

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMÍA



**“CONTROL INTEGRADO DE MALEZAS EN EL CULTIVO DE
ARROZ, *Oryza sativa* L. EN EL HUALLAGA CENTRAL”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

PARA OPTAR EL TÍTULO DE

INGENIERO AGRÓNOMO

HÉCTOR RICARDO MENDOZA ROJAS

LIMA – PERÚ

2023

La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación
(Art. 24 – Reglamento de Propiedad Intelectual)

TSP Completo Control integrado de malezas en arroz - Héctor Mendoza v3

INFORME DE ORIGINALIDAD

9%	9%	3%	4%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
2	repositorio.unas.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	cia.uagraria.edu.ec Fuente de Internet	<1%
5	repositorio.ug.edu.ec Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.unillanos.edu.co Fuente de Internet	<1%
7	www.scielo.br Fuente de Internet	<1%
8	dspace.utb.edu.ec Fuente de Internet	<1%

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

**“CONTROL INTEGRADO DE MALEZAS EN EL CULTIVO DE
ARROZ, *Oryza sativa* L. EN EL HUALLAGA CENTRAL”**

Héctor Ricardo Mendoza Rojas

Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Suficiencia y aprobado ante el siguiente jurado:

.....
Dr. Federico Alexis Dueñas Dávila
PRESIDENTE

.....
Ph. D. Elizabeth Consuelo Heros Aguilar
ASESOR

.....
Dr. Gastón Enrique Martín Zolla Benites
MIEMBRO

.....
Ing. Mg. Sc. Elías Hugo Huanuqueño Coca
MIEMBRO

LIMA – PERÚ

2023

DEDICATORIA

A mi esposa e hijos por ser los seres que me dan la inspiración y fortaleza para luchar y alcanzar mis metas en la vida.

A mis padres por haberme dado la crianza y formación necesaria para una persona de bien.

A mis hermanas por toda su ayuda en los momentos difíciles y compartir los buenos momentos.

AGRADECIMIENTOS

A dios por darme la oportunidad de brindarme una familia y una carrera maravillosa que me ha dado tanta satisfacción.

A mi asesora Ph. D, Elizabeth Heros por brindarme todo su apoyo profesional en el desarrollo del presente trabajo de suficiencia profesional y lograr mi titulación.

A mi alma mater, la UNALM, por brindarme una formación académica sólida y gracias a ello se me abrieron muchas puertas profesionales

A la empresa Neogrum, Silvestre, mis profesores y todos aquellos que de alguna manera me ayudaron en mi formación profesional, laboral y en la realización del presente trabajo.

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.	PROBLEMÁTICA	1
1.2.	OBJETIVOS	2
1.2.1	Objetivo General.....	2
1.2.2	Objetivos específicos:.....	2
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1	EL ARROZ	3
2.2	MORFOLOGÍA DEL ARROZ.....	5
2.3	CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL ARROZ	5
2.3.1	Fase vegetativa	5
2.3.2	Fase reproductiva.....	6
2.3.3	Fase de maduración	6
2.4	MANEJO AGRONÓMICO DEL ARROZ	6
2.4.1.	Preparación de suelo	6
2.4.2.	Siembra.....	9
2.4.3.	Fertilización	9
2.4.4.	Riego.....	10
2.4.5.	Plagas y enfermedades.....	10
2.5	MALEZAS.....	10
2.6	CLASIFICACIÓN DE LAS MALEZAS	11
2.6.1.	Según su ciclo de vida	11
2.6.2.	Según tipo de planta	12
2.6.3.	Según el clima	12
2.7	MANEJO INTEGRADO DE MALEZAS (MIM).....	13
2.8	PREVENCIÓN	13
2.9	MONITOREO.....	14
2.10	CONTROL CULTURAL	14
2.11	CONTROL BIOLÓGICO.....	15
2.12	CONTROL MECÁNICO	15
2.13	CONTROL QUÍMICO	16

