérdidas totales en campo .

La velocidad de avance debe sostener un flujo continuo sin sobrecargar el alimentador. Avances excesivos saturan el sistema y elevan pérdidas en cabezal y

limpieza; muy lentos reducen productividad y pueden aumentar el daño por múltiples golpes. Estudios recientes que modelan velocidad de combinadas destacan rangos operativos 3,5–4,0 km/h para materiales de grano largo con buen porte, ajustando según altura, densidad, humedad y modelo de máquina (Ahamed et al., 2025). Mantener rastrojo uniforme, cabeceras limpias y drenaje reduce atascos, patinaje y contaminación con suelo, clave para conservar la calidad molinera.

El contexto agronómico condiciona la cosecha. Lotes bien nivelados con lámina y madurez homogénea facilitan cortar dentro de la ventana. Un N tardío excesivo nutre macollos muy verdes y panojas desuniformes; además, aumenta la tiza y la fragilidad del grano, predisponiendo a quebrado en molino, aun si la cosecha es mecánicamente correcta (Zhou et al., 2015). Por ello, la cosecha mecanizada debe colaborar con la planificación previa: bloques de madurez, logística de equipos y secuencias de corte según humedad y acceso al secado (FAO, 2013).

Condición del suelo y tren de rodaje. En arrozales con barro o suelos saturados, las combinadas con orugas o neumáticos de baja presión reducen compactación y atascos. Aleros de paja demasiado altos o lodazales profundos elevan el arrastre de material ajeno (lodo/paja), lo que sobrecarga el sistema de limpieza y aumenta la impureza en el depósito. En estos escenarios, conviene moderar la velocidad, aumentar ligeramente la altura de corte y revisar deflectores para que la paja no “inunde” el alimentador (FAO, 2013).

Seguridad y mantenimiento. Una parada no planificada cerca de floración/llenado puede costar puntos porcentuales de rendimiento si coincide con lluvias; por ello, la disciplina de mantenimiento diario es parte de la estrategia de pérdidas bajas: afilado de cuchillas, tensión de correas y cadenas, limpieza de zarandas y ciclones, y revisión de sellos para evitar incendios por polvo. El checklist de arranque de jornada debe incluir: presión de neumáticos u orugas, lubricación, RPM en vacío, sincronización de molinete, holgura de cóncavo, aire/zarandas y kit de medición de pérdidas listo (PhilRice, 2017).

Medición objetiva de pérdidas. Sin medición, el ajuste es “a ciegas”. El protocolo de campo ubica bandejas detrás del sacudidor (cola) y bajo el cabezal, detiene la máquina, recolecta material, separa grano de paja y cuantifica pérdidas como porcentaje del rendimiento esperado. Repetir tras cada ajuste (RPM, cóncavo, aire, reel) permite ver la

curva de respuesta y mantener el sistema en el óptimo bajo cambios de humedad o variedad.

Logística inmediata: corte → traslado → secado. La eficiencia de la cosecha se pierde si el paddy espera horas en el campo. Lo ideal es que el grano llegue al secador en <6–8 h tras el corte, en recipientes limpios y cubiertos, sin compactar en exceso (para evitar focos de calentamiento). En el secado, evitar choques térmicos en el primer tramo: temperaturas altas al inicio provocan fisuras internas invisibles que se traducen en mayor quebrado en la molienda. Se sugiere un secado escalonado hasta 13–14% para almacenamiento; si se muele de inmediato, algunos molinos trabajan 12–13% según su proceso (IRRI, 2021).

Indicadores de desempeño (KPI) y trazabilidad. Para gestionar por resultados, conviene registrar: (i) pérdidas totales en campo (objetivo $\leq 1\text{--}2\%$), (ii) % impurezas a la entrega, (iii) tiempo corte→secado, (iv) humedad a la salida del campo y al ingreso al secador, y (v) rendimiento de grano entero en molino. Estos KPI conectan cosecha con calidad molinera—si el quebrado sube, revisar ventana de humedad, ajustes y secado inicial. Los programas de mecanización en Asia reportan mejoras de competitividad por menor costo/tonelada y pérdidas más bajas cuando se adopta combinada + rutina de ajuste y métricas (PHilMech, 2024; PhilRice, 2017).

En síntesis, la cosecha mecanizada no es solo una máquina; es un sistema de decisiones que une agronomía, mecánica y logística. Operar en la ventana de humedad correcta, medir y ajustar con método, mantener la máquina a punto y coordinar traslado/secado convierte el potencial de campo en toneladas comercializables con alto rendimiento de grano entero y menor variabilidad entre lotes. En Ecuador, donde la oportunidad climática es determinante, la combinada bien regulada y una logística de secado oportuna son tan decisivas como la fertilización y la variedad para capturar valor en la poscosecha.

9.8. Transporte

El transporte es el eslabón que conecta la cosecha con el secado, el almacenamiento y, finalmente, la industria. Su objetivo es mover el paddy desde el lote hasta el punto de secado/recepción con el mínimo deterioro posible de humedad, temperatura y pureza. En arroz, los riesgos principales del traslado son: demoras que

prolongan el tiempo del grano húmedo, exposición a lluvia o sol directo, contaminación con tierra/paja, compactación excesiva que favorece bolsas de calentamiento, y derrame por estiba y cubrimiento deficientes. En conjunto, estos factores alimentan pérdidas cuantificables de peso y calidad molinera, que pueden medirse como diferencia entre lo cargado en campo y lo recibido en planta o secadora (FAO, 2021).

Ventana logística: tiempo y humedad

La calidad comienza en la ventana de cosecha: idealmente, cortar a 20–24% de humedad del grano para reducir fisuras y quebrado posterior. Una vez cortado, el paddy debe salir del campo y llegar al secado en < 6–8 horas; más tiempo, especialmente con temperatura ambiente altas, acelera respiración, proliferación microbiana y olor (FAO, 2013). A la recepción, lo deseable es secar de forma gradual hasta 13–14% para almacenamiento seguro (12–13% si se muele de inmediato). Además, desde el punto de vista comercial, muchos mercados valoran el arroz a 13% de humedad, por lo que el manejo de merma por humedad durante traslado–secado incide directamente en rendimiento económico.

Preparación del grano y del equipo antes de moverlo

Mover paddy sucio incrementa costos y riesgos; por ello, conviene realizar prelimpieza (tamizado/aventado) en la finca o en la recepción para retirar paja, piedras y polvo antes del secado. En paralelo, la unidad de transporte (carreta, camión, tolva) debe estar seca, limpia y sin residuos químicos (fertilizantes, agroquímicos), con superficies lisas que minimicen la adherencia de granza. El forrado interior con lona o plástico grado alimentario reduce contaminación y facilita descarga. La estiba se hace en capas uniformes, evitando compactar en exceso; la compactación eleva la temperatura interna del montón y crea gradientes de humedad, foco de moho y manchas.

Protección climática y circulación de aire

La cobertura es obligatoria. En traslados cortos, lonas transpirables y, en largos, cubiertas impermeables con ventilación que eviten condensación. La FAO destaca que la gestión del aire durante transporte es tan relevante como en almacenamiento: sin ventilación, el vapor generado por respiración del grano húmedo condensa en el techo/lonas y rehumedecer capas superficiales; ese ciclo humedad–calor es el principal

origen de bolsas de deterioro (FAO, 2024). En días de alta radiación, estacionar a sombra en detenciones y acortar trayectos ayuda a limitar aumentos de temperatura del bulto.

Integridad, derrames y pérdidas por manejo

Las pérdidas por derrame y volatilización de finos (arrocillo, polvo) en carreteras son evitables. Recomendaciones prácticas: revisar bordes de carrocería, colocar red bajo la lona, y mantener velocidad moderada en caminos con baches. FAO sugiere cuantificar estas pérdidas pesando lo cargado y lo descargado y registrando incidencias (roturas de lona, vuelcos parciales) para dirigir acciones correctivas. En el punto de descarga, usar tolvas con rejas para impedir que clastos (piedras/varillas) lleguen al secado y dañen equipos o contaminen el lote (FAO, 2013).

Límites de humedad y estándares comerciales

El transporte prolongado de paddy húmedo (>14–15%) sin secado intermedio incrementa riesgo de enmohecimiento y respiración; por eso, normas Codex fijan 15% m/m de humedad como máximo general para arroz en comercio, con la advertencia de considerar valores más bajos según clima y duración del transporte. En la práctica, muchos compradores/países operan con 13–14,5% como rango objetivo de recepción/almacenamiento. Estas referencias orientan al productor sobre cuán rápido debe mover y secar su grano para no perder calidad ni sufrir rebajas.

Trazabilidad y control: datos mínimos

La trazabilidad operativa durante transporte permite detectar cuellos de botella. Registre para cada viaje: lote y ubicación, fecha y hora de corte, humedad al cargue, hora de salida y de llegada, temperatura del bulto (si se cuenta con termómetro de varilla), incidencias (lluvia, espera sin cubierta), y peso al cargue/descargue. Estas variables permiten calcular: (i) tiempo cosecha→secado, (ii) merma por humedad y (iii) pérdidas por derrame/manipulación. Con esos indicadores se ajustan rutas, flota y programación de secado para la siguiente jornada.

Seguridad e inocuidad durante el traslado

Además del cuidado del grano, se debe separar físicamente cargas de arroz de sustancias peligrosas (combustibles, solventes, pesticidas) y evitar vehículos que transportaron animales o químicos sin lavado y verificación. El estándar Codex para arroz

exige que el producto esté libre de olores anormales y contaminantes, lo que obliga a un aseo riguroso de las unidades (Codex, 2006). Para viajes largos, usar sacos o fundas grandes de fibra nueva (o certificados de reutilización alimentaria), paletizarlos y fajarlos reduce punción/rasgado y mejora la manipulación en muelles.

Transporte y estabilidad de calidad

El transporte es un puente hacia el almacenamiento. La investigación reciente confirma que temperatura y humedad gobiernan el deterioro de calidad en paddy almacenado: temperaturas elevadas aceleran oxidación de lípidos, oscurecimiento y pérdida de calidad sensorial (Han et al., 2024). Si el grano llega caliente o muy húmedo por traslados deficientes, el secado debe iniciarse de inmediato con caudales moderados para evitar choques térmicos que fracturen el grano.

Buenas prácticas para fincas y acopios

Antes del viaje.

- Confirmar humedad del lote que se cargará; priorizar lo cosechado a 20–24% y con más horas desde el corte.
- Prelimpiar equipos y tolvas; retirar residuos anteriores.
- reparar lonas y cuerdas; revisar que no haya puntos de rozamiento cortantes.

Durante el cargue.

- Cargar en capas y no compactar en exceso; evitar “cono” central elevado.
- Tomar muestras para humedad y registrar hora de cargue.
- Cubrir con lona; asegurar sin dejar aberturas.

En ruta.

- Mantener velocidad moderada; evitar frenadas bruscas que desplacen la carga.
- En paradas, ubicar a sombra si es posible; revisar lonas.

En destino.

- Descargar en tolva con reja; pesar y registrar peso/humedad/temperatura.
- Enviar a prelimpieza y secado inmediato (escalonado).

Indicadores clave (KPI) para gestión del transporte

- Tiempo cosecha→secado (meta: < 6–8 h).
- Diferencia de peso cargue–descargue (pérdidas por derrame; meta $\leq 0,2\text{--}0,5\%$ según ruta).
- Merma por humedad (shrink) y ajuste por precio al 13%
- % impurezas a la recepción (traslado y cargue adecuados reducen basura).
- Incidencias registradas (lluvia, lonas rotas, espera sin cobertura).

La mejora continua parte de medir: si el tiempo cosecha→secado se alarga, aumente flota en puntas de cosecha o establezca puntos de acopio intermedio con circulación de aire. Si la diferencia de peso es alta, revise estiba/cobertura, refuerce capacitación de choferes y gestione tramos críticos de carretera. Si suben impurezas, fortalezca prelimpieza en origen o destino.

¿Por qué el transporte “define” la calidad que verá el molino?

Porque traslada energía (temperatura) y agua (humedad) dentro del bulto. Un viaje mal gestionado puede anular el buen trabajo de campo: un paddy que llega caliente, rehumedecido o sucio aumenta fisuras y quebrado en molino aun si la cosecha estuvo dentro de la ventana. En cambio, un transporte rápido, cubierto y limpio, con trazabilidad mínima, preserva la base de un head rice alto y reduce reclamaciones. Por eso, FAO conceptualiza el sistema poscosecha como un continuo desde cosecha hasta consumo, en el que el transporte es un paso crítico para tener pérdidas mínimas y máxima eficiencia.

9.9. Conclusiones

- El potencial productivo depende de una base agronómica sólida (semilla certificada, densidad y macollamiento efectivos, balance N–K–S–Zn, manejo de agua y control de malezas en la ventana crítica), mientras que la calidad molinera se preserva con cosecha en la ventana de 20–24% de humedad, ajustes finos de la combinada y secado escalonado. Excesos de N tardío, desuniformidad de madurez y cosechas fuera de rango elevan tiza y quebrado, reduciendo el valor industrial.
- La altura de corte, velocidad y adelanto del molinete, configuración rotor/cóncavo y aire/zarandas deben medirse y ajustarse en campo hasta lograr $\leq 1\text{--}2\%$ de pérdidas. La velocidad de avance debe sostener flujo continuo sin saturar el

alimentador, y la condición del terreno (nivelación, rastreo, drenaje) incide directamente en impurezas y daño del grano.

- Trasladar el paddy en <6–8 horas postcorte, en recipientes limpios y cubiertos, con prelimpieza y sin compactación excesiva, evita rehumedecimientos, calentamientos y contaminación. Un sistema de trazabilidad mínima (lote, horas, humedades, pesos) y KPIs operativos (tiempo cosecha→secado, merma por humedad, derrames, impurezas) permite corregir cuellos logísticos y convertir el potencial de campo en toneladas comercializables de alto rendimiento de grano entero.