2.13.1	Clasificación de los herbicidas	16
2.13.2	Aplicación de herbicidas	19
2.13.3	Aspectos fisiológicos.....	22
2.13.4	Resistencia.....	25
III.	DESARROLLO DEL TRABAJO.....	26
3.1	CARACTERÍSTICAS DEL VALLE DE HUALLAGA CENTRAL	26
3.2	IDENTIFICACIÓN DE MALEZAS PREDOMINANTES EN EL ARROZ.....	27
3.2.1	Malezas de hoja angosta – familia Poaceas.....	27
3.2.2	Malezas de hoja angosta – familia Cyperaceas	32
3.2.3	Malezas de hoja ancha – dicotiledóneas.....	35
3.3	SELECCIÓN DE HERBICIDAS ADECUADOS PARA EL ARROZ	39
3.3.1	Herbicidas preemergentes.....	39
3.3.2	Herbicidas postemergentes	40
3.4	PLAN DE MANEJO DE MALEZAS EN EL CULTIVO DE ARROZ.....	42
3.4.1	Prevención	42
3.4.2	Monitoreo	43
3.4.3	Control cultural.....	44
3.4.4	Control mecánico.....	44
3.4.5	Control biológico.....	44
3.4.6	Control químico.....	45
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	51
4.1	IDENTIFICACIÓN DE MALEZAS PREDOMINANTES EN EL ARROZ.....	51
4.2	SELECCIÓN DE HERBICIDAS ADECUADOS PARA EL ARROZ	51
4.3	PLAN DE MANEJO DE MALEZAS EN EL CULTIVO DE ARROZ.....	52
V.	CONCLUSIONES.....	53
VI.	RECOMENDACIONES	54
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2: Requerimientos nutricionales de la planta de arroz.....	10
Tabla 3: Malezas según el clima.....	12
Tabla 4: Clasificación de herbicidas de acuerdo con el grupo químico	18
Tabla 5: Mecanismos de acción de los herbicidas con códigos HRAC	24
Tabla 6: Tratamientos de herbicidas preemergentes	39
Tabla 7: Tratamientos de herbicidas postemergentes.....	41
Tabla 8: Eficacia de control de malezas en arroz (%), a los 19 días después de la aplicación (dda) de herbicidas postemergentes.....	42
Tabla 9. Herbicidas preemergentes - pre e.	45
Tabla 10. Herbicidas Postemergentes – Post e.	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Producción y consumo mundial de arroz pilado (millones de toneladas).....	3
Figura 2. Producción nacional de arroz en cáscara (miles de toneladas)	4
Figura 3. Pase de grada en suelo seco	7
Figura 4. Pase de rotativa	8
Figura 5. Uso de dron en aplicaciones de herbicidas	21
Figura 6. Conformación del valle de Huallaga Central	26
Figura 7. <i>Echinochloa crus-galli</i> “moco de pavo”	28
Figura 8. <i>Echinochloa colona</i> “flor morada”	29
Figura 9. <i>Ischaemum rugosum</i> Salisb. “mazorquilla”	30
Figura 10. <i>Leptochloa</i> sp “plumilla”	31
Figura 11. <i>Eleusine indica</i> “pata de gallina”	32
Figura 12. <i>Cyperus rotundus</i> “coquito”	33
Figura 13. <i>Fimbristylis miliacea</i> “pelo de cuy”	34
Figura 14. <i>Fimbristylis miliacea</i> “pelo de cuy”	34
Figura 15. <i>Cyperonia palustris</i> (L.) “falsa coca”	35
Figura 16. <i>Cyperonia palustris</i> (L.) “falsa coca”	36
Figura 17. <i>Heteranthera reniformis</i> Ruiz&Pav “oreja de ratón”	37
Figura 18. <i>Portulaca oleracea</i> “verdolaga”	38
Figura 19. <i>Ludwigia decurrens</i> Walter “clavito”	38
Figura 20. Eficacia de control de malezas en arroz (%), a los 14 y 28 días después de la aplicación (dda) de herbicidas preemergentes.....	40
Figura 21. Evaluación de malezas en arroz	43
Figura 22. Propuesta de rotación de mecanismos de acción en siembra directa.....	46
Figura 23. Aplicación de pendimethalin 8 dds	47
Figura 24. Propuesta de rotación de mecanismos de acción en el trasplante	48
Figura 25. Mala práctica de aplicación de postemergente en lámina de agua.....	50

RESUMEN

Se describe la experiencia en el control integrado de malezas como una alternativa sostenible en la solución de la problemática de las malezas en los cultivos. La prevención, el monitoreo y todos los controles participan en el éxito del manejo de las malezas.