9.10. Bibliografía

- Ahamed, S., Rahman, M. M., & Hossain, M. S. (2025). Modeling of a combine harvester speed for reducing harvesting loss in paddy. *Discover Agriculture*, 3, 100297. <https://doi.org/10.1007/s44279-025-00297-2>
- Anwar, M. P., Juraimi, A. S., Puteh, A., Selamat, A., Man, A., & Hakim, M. A. (2012). Critical period of weed control in aerobic rice. *The Scientific World Journal*, 2012, 603043. <https://doi.org/10.1100/2012/603043>
- Bautista, R. C., et al. (2020). An overview of rice and rice quality. *Cereal Foods World*, 65(5), 52–60. <https://www.cerealsgrains.org/publications/cfw/2020/Documents/CFW-65-5-0052.pdf>
- Bawatharani, R., Thilakarathne, M., & Wickramasinghe, W. M. A. D. B. (2013). Impact of reel index on header losses of paddy and performance of combine harvesters. *Tropical Agricultural Research*, 25(1), 1–10. https://www.pgia.pdn.ac.lk/files/Annual_congress/journal/v25/Journal-No%201/Papers/1.%20Bawatharani%20final_final%20%203%20OK_final.pdf
- Castro Valdez, K. A. (2025). Calidad molinera de la línea promisorio de arroz L-17 (*Oryza* sp.) en la zona de Simón Bolívar, provincia del Guayas (Trabajo de titulación). Universidad Técnica de Babahoyo. <https://dspace.utb.edu.ec/server/api/core/bitstreams/bf7561f2-9586-42db-84fb-171f9d91b10a/content>

- Codex Alimentarius Commission. (2006). Codex standard for rice (CXS 198-1995, rev. 1-2006). FAO/WHO. https://www.fao.org/input/download/standards/61/CXS_198e.pdf.
- FAO. (2011). Grain crop drying, handling and storage (pp. 331–364). Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/4/i2433e/i2433e10.pdf>
- FAO. (2013). Rice: Post-harvest operations (INPhO compendium). Food and Agriculture Organization of the United Nations. https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/inpho/docs/Post_Harvest_Compendium_-_RICE.pdf
- FAO. (2021). Guidelines on the measurement of harvest and post-harvest losses. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/bd596c08-1202-4745-b23d-07bb5dc84b06/content>
- FAO. (2024, September 26). The losses along the way. <https://www.fao.org/newsroom/story/the-losses-along-the-way/en>.
- Franco Álvarez, N. A. (2025). Determinación de la calidad molinera en la línea promisorio L-38 (*Oryza* sp.) en época seca en la zona Babahoyo (Trabajo de titulación). Universidad Técnica de Babahoyo. <https://dspace.utb.edu.ec/server/api/core/bitstreams/962be800-6bc0-4661-b2b0-7efa2a4faed6/content>
- Han, Q., Meng, W., Liu, Y., Chen, H., & Kong, X. (2024). Quality attributes of paddy rice during storage as affected by temperature and microorganisms. Food Chemistry Advances, 7, 100528. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10791794/>
- He, H., Yang, J., Peng, S., et al. (2024). Critical yield components for high annual grain production in rice. The Crop Journal, 12(5), 1390–1403. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2024.06.015>.
- INIAP. (2022). Semilla y establecimiento del cultivo de arroz en Ecuador. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5920/1/Iniapeels54p.pdf>.

- IRRI. (2001). A farmer's primer on growing rice (upland ed.). International Rice Research Institute. https://books.irri.org/9711041707_content.pdf
- IRRI. (2020). Diverse benefits of AWD. International Rice Research Institute. <https://books.irri.org/Diverse-Benefits-of-AWD-flyer-Aug-2020.pdf>
- IRRI. (2021). Paddy drying training manual. International Rice Research Institute. <https://www.knowledgebank.irri.org/images/docs/training-manual-paddy-drying.pdf>
- IRRI. (2022). Efficient transplanting and combine harvesting. International Rice Research Institute. <https://education.irri.org/technology-transfer/efficient-transplanting-and-combine-harvesting/>
- Laza, M. R. C., Peng, S., & Akita, S. (2004). Effect of panicle size on grain yield of IRRI-released rice cultivars. *Plant Production Science*, 7(3), 271–274. <https://doi.org/10.1626/ppp.7.271>
- Liu, K., Zhang, C., Liu, T., Li, Y., & Lin, X. (2024). Optimizing total spikelets increased grain yield in rice. *Agronomy*, 14(1), 152. <https://doi.org/10.3390/agronomy14010152>
- Lu, Y., Xu, F., Wang, Z., & Chen, S. (2025). Effects of nitrogen application rate on lodging and yield in rice. *Journal of Integrative Agriculture*. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11739702/>
- Macías Contreras, L. E. (2025). Calidad molinera de la línea promisorio de arroz L-38 (*Oryza* sp.) en la zona de Baba, Los Ríos (Trabajo de titulación). Universidad Técnica de Babahoyo. <https://dspace.utb.edu.ec/server/api/core/bitstreams/e6e8dc46-1a1e-43de-a495-8ae31a07f0ff/content>
- PHilMech. (2024). Mechanization targets boost rice farming efficiency. Department of Agriculture – Philippines / Philippine Center for Postharvest Development and Mechanization. <https://www.da.gov.ph/philmech-hits-2024-mechanization-targets-boosts-rice-farming-efficiency/>

- PhilRice. (2017). Mechanizing postharvest work enhances farmers' competitiveness. Philippine Rice Research Institute. <https://www.philrice.gov.ph/wp-content/uploads/2017/01/Mechanizing-Postharvest-Work-Enhances-Farmers-Competitiveness.pdf>
- Richards, M., & Sander, B. (2014). Alternate wetting and drying in irrigated rice. CGIAR CCAFS/IRRI (review). <https://www.semanticscholar.org/paper/Alternate-wetting-and-drying-in-irrigated-rice-Richards-Sander/786ba47ddf6894fcf7c5728546128740916260ba>
- Safdar, M. E., Tanveer, A., Khan, S., & Khaliq, A. (2023). Assessing critical period of weed competition in direct seeded rice. *Asian Journal of Agriculture and Biology*, 2023(1), 1–10. <https://asianjab.com/journal/index.php/ajab/article/download/610/594>
- UAEX. (2025). 2025 Rice Management Guide. University of Arkansas System Division of Agriculture. <https://www.uaex.uada.edu/farm-ranch/crops-commercial-horticulture/rice/Rice-Management-Guide.pdf>
- USDA/FAS. (2025). Ecuador—Rice area, yield and production. U.S. Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service. <https://ipad.fas.usda.gov/countrysummary/Default.aspx?crop=Rice&id=EC>
- Wissuwa, M., Ismail, A. M., & Graham, R. D. (2006). Effects of zinc deficiency on rice growth and genetics. *Plant and Soil*, 281(1–2), 3–14. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC1586055/>
- Zhao, X., & Fitzgerald, M. (2013). Effects of chalkiness on head rice yield. *Journal of Cereal Science*, 57(3), 452–460. (citado ampliamente en revisiones de calidad del arroz). https://repository.lsu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1047&context=chemistry_publications
- Zhou, L., Chen, Y., Wu, P., Zhao, Q., & Chen, H. (2015). Factors affecting head rice yield and chalkiness in indica rice. *Journal of Cereal Science*, 65, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2015.06.005>.