En el Perú, el cultivo de arroz es el principal cultivo transitorio y el Huallaga Central es la principal zona productora a nivel nacional, siendo las malezas uno de los principales problemas por lo que se realizó el presente trabajo titulado: Control integrado de malezas en el cultivo de arroz, *Oriza sativa* L. en el Huallaga Central. Las principales malezas identificadas en el cultivo de arroz en el Huallaga Central fueron: *Echinochloa crus-galli*, *Echinochloa colona*, *Ischaemum rugosum* Salisb., *Leptochloa* spp, *Eleusine indica*, *Cyperus rotundus*, *Fimbristylis miliaceae*, *Capeirona palustris*, *Heteranthera reniformis*, *Portulaca oleraceae* y *Ludwigia decurres*. De acuerdo con las malezas identificadas, eficacia de control, selectividad al cultivo y rotación de mecanismos de acción se determinó que los herbicidas preemergentes más adecuados fueron: Butachlor, Pendimethalin, Tiobencarb y Clomazon. Con respecto a los herbicidas postemergentes fueron: Florpiraxiden benzil, Profoxidim, Cyhalofop butil, Penoxsulam y Bentazon+MCPA. Como plan de manejo de malezas en el cultivo de arroz basado en los principios de MIM debemos considerar: La prevención para no permitir la llegada de malezas al campo o evitar su distribución, el monitoreo de las malezas en momentos claves (cosecha de la campaña anterior, preparación de suelos, almácigo o siembra, etapa vegetativa, reproductiva y en maduración), el control cultural como la rotación de cultivos y demás prácticas agronómicas, el control mecánico como el uso de cualquier implemento o herramienta que destruya a las malezas, el control biológico que se podría usar a futuro y el control químico mediante la selección y uso adecuado de los herbicidas.

Palabras Clave: Control integrado de malezas, malezas, herbicidas, mecanismos de acción.

ABSTRACT

The experience in integrated weed control is described as a sustainable alternative in solving the problem of weeds in crops. Prevention, monitoring and all controls participate in the success of weed management. In Peru, rice cultivation is the main transitional crop and the Huallaga Central is the main producing area nationwide, weeds being one of the main problems, which is why this work was carried out entitled: Integrated control of weeds in the rice cultivation, *Oriza sativa* L. in the Central Huallaga. The main weeds identified in rice cultivation in Huallaga Central were: *Echinochloa crus-galli*, *Echinochloa colona*, *Ischaemum rugosum* Salisb., *Leptochloa spp*, *Eleusine indica*, *Cyperus rotundus*, *Fimbristylis miliaceae*, *Capeirona palustris*, *Heteranthera reniformis*, *Portulaca oleraceae* and *Ludwigia decurres*. According to the identified weeds, control effectiveness, crop selectivity and rotation of mechanisms of action, it was determined that the most suitable pre-emergent herbicides were: Butachlor, Pendimethalin, Thiobencarb and Clomazon. Regarding post-emergence herbicides they were: Florpirauxiden benzil, Profoxidim, Cyhalofop butyl, Penoxsulam and Bentazon+MCPA. As a weed management plan in rice cultivation based on the principles of MIM, we must consider: Prevention to not allow the arrival of weeds to the field or prevent their distribution, monitoring of weeds at key moments (harvest of the previous campaign, soil preparation, seedbed or sowing, vegetative, reproductive and maturation stage), cultural control such as crop rotation and other agronomic practices, mechanical control such as the use of any implement or tool to destroy weeds, control biological that could be used in the future and chemical control through the proper selection and use of herbicides.

Keywords: Integrated weed control, weeds, herbicides, mechanisms of action.

I. INTRODUCCIÓN

Cuatro cultivos representan la mitad de los principales cultivos del mundo: caña de azúcar, maíz, trigo y arroz (FAO, 2020, p.24). Los mayores productores son China, India, Indonesia y Pakistán. Los requerimientos de recursos hídricos y mano de obra son mayores en comparación con los demás cereales.

En el Perú, el arroz; es el primer cultivo en importancia nacional. Representó el 11,5% del (VBPA) en el 2021. A nivel nacional en el 2021 se cosecharon 409 275 has, el cultivo transitorio de mayor área. Las regiones productoras de arroz en el Perú son la Costa y la Selva, en este último la región de San Martín es la principal zona productora con 111 563 has cosechadas (Ministerio de desarrollo agrario y riego [MIDAGRI]. 2021).

1.1. PROBLEMÁTICA

Los factores más importantes en la productividad y calidad del arroz están relacionados a la creación de nuevas variedades, desarrollo de paquetes tecnológicos, manejo eficiente de la lámina de agua, épocas de siembra y el manejo integrado de plagas (incluyendo las malezas). En la actualidad las malezas se han convertido en uno de los problemas más relevantes por causar pérdidas económicas en la producción. Las malezas compiten con el cultivo y reducen los rendimientos. En Asia, la pérdida directa de la producción de arroz debido a la presencia de malezas en los arrozales se estima del 20 por ciento con pérdidas que pueden llegar de 40 hasta 100 por ciento cuando las malezas no son controladas (Chaudhary et. al., 2003).

Entre las especies de malezas que destacan son: *Cyperus rotundus* (coquito), *Cyperus iria* (Iria), *Leersia hexandra* (Lambedor), *Sesbania exaltata* (tamarindillo), también se presentan especies hidrófilas como *Heteranthera reniformis* (oreja de ratón) y *Limnocharis flava* (buchón). Además, las más comunes son *Echinochloa*. (moco de pavo, flor morada, etc), *Leptochloa* (Plumilla), las especies *Oryza sativa* (arroz maleza), *Eclipta alba* (botoncillo), *Ludwigia spp.*, (clavito) y *Fimbristylis miliacea* (Pelo de cuy) (Peñaherrera, 2007).

La diversidad de malas hierbas en los sistemas de producción de arroz requiere de un manejo integrado de malezas (MIM) en el que su control se base en la prevención, erradicación y control de malezas utilizando el control cultural, control biológico, control mecánico y control químico.

Los productores de arroz, utilizan un control basado principalmente en el uso de químicos, debido a que en selva alta las siembras son continuas y se realizan dos campañas seguidas pudiendo llegar hasta dos campañas y media por año, sin rotación de cultivos y utilizando la siembra indirecta (trasplante); sin embargo, en los últimos años la siembra directa se ha incrementado por la reducción de los costos de producción lo que favorece la mayor incidencia de malezas y un uso prioritario del control químico, sin considerar que el uso reiterado de una sola molécula, podría generar resistencia en la malezas, por lo que han aparecido malezas resistentes a los herbicidas más usados como: propanil, quinclorac, metsulfuron metil, glifosato, etc.

Este trabajo de suficiencia profesional revisa y analiza los principios del manejo integrado de malezas en los sistemas de producción de arroz del Huallaga Central y propone un plan de manejo integrado de malezas sostenible en el tiempo.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

- Diseñar un manejo integrado de malezas para el cultivo de arroz en el Huallaga Central.

1.2.2 Objetivos específicos:

- Identificar las malezas más comunes que compiten en el cultivo del arroz.
- Recomendar los herbicidas más adecuados para el control de malezas dominantes.
- Estructurar un plan de manejo de malezas

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 EL ARROZ

El arroz tiene múltiples beneficios para la salud, proporciona energía instantánea. También estabiliza los niveles de azúcar en la sangre y retrasa el proceso de envejecimiento. También juega un papel importante en el suministro de vitamina B1 al cuerpo (Nagdeve, 2021).

En el escenario internacional, la producción de arroz pilado en el mundo alcanza los 512.9 millones de toneladas en 2021/2022, un 0.7% más que la campaña anterior. Se espera que en la campaña 2022-2023, la producción alcance un récord de 514.6 millones de toneladas. En términos de consumo de arroz en el mundo, consumo de arroz en 2021/2022 ha sido calculado alrededor de 509.9 millones de toneladas, una cifra sin precedentes que se debe al aumento del consumo en India y China (participan con más del 50% del consumo mundial total). En los últimos años se ve que el incremento del consumo es 1.8% promedio anual y el de la producción es 0.8% por lo que la brecha entre la producción y el consumo se ha reducido. Se estima que para la campaña 2022/2023 el consumo mundial sea superior a la producción, según la FAO, 2022 (Fig. 1).