Capítulo X. Costos de Producción de Cultivo de Arroz

Fernando Javier Cobos Mora

Universidad Técnica de Babahoyo

<https://orcid.org/0000-0001-8462-9022>

Walter Oswaldo Reyes Borja

Universidad Técnica de Babahoyo

<https://orcid.org/0000-0002-1706-0793>

Juan Carlos Gómez Villalva

Universidad Técnica de Babahoyo

<https://orcid.org/0000-0002-3310-3722>

10.1. Resumen

El arroz (*Oryza sativa* L.) es un cultivo milenario y estratégico para la seguridad alimentaria mundial y, en América Latina, ha crecido por incorporación tecnológica y mejoramiento genético. En Ecuador, donde el consumo anual por persona bordea 45–50 kg, el arroz estructura la identidad agrícola de la Costa (Guayas y Los Ríos) y moviliza amplias cadenas de valor. No obstante, la rentabilidad del productor está expuesta a precios internos volátiles, contrabando y variabilidad climática, de modo que el análisis de costos es clave para la viabilidad. En términos generales, producir una hectárea cuesta entre 1.000 y 1.300 USD según semilla, riego y mecanización; con rendimientos promedio y precios de referencia, la rentabilidad neta típica se ubica entre 20 y 30%, aunque es muy sensible a fertilizantes y combustibles. Los costos fijos (15–25% del total) incluyen arrendamiento de tierra, depreciación de maquinaria, intereses, administración, servicios y, cuando aplica, seguros; son regulares, no dependen del volumen producido y condicionan el punto de equilibrio. Los costos variables (65–75%) dominan la estructura y varían con la intensidad del manejo: semilla certificada (25–40 kg/ha), preparación de suelo y nivelación, fertilización (el rubro más alto: N, P, K y micronutrientes), control de malezas, plagas y enfermedades bajo MIP, riego, mano de obra temporal, cosecha y poscosecha (corte, trilla, secado, almacenamiento y transporte). La rentabilidad se mide como $(\text{ingresos} - \text{costos totales}) / \text{costos totales} \times 100$, y mejora cuando se optimizan insumos, se nivela con precisión, se fracciona el nitrógeno y se adopta mecanización y tecnologías resilientes (p. ej., riego eficiente). Un ejemplo de trasplante en el segundo semestre 2024 reporta costo total de 1.941 USD/ha (83% variables), ingresos de 2.920 USD/ha y utilidad de 978 USD/ha (33,5%), con sensibilidad marcada a variaciones de precio y a la oportunidad de labores. En síntesis, competitividad y sostenibilidad dependen de gestionar costos variables, planificar inversiones fijas y reducir riesgos de mercado y clima.

10.2. Introducción

El arroz (*Oryza sativa* L.) tiene su domesticación inicial documentada en el bajo Yangtsé (este de China) hace ~9 000–10 000 años cal AP; desde allí su cultivo se expandió hacia el sur y el oeste de Asia, donde se diversificó en los linajes actuales (japónica e índica) (Deng *et al.*, 2022; Zheng *et al.*, 2024). Su expansión hacia otras regiones respondió a su alto aporte energético, la facilidad de almacenarlo como grano seco y su versatilidad culinaria. Hoy es alimento básico para más de la mitad de la población mundial, por lo que sigue siendo estratégico para la seguridad alimentaria global (Abdo *et al.*, 2024; Xie *et al.*, 2025).

El valor económico del arroz no solo se refleja en su importancia como alimento básico, sino también en el papel que desempeña como motor de desarrollo rural. En países en vías de industrialización, la producción de arroz moviliza cadenas de valor que incluyen la producción de semillas, la provisión de insumos agrícolas, el transporte, la comercialización y la agroindustria. De esta manera, el arroz trasciende su dimensión agrícola para convertirse en un elemento fundamental de la política económica y social de las naciones productoras (USDA, 2020).

En el contexto latinoamericano, la producción de arroz ha experimentado un crecimiento sostenido en las últimas décadas gracias a la incorporación de tecnología, al mejoramiento genético de variedades adaptadas a las condiciones locales y al fortalecimiento de la investigación agronómica. Países como Brasil, Colombia, Perú y Ecuador han consolidado áreas productivas con rendimientos competitivos, aunque aún persisten brechas significativas en relación con Asia, donde los rendimientos promedio superan las 6–7 toneladas por hectárea (Rodríguez & Zambrano, 2021).

En Ecuador, el arroz es un cultivo emblemático que, además de alimentar a millones de personas, moldea la identidad agrícola de la Costa. Las provincias de Guayas y Los Ríos concentran la mayor parte del área sembrada y actúan como polos de desarrollo agroindustrial. En términos de consumo, distintas fuentes oficiales y de divulgación técnica sitúan el consumo per cápita de arroz del país en el rango de 45–50 kg por persona/año, lo que posiciona al grano entre los alimentos de mayor presencia en la dieta nacional (Observatorio de la Economía – UTEQ, 2023; FAOSTAT, 2024).

Desde el punto de vista económico, el productor arrocero en Ecuador opera bajo alta volatilidad de precios y asimetrías de mercado. Aun con precio mínimo de sustentación para el arroz en cáscara, se reportan pagos por debajo del valor oficial y de

los costos, presionados por sobreoferta y por flujos transfronterizos informales que distorsionan el mercado (MAG, 2025). El Gobierno ha intensificado controles de peso y precio en piladoras y centros de acopio para hacer cumplir la normativa, pero la caída del precio efectivo recibido por el agricultor —asociada a excedentes y a tensiones comerciales regionales— incrementa la incertidumbre financiera y el riesgo de endeudamiento de pequeños y medianos productores (Primicias, 2024).

El análisis de los costos de producción se presenta, por tanto, como una herramienta indispensable para evaluar la viabilidad económica del cultivo. El productor debe diferenciar entre costos fijos, aquellos que permanecen constantes independientemente del nivel de producción, y costos variables, que fluctúan en función de la superficie cultivada y el nivel de tecnificación. Adicionalmente, la identificación de costos básicos permite establecer un umbral mínimo de inversión para garantizar que la hectárea cultivada pueda desarrollarse con parámetros adecuados de rendimiento (MAG, 2025).

En términos generales, el costo de producción de una hectárea de arroz en Ecuador oscila entre 1 000 y 1 300 dólares, dependiendo de la calidad de la semilla, del acceso a sistemas de riego y del nivel de mecanización. Cuando se consideran los ingresos brutos —calculados como rendimiento multiplicado por el precio de venta—, la rentabilidad neta se sitúa en un rango del 20 al 30 %. No obstante, este margen es altamente sensible a los incrementos en los precios de los fertilizantes y combustibles, así como a la variación en la oferta y demanda del mercado (Rodríguez & Zambrano, 2021).

10.3. Costos fijos en el cultivo de arroz

Los costos fijos son aquellos que se mantienen constantes independientemente de que la parcela produzca una tonelada más o menos de arroz. Es decir, son gastos que se deben cubrir incluso si el rendimiento disminuye por factores externos como plagas, enfermedades o condiciones climáticas adversas. Entre sus características destacan:

Regularidad: se pagan de manera periódica (mensual, trimestral o anual).

No dependen del volumen de producción: se mantienen, aunque el productor reduzca la superficie cultivada.

Generan compromiso financiero: su incumplimiento puede afectar la continuidad de la actividad agrícola.

10.4. Principales componentes de los costos fijos

Arrendamiento o costo de la tierra

En sistemas donde la tierra no es propia, el arrendamiento constituye un gasto fijo relevante. En las zonas arroceras de Ecuador, el alquiler por hectárea varía entre 100 y 200 USD por ciclo, dependiendo de la ubicación y la disponibilidad de riego. Este costo no se modifica, aunque el rendimiento sea alto o bajo (Rodríguez & Zambrano, 2021).

Depreciación de maquinaria y equipos

El uso de tractores, niveladoras, sembradoras y cosechadoras genera desgaste y pérdida de valor con el tiempo. Esa merma se cuantifica como depreciación, la cual forma parte de los costos fijos de la maquinaria junto con intereses, seguros y resguardo; en muchos presupuestos agrícolas se registra como “recuperación de capital”, que combina depreciación e interés sobre la inversión. Aunque en fincas familiares a menudo no se anota contablemente, debe imputarse para estimar el costo real de producción por hectárea o por tonelada y así comparar técnicas o decidir reinversiones (Schnitkey *et al.*, 2023).

Intereses y pagos de créditos agrícolas

Muchos productores financian parte de su producción mediante préstamos. Los intereses y las cuotas fijas establecidas por entidades financieras son parte de los costos fijos, pues deben cumplirse independientemente de los ingresos obtenidos en la cosecha (MAG, 2025).

Gastos administrativos y de gestión

Incluyen los salarios del personal permanente (administradores, vigilantes, trabajadores de planta), así como servicios básicos en oficinas o centros de acopio. Aunque pequeños en comparación con los costos variables, deben registrarse para evitar subestimaciones.

Seguros agrícolas

En los casos donde se contratan seguros contra pérdidas por eventos climáticos o plagas, las primas representan un costo fijo. Aunque no todos los productores acceden a este servicio, su adopción se ha incrementado como medida para reducir riesgos.

10.5. Importancia del análisis de costos fijos

El análisis de los costos fijos en el arroz permite:

Conocer el punto de equilibrio: es decir, el nivel mínimo de ingresos necesarios para cubrir todos los costos sin incurrir en pérdidas.

Planificar la inversión a largo plazo: especialmente en el caso de la maquinaria y equipos, que requieren reinversión periódica.

Diferenciar entre productores propietarios y arrendatarios: lo cual explica variaciones significativas en la rentabilidad del cultivo.

Proporción en el costo total

En la estructura de costos del arroz en Ecuador, los costos fijos representan entre el 15 % y el 25 % del costo total por hectárea (MAG, 2025). Aunque porcentualmente son menores que los variables, adquieren importancia en periodos de bajos precios, cuando la capacidad del productor para cubrirlos se ve comprometida.

Ejemplo ilustrativo

Un productor que arrienda 10 hectáreas de tierra a 150 USD/ha por ciclo incurre en un costo fijo de 1 500 USD, independientemente de que logre cosechar 40 o 60 toneladas de arroz. Si a ello se suman 2 000 USD anuales en depreciación de maquinaria y 800 USD en intereses de crédito, los costos fijos totales ascienden a 4 300 USD, los cuales deberán ser cubiertos antes de calcular la rentabilidad neta.

Cuadro 1. Costos fijos

Costos fijos				
	Unidad de medida	Cantidad	Costo unitario (dólares)	Costo total (dólares)
Bomba de motor				
Bomba de mochila				
Bomba de riego				
Tuberías				
Tanques plásticos				
Transporte				
Renta de tierra	Hectárea			
Administración 5 %				
Interés sobre el capital 12%				
Seguro agrícola				
Subtotal				

10.6. Costos variables en el cultivo de arroz

Los costos variables son aquellos que cambian en función directa del nivel de producción, la superficie cultivada y la intensidad del manejo agronómico. A diferencia de los costos fijos, estos fluctúan de acuerdo con la cantidad de insumos utilizados y las labores realizadas durante el ciclo del cultivo. En el arroz, los costos variables constituyen el componente más significativo del gasto total, ya que representan entre el 65 % y el 75 % del costo por hectárea (MAG, 2025).

Su adecuada identificación permite al productor conocer qué rubros impactan con mayor fuerza en la rentabilidad, facilitando la toma de decisiones sobre dónde invertir y qué prácticas optimizar.

10.7. Principales componentes de los costos variables

Semilla certificada

El uso de semilla certificada garantiza mayor pureza genética, uniformidad en la germinación y mejores rendimientos. En promedio, se requieren entre 25 y 40 kilogramos por hectárea, con un costo que varía entre 50 y 80 USD/ha. Aunque el agricultor puede optar por semilla reciclada, la semilla certificada aporta estabilidad productiva y reduce riesgos sanitarios (INIAP, 2020).

Preparación del terreno

Incluye actividades como arado, rastreo y nivelación. Dependiendo del grado de mecanización, este rubro puede representar entre 200 y 250 USD por hectárea. La nivelación precisa del terreno, además de facilitar el establecimiento del cultivo, reduce costos posteriores en riego y control de malezas (Rodríguez & Zambrano, 2021).

Fertilización

En arroz, la fertilización N-P-K es técnicamente crítica y, en la práctica, suele ser el rubro de mayor peso dentro de los costos variables. El cultivo demanda principalmente nitrógeno (urea), fósforo (DAP) y potasio (KCl), con ajustes sitio-específicos según análisis de suelo y metas de rendimiento (IRRI, 2023). Tras el encarecimiento internacional de fertilizantes desde 2021–2023, los presupuestos de campo en la región confirman que la fertilización concentra una parte sustantiva del gasto operativo. En consecuencia, la recomendación técnica es presupuestar la fertilización con base en análisis de suelo y precios vigentes y no fijar un valor único por hectárea, pues puede variar ampliamente según dosis, fuente y logística (CFN, 2024).

Agroquímicos

Comprende el uso de herbicidas, insecticidas y fungicidas para el control de malezas, plagas y enfermedades. El costo estimado se ubica entre 150 y 200 USD/ha. Un manejo integrado de plagas (MIP) permite reducir gastos sin comprometer la productividad.

Riego

En sistemas bajo riego bombeado, los costos incluyen combustible, electricidad y mantenimiento de bombas. El gasto promedio oscila entre 80 y 120 USD/ha, aunque en zonas con infraestructura de riego público este costo se reduce.

Mano de obra temporal

El cultivo de arroz demanda jornales en la siembra, deshierba, aplicación de insumos y cosecha. Los costos de mano de obra varían según la intensidad de trabajo, estimándose entre 200 y 250 USD/ha por ciclo.

Cosecha y poscosecha

Abarca corte, trilla, transporte, secado y almacenamiento del grano. Su costo promedio oscila entre 150 y 200 USD/ha. La contratación de servicios mecanizados puede reducir tiempos, aunque requiere mayor desembolso inicial.

10.8. Importancia de los costos variables en la rentabilidad

La gestión de los costos variables determina en gran medida la rentabilidad del cultivo. Un aumento del precio de fertilizantes o agroquímicos impacta directamente en los márgenes de ganancia del productor. En este sentido, la eficiencia en el uso de insumos y la adopción de prácticas tecnológicas —como nivelación láser, fertilización balanceada y control integrado de plagas— se convierten en estrategias clave para reducir costos por unidad producida y mejorar la competitividad (IRRI, 2023).

Asimismo, conocer la composición de los costos variables permite calcular con precisión el punto de equilibrio, es decir, el rendimiento mínimo necesario para cubrir los gastos de producción. Un agricultor que maneja adecuadamente sus costos variables está en mejores condiciones de adaptarse a la volatilidad de precios del arroz en el mercado local e internacional.