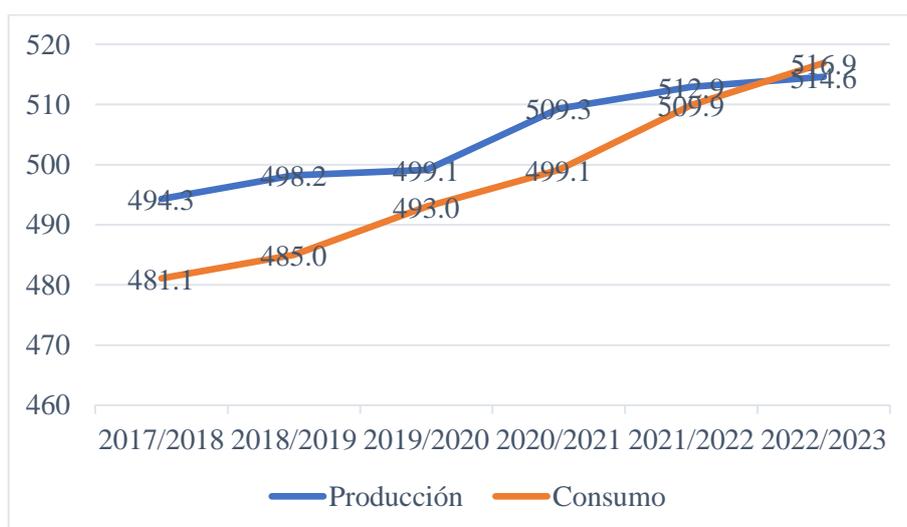


Figura 1. Producción y consumo mundial de arroz pilado (millones de toneladas)

Nota: Elaborado por MIDAGRI-DGPA-DEE, observatorio de Commodities: arroz, 2022, USDA

La producción nacional de arroz en el 2020/2021 fue de 3 millones 474 mil toneladas, muy cerca del 2018 con cifra récord de 3 millones 558 mil toneladas (Fig. 2).

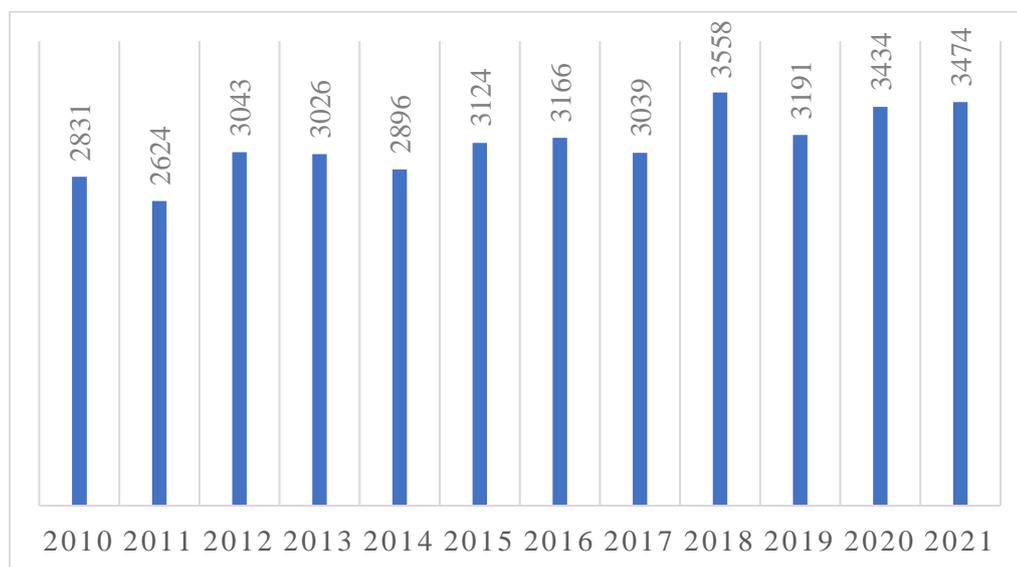


Figura 2. Producción nacional de arroz en cáscara (miles de toneladas)

Nota: Elaborado por MIDAGRI-DGPA-DEE, producción nacional de arroz en cáscara, 2022, MIDAGRI-DGESEP-DEIA

El potencial climático para la producción de arroz en el Perú es alto. En condiciones costeras se estiman en un rendimiento de 18 t ha^{-1} y en selva alta 16 t ha^{-1} con un índice de aprovechamiento del 50%. Actualmente, el rendimiento promedio es de $8,9 \text{ t ha}^{-1}$ en los arrozales de la costa y de $6,8 \text{ t ha}^{-1}$ en las áreas de la selva alta; y hay mucho por mejorar a través de mejores técnicas de producción y mejores variedades resistentes al estrés biótico. (Heros, 2019).