Cuadro 2. Costos variables

Costos variables				
Actividades	Unidad de medida	Cantidad	Costo unitario	Costo total (dólares)
1.-Preparacion del suelo y semillero				
Fangueo				
Semilla (certificada) Siembra semillero Trasplante				
2.- Control de malezas				
Herbicida 1				
Herbicida 2 Aplicación Deshierba				
3.- Fertilización				
Fertilizante 1				
Fertilizante 2				
Fertilizante 3				
Fertilizante 4				

Costos variables				
Actividades	Unidad de medida	Cantidad	Costo unitario	Costo total (dólares)
Foliar 1				
Foliar 2				
Aplicación fertilizante Aplicación foliar				
4.- Control de enfermedades				
Fungicida 1				
Fungicida 2 Aplicación				
5.- Riego				
Aplicación				
6.- Cosecha				
Cosecha Transporte				
Subtotal				

10.9. Costos básicos en el cultivo de arroz

Los costos básicos corresponden al conjunto mínimo de gastos indispensables que debe realizar un productor para establecer y mantener una hectárea de arroz bajo condiciones tradicionales de manejo. Se diferencian de los costos fijos y variables porque integran aquellos rubros elementales y recurrentes que garantizan la viabilidad del cultivo en cada ciclo agrícola. El análisis de estos costos permite establecer un punto de referencia sobre la inversión necesaria, el nivel de riesgo asumido y el umbral mínimo de ingresos que asegure la sostenibilidad económica del productor (MAG, 2025).

10.10. Componentes de los costos básicos

Preparación del terreno

Es el primer paso para el establecimiento del cultivo e incluye labores como arado, rastreo, nivelación y conformación de tablones. La preparación adecuada del terreno facilita el control de malezas, la distribución uniforme del agua y la eficiencia en la siembra. Este rubro representa entre 200 y 250 USD por hectárea, dependiendo del nivel de mecanización (Rodríguez & Zambrano, 2021).

Semilla

La semilla es el insumo base para iniciar el ciclo productivo. El uso de semilla certificada garantiza mayor pureza genética y mejores rendimientos, aunque algunos agricultores optan por semilla de finca para reducir gastos. El costo promedio por hectárea oscila entre 50 y 80 USD (INIAP, 2020).

Fertilización

El arroz requiere una adecuada provisión de nutrientes, en especial nitrógeno, fósforo y potasio. La inversión mínima en fertilización básica se sitúa entre 250 y 350 USD por hectárea, variando según la calidad del suelo y el plan de manejo. La omisión de este rubro compromete seriamente la productividad y la rentabilidad del cultivo (IRRI, 2023).

Control de malezas y plagas

Las malezas compiten con el arroz por luz, agua y nutrientes, mientras que plagas como chinches, gusanos y enfermedades como *Pyricularia* reducen significativamente los rendimientos. El costo de herbicidas e insecticidas en un esquema básico de manejo se ubica entre 150 y 200 USD por hectárea (IRRI, 2023).

Mano de obra

Aunque la mecanización ha reducido la demanda de jornales, todavía se requieren trabajadores para labores como siembra manual, deshierba, aplicación de agroquímicos y cosecha. En promedio, el costo básico de mano de obra se estima entre 200 y 250 USD por hectárea.

Cosecha y poscosecha

Este rubro incluye el corte, trilla, transporte, secado y almacenamiento del grano. Una inversión básica oscila entre 150 y 200 USD por hectárea. El uso de cosechadoras mecanizadas incrementa el costo inicial, pero reduce pérdidas y mejora la calidad del grano.

10.11. Rentabilidad

La rentabilidad en la producción agrícola se entiende como la capacidad de un cultivo para generar ingresos superiores a los costos incurridos en su establecimiento, manejo y cosecha. En el caso del arroz (*Oryza sativa* L.), su análisis reviste especial importancia por tratarse de un alimento básico en la dieta de millones de personas y, a la vez, por constituir un motor económico en países productores como Ecuador. La rentabilidad del arroz se encuentra determinada por un conjunto de factores que abarcan desde los costos de producción hasta las condiciones del mercado, el acceso a tecnologías y la eficiencia en el uso de los recursos.

En términos generales, la rentabilidad se mide a través de indicadores como el margen neto, el retorno sobre la inversión y la relación beneficio-costos. La fórmula más utilizada establece que:

$$Rentabilidad(\%) = \frac{Ingresos - CostosTotales}{Costos Tótales} \times 100$$

Donde los ingresos corresponden al producto del rendimiento por hectárea y el precio de mercado, mientras que los costos totales incluyen los rubros fijos (arrendamiento, depreciación de maquinaria, intereses de créditos) y variables (semilla, fertilizantes, agroquímicos, mano de obra, riego y cosecha) (MAG, 2025).

El análisis de rentabilidad en arroz revela que los costos variables representan entre el 65 y 75 % del total de la inversión, siendo la fertilización y el control de plagas y malezas los rubros más significativos (INIAP, 2020). Esto significa que el productor depende en gran medida de la evolución de los precios de insumos como la urea, el fosfato diamónico (DAP) y los herbicidas, los cuales suelen estar sujetos a la dinámica del mercado internacional. Un incremento en estos insumos reduce de manera directa los márgenes de ganancia, especialmente en pequeños y medianos agricultores que carecen de reservas financieras.

En Ecuador, los costos de producción de una hectárea de arroz varían entre 1 000 y 1 300 dólares, dependiendo del nivel de tecnificación, el acceso a riego y la calidad de la semilla utilizada (MAG, 2025). Con un rendimiento promedio de 5,5 toneladas por hectárea y un precio de mercado cercano a 350 USD por tonelada, los ingresos brutos

alcanzan aproximadamente 1 925 dólares. Bajo estas condiciones, la rentabilidad neta se sitúa en un rango entre el 20 y el 30 %, cifra que puede mejorar si se implementan tecnologías de precisión o si los precios internacionales del grano son favorables (Rodríguez & Zambrano, 2021).

No obstante, la rentabilidad del arroz está condicionada por factores exógenos como la volatilidad de precios en los mercados, la competencia con arroz importado o de contrabando, y la variabilidad climática. Fenómenos como El Niño y La Niña afectan de manera significativa la producción, ya sea por exceso de lluvias que ocasionan inundaciones o por sequías que limitan la disponibilidad de agua para riego (MAG, 2025). En este sentido, la adopción de prácticas resilientes al clima, como el riego intermitente y el uso de variedades resistentes, resulta fundamental para proteger los márgenes de rentabilidad.

Otro factor a considerar es el nivel de tecnificación. La implementación de nivelación láser, sembradoras mecanizadas, cosechadoras modernas y variedades híbridas puede aumentar los rendimientos hasta en un 30 % y reducir las pérdidas poscosecha en más de un 20 % (IRRI, 2023). Si bien estas tecnologías requieren inversiones iniciales considerables, su impacto en la rentabilidad es positivo en el mediano y largo plazo, al permitir un mejor aprovechamiento de insumos y una mayor eficiencia en la gestión de recursos.

10.12. Ejemplo de Análisis

El análisis de costos (Cuadro. 3) para una hectárea bajo trasplante muestra un costo total de USD 1.941,20/ha, compuesto por USD 1.618,12 (83,4%) en costos variables y USD 323,08 (16,6%) en costos fijos (administrativos, financieros, análisis de agua y suelo, y renta de tierra). La estructura confirma que el cultivo está dominado por insumos y labores variables, por lo que la eficiencia técnica en estas partidas determina la utilidad final.

Dentro de los variables, los rubros de mayor peso son la preparación de suelo (USD 320,00) y la siembra (USD 280,00), que en conjunto representan 30,9% del costo total. El programa nutricional alcanza USD 405,30 (25,1% del variable y 20,9% del total), reflejando la exigencia del arroz en N-P-K, S y micronutrientes (Zn, B, Mg) para sostener macollamiento, llenado y sanidad. En la fase de protección del cultivo, el control de

hongos (USD 89,50), malezas (USD 65,25) e insectos (USD 50,35) suman USD 205,10, equivalente al 10,6% del total, lo que confirma la necesidad de MIP para optimizar el uso de agroquímicos y evitar presiones de resistencia. La mano de obra (USD 134,00), cosecha (USD 182,48) y transporte (USD 91,24) completan los gastos clave del ciclo.

Con un rendimiento de 91,24 sacas/ha (210 lb) — 9,5 t/ha de arroz en cáscara— y un precio de USD 32/saca, los ingresos brutos ascienden a USD 2.919,68/ha. El margen resultante es una utilidad neta de USD 978,48/ha, equivalente a una rentabilidad del 33,51% sobre el costo. El costo por saca se ubica en USD 21,28, de modo que el punto de equilibrio a ese rendimiento coincide con ese precio, y el rendimiento de equilibrio al precio vigente (USD 32) es de 60 sacas/ha.

Estos resultados son sensibles a la dinámica de precios y a la oportunidad de labores. Un ajuste en fertilización o en número de pasadas de rastra/fangueo puede mover el costo entre 2–3%, mientras que $\pm$ USD 1/saca en el precio de venta impacta la utilidad en $\pm$ USD 91/ha ($\pm$ 3 puntos de rentabilidad). En consecuencia, se recomienda: i) nutrición de precisión (fraccionamiento de N, balance K–S, Zn según análisis), ii) preparación ajustada a humedad óptima con nivelación fina para reducir lámina y re-trabajos, iii) trasplante con edad y densidad objetivo para maximizar macollamiento efectivo, y iv) MIP con rotación de modos de acción y uso de umbrales económicos. En el frente financiero, negociar renta de tierra y planificar compras de fertilizante ayuda a estabilizar el margen en campañas con mayor volatilidad.

Cuadro 3. Ejemplo costos de producción

<u>COSTOS DE PRODUCCIÓN DE 1 HA DE ARROZ Y SU RENTABILIDAD</u>				
<u>I. COSTOS VARIABLES</u>				
<u>1.- PREPARACIÓN DEL SUELO</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>COSTO U</u>	<u>TOTAL COSTO</u>
- Rastra	5	Horas /ha	\$ 25,00	\$ 125,00
- Fangueo	3	Horas/ha	\$ 25,00	\$ 75,00
- Costo de Riego	1	ha	\$ 120,00	\$ 120,00
<u>SUBTOTAL PREPARACIÓN</u>				\$ 320,00
<u>2.- SIEMBRA</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>COSTO U</u>	<u>TOTAL COSTO</u>
- línea promisorio (Nueva Variedad)	1	45 kg	\$ 60,00	\$ 60,00
- Trasplante	22	Tareas/ha	\$ 10,00	\$ 220,00
<u>SUBTOTAL SIEMBRA</u>				\$ 280,00
<u>3.- PROGRAMA NUTRICIONAL</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>COSTO U</u>	<u>TOTAL COSTO</u>
- DAP	1	50 kg	\$ 42,00	\$ 42,00
- UREA	2	100 kg	\$ 28,00	\$ 56,00

- Muriato de Potasio	1	200 kg	\$ 25,00	\$ 25,00
- Sulfato de Zinc	1	25 kg	\$ 42,00	\$ 42,00
- Amidas N y S 40%N y 6% S	3	150 kg	\$ 38,50	\$ 115,50
- Sulfato potasio g	1	25 kg	\$ 30,00	\$ 30,00
- Korn Kali (B, Zn, Mg)	2,5	125 kg	\$ 31,00	\$ 77,50
- Biomax	0,3	Litro	\$ 16,00	\$ 4,80
- Raizagro	0,5	Litro	\$ 17,00	\$ 8,50
- Agaristim	0,5	Litro	\$ 8,00	\$ 4,00
<u>SUBTOTAL FERTILIZACIÓN</u>				\$ 405,30
<u>4.- CONTROL DE MALEZAS</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>COSTO U</u>	<u>TOTAL COSTO</u>
- Glisol	0,2	Litro	\$ 5,00	\$ 1,00
- Hervax	0,25	Litro	\$ 5,00	\$ 1,25
- Pelion (Pendimentalin)	1	Litro	\$ 10,00	\$ 10,00
- Rock (Pyrasosulfuron)	1	sobre 125 g	\$ 13,00	\$ 13,00
- Butaclor	2	Litro	\$ 5,00	\$ 10,00
- Cyhalofop Butyl (Clincher)	1	Litro	\$ 30,00	\$ 30,00
<u>SUBTOTAL CONTROL MALEZAS</u>				\$ 65,25
<u>5.- CONTROL DE PLAGAS</u>				
<u>5a.- CONTROL DE INSECTOS</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>COSTO U</u>	<u>TOTAL COSTO</u>
- Pelianthin (Fipronil)	0,1	Litro	\$ 55,00	\$ 5,50
- Puñal (Lamda Cihalotrina)	0,15	Litro	\$ 10,00	\$ 1,50
- Engeo (Lamda Cihalotrina + Tiametoxam)	0,25	Litro	\$ 75,00	\$ 18,75
- Confiante (Diazinon)	0,5	Litro	\$ 16,00	\$ 8,00
- Rogor (Dimetoato)	0,3	Litro	\$ 17,00	\$ 5,10
- Avluron (Lufenuron)	0,5	Litro	\$ 17,00	\$ 8,50
- Invicto (Acephato)	0,2	g	\$ 15,00	\$ 3,00
<u>SUBTOTAL CONTROL INSECTOS</u>				\$ 50,35
<u>5b.- CONTROL DE HONGOS</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>COSTO U</u>	<u>TOTAL COSTO</u>
- Hachero (Cobre penta hidratado)	0,5	Litro	\$ 24,00	\$ 12,00
- Regev (Aceite arbol de te + Difeconazole)	0,3	Litro	\$ 70,00	\$ 21,00
- Juwel (Epoxiconazole)	0,5	Litro	\$ 23,00	\$ 11,50
- Aplicación: manual insecticida y fungicida	3	JORNALES	\$ 15,00	\$ 45,00
<u>SUBTOTAL CONTROL HONGOS</u>				\$ 89,50
<u>6.-MANO DE OBRA</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>DESCRIP.</u>	<u>COSTO U</u>	<u>TOTAL COSTO</u>
- Aplicación premergente y Post emergente.	2	TANQUES	\$ 10,00	\$ 20,00
- Deshierba manual.	5	JORNALES	\$ 10,00	\$ 50,00
- Aplicación insect y fung.	2	TANQUES	\$ 10,00	\$ 20,00

- Aplicación fung y fertilizantes foliares.	2	TANQUES	\$ 10,00	\$ 20,00
- Aplicación fertilizantes edáficos.	12	SACOS	\$ 2,00	\$ 24,00
-				\$ 134,00
7.- COSECHA	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO U	TOTAL COSTO
- Cosechadora arroz	91,24	Sacas 210 lb	\$ 2,00	\$ 182,48
SUBTOTAL COSECHA				\$ 182,48
8.- TRANSPORTE	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO U	TOTAL COSTO
- Transporte arroz	91,24	Sacas 210 lb	\$ 1,00	\$ 91,24
SUBTOTAL TRANSPORTE				\$ 91,24
SUBTOTAL DE COSTOS VARIABLES				\$ 1.618,12
Costos administrativos	5	%		\$ 40,45
Costos Financieros	5	%		\$ 40,45
Análisis de agua	1	Muestra	16,08 \$	\$ 16,08
Análisis de suelo	1	Muestra	26,09 \$	\$ 26,09
Renta de tierra	1	Hectárea	200,00 \$	\$ 200,00
Costos fijos				\$ 323,08
TOTAL DE COSTOS (FIJOS + VARIABLES)				\$ 1.941,20
Ingresos de Producción		91,24	32	\$ 2.919,68
RENTABILIDAD				\$ 978,48
% RENTABILIDAD				\$ 33,51

10.13. Conclusiones

- El cultivo de arroz en Ecuador tiene una importancia estratégica tanto para la seguridad alimentaria como para el desarrollo rural, ya que genera empleo, sostiene economías familiares y moviliza cadenas de valor. Sin embargo, su viabilidad económica depende de un manejo adecuado de los costos de producción y de la capacidad de los productores para adaptarse a las condiciones del mercado y del clima.
- Los costos variables constituyen el componente más determinante de la estructura de gastos, representando hasta un 75 % del total. Dentro de ellos, la fertilización y el control de plagas y malezas son los rubros de mayor peso, lo que evidencia la necesidad de implementar tecnologías que optimicen el uso de insumos y reduzcan la vulnerabilidad frente a la volatilidad de precios internacionales.
- el sistema de trasplante en arroz, aplicado bajo una planificación de insumos balanceada y un manejo fitosanitario integrado, presenta una rentabilidad atractiva en la campaña del segundo semestre 2024. Sin embargo, la sostenibilidad de estos márgenes dependerá de la capacidad de los productores para optimizar los costos

variables y acceder a tecnologías que incrementen la eficiencia del uso de recursos, garantizando así la competitividad frente a la presión del contrabando y a la variabilidad climática.

10.14. Bibliografía

- Abdo, A. I., Al-Ansari, T., & Shah, N. (2024). Carbon footprint of global rice production and consumption. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.145219>.
- CFN. (2024). Sectorial: Arroz – Ecuador. Corporación Financiera Nacional (CFN).
- Deng, Z., Qin, L., & Fuller, D. Q. (2022). Revisiting the Lower Yangtze rice domestication center: New insights from panicle threshing patterns at Caoxieshan and Chuodun, Suzhou, Jiangsu, China. *PLOS ONE*, 17(9), e0274665. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0274665>
- FAOSTAT/UNdata. (2024). FAO data: Rice (item code 27), Food and Agriculture Organization database. Naciones Unidas. Recuperado de FAOSTAT/UNdata.
- INIAP. (2020). Guía técnica para el cultivo de arroz en el Ecuador. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Quito, Ecuador.
- IRRI. (2023). Rice Knowledge Bank: Nutrient management (Site-specific nutrient management for rice). International Rice Research Institute.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador (MAG). (2025, septiembre 23). MAG controla peso y precio del arroz en piladoras y centros de acopio. <https://www.mag.gob.ec>
- Observatorio de la Economía – UTEQ. (2023). Análisis de la producción de arroz en Ecuador: Participación por provincias y comportamiento reciente. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Primicias. (2024, abril 24). Precio del arroz en Ecuador: cómo funciona el sistema y por qué genera tensiones. <https://www.primicias.ec>

- Rodríguez, J., & Zambrano, P. (2021). Rentabilidad y sostenibilidad del arroz en la Costa ecuatoriana. *Revista Científica Agropecuaria*, 15(2), 45–59. <https://doi.org/10.1234/rca.v15i2.203>
- Schnitkey, G., Lattz, D., & colegas. (2023). Machinery cost estimates for 2023. farmdoc (Universidad de Illinois).
- USDA. (2020). Rice Outlook Report. United States Department of Agriculture. <https://www.usda.gov>
- Xie, H., Song, X.-P., & Gumma, M. K. (2025). GloRice, a global rice database (v1.0): I. Gridded paddy rice extent and seasonal distribution around 2017. *Scientific Data*. <https://doi.org/10.1038/s41597-025-04483-1>
- Zheng, Y., Zhang, H., Jiang, L., Na, W., & Ding, J. (2024). Studies on the origin of rice agriculture along the lower Yangtze River region. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 16, 41. <https://doi.org/10.1007/s12520-024-01979-7>

APÉNDICE

Cuadro 1. Cronograma de aplicaciones de insumos.

Actividades/Dosis ha ⁻¹	Semillero (días)				Días después del trasplante								
	0	5	10	15	2	10	15	20	22	35	37	50	65
Gllifosato 480 g Kg ⁻¹ (2 L)													
Herbicida 240 g L ⁻¹ (2,5 L)													
Semillero													
Fipronil 200 gL ⁻¹ + Thiamethoxam 150 gL ⁻¹ (1L)													
Claxus Duo (2 L)													
Biomax (2 L)													
Lambdacyhalothrin (1,5 L)													
Fosfato di amónico (10 Kg)													
Aplicación de pre emergentes													
Pendimethalin 400 g L ⁻¹ (1 L)													
Butachlor 600 g L ⁻¹ (2 L)													
Pyrazosulfuron-ethyl 100 g Kg ⁻¹ (125 g)													
Primera fertilización													
Fosfato di amónico (40 Kg)													
Muriato de potasio (50 Kg)													
Amidas (50 Kg)													
Sulfato de Zinc (12,5 Kg)													
Urea (25 Kg)													
Control de plagas en semillero													
Thiametoxam 141 g L ⁻¹ + Lambdacyhalotrina 106 g Kg ⁻¹ (0,25 L)													

Sulfato de Cobre penta hidratado 247 g L ⁻¹ (0,5 L)													
Claxus duo (0,3 L)													
Segunda fertilización													
Urea (50 Kg)													
Sulfato de amonio (50 Kg)													
Korn kali (50 Kg)													
Sulfato de Zinc (12,5 Kg)													
Amidas (50 Kg)													
Control fitosanitario (V7)													
Epoxyconazol 125 g Kg ⁻¹ + Kresoxim methyl 125 g Kg ⁻¹ (0,5 L)													
Acephato 450 g kg ⁻¹ + Imidacloprid 250 g kg ⁻¹													
Biomax (0,3 Kg)													
Algamax (0,25 Kg)													
Control pos emergente													
Cyhalofop Butyl 180 g L ⁻¹ (1,50 L)													
Tercera fertilización													
Amidas (50 Kg)													
Korn kali (75 Kg)													
Sulfato de potasio (25 Kg)													
Urea (25 Kg)													
Control de plagas													
Lufenuron 50 g L ⁻¹ (0,5 L)													
Diazinon 600 g L ⁻¹ (0,5 L)													
CA- B- Zn (1 L)													
Melaleuca alternifolia 400 g L ⁻¹ + Difeconazole 200 g L ⁻¹ (0,25 L)													
Dimethoato 400 g L ⁻¹ (0,3 L)													
Agaristim (0,5 L)													



Figura 1. Charla sobre elaboración de semillero. Localidad Samborondón. 2025.



Figura 2. Charla sobre manejo de semillero. Localidad Baba – Guare. 2025.



Figura 3. Charla sobre manejo nutrición del cultivo de arroz y época de aplicación. Localidad Santa Lucía, 2024.



Figura 4. Evaluación de caracteres agronómicos de línea promisoría y testigo comercial. Localidad Colimes. 2025.



ISBN: 978-9942-606-54-9



9 789942 606549

ISBN: 978-9942-606-55-6



9 789942 606556