Los rendimientos más altos en el Perú se alcanzan en: Arequipa (13.77 t ha^{-1}), Ancash (12.48 t ha^{-1}), La libertad (11.10 t ha^{-1}) y Piura (9.34 t ha^{-1}). Las mayores producciones en el Perú se obtienen en: San Martín (875719.0 t), Piura (582407 t), Lambayeque (437240 t) y Amazonas (397440 t). Según MIDAGRI, 2021.

En la actualidad del año 2022 se atraviesa por una crisis económica mundial en el que el precio de varios insumos se ha incrementado como el combustible, los fertilizantes, agroquímicos, semillas certificadas, etc.; por lo que afecta negativamente la rentabilidad del arroz.

2.2 MORFOLOGÍA DEL ARROZ

El conocimiento de la morfología de la planta de arroz es la base de la investigación, ya que se basa tanto la diferenciación varietal como los estudios de fisiología y mejoramiento (Degiovanni et al., 2010).

El arroz es una planta anual, con tallos redondos y huecos que consisten en nudos y entrenudos, hojas planas unidas al tallo por vainas e inflorescencias en espigas. Los tamaños de las plantas van desde 0,4 m (enanas) hasta más de 7,0 m (flotantes). Tres tipos de raíces desarrolla la planta de arroz: radícula (raíz primaria), raíces del mesocótilo (parte del tallo entre el coleóptilo y la primera hoja) y raíces adventicias. (Arregocés, 2005).

2.3 CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL ARROZ

El crecimiento vegetal es un cambio irreversible en el tiempo que se da básicamente en tamaño, forma y número. Cuando la planta de arroz empieza a crecer desde el cigoto, aumenta en longitud, grosor, peso, número de sus células, la cantidad de sus protoplasmas y la complejidad de su organismo. Durante el ciclo de vida del arroz se distinguen 3 fases, las cuales tienen una duración de crecimiento definidas en cuanto a la diferenciación de la planta y los días de duración de estas tres fases (Degiovanni, V. et. al., 2010). Estas fases son las siguientes:

2.3.1 Fase vegetativa

Empieza con la germinación de la semilla y termina con la elongación del tallo. Aquí se determina el número de macollos, del cual depende el número de panículas por unidad de área. La duración de esta fase depende de la variedad y clima (Garcés, et al. 2018).

Las variedades de ciclo semitardío, suelen durar entre 55 y 60 días. Esta fase es la que diferencia a unas variedades de otras, según la duración que tengan sus respectivos ciclos de crecimiento. En la fase vegetativa, el número de macollos por planta o unidad de superficie es variable, debido principalmente a la densidad de siembra y al cultivar (Olmos, 2007).

2.3.2 Fase reproductiva

Dura alrededor de 30 días en la mayoría de las variedades. Está relacionado con la elongación de los entrenudos y varía ligeramente según el cultivar con las condiciones climáticas (GRiPS, 2013; Moldenhauer et al, 2021). Las siguientes fases ocurren en la etapa reproductiva: Inicio de la panícula, elongación de los entrenudos, diferenciación de la panícula (punto de algodón), estado de bota (embuchamiento), floración y antesis.

El periodo crítico de sensibilidad a las bajas temperaturas ocurre durante la formación de los granos de polen (meiosis). Se presenta entre 8 a 10 días antes de la floración. Temperaturas mínimas iguales o debajo de 12°C pueden provocar vaneo por bajas temperaturas (Olmos, 2007).

2.3.3 Fase de maduración

Tiene una duración de 30 a 40 días desde la fecundación y desarrollo del grano (estado lechoso y blando) hasta la cosecha (maduración de grano). Esta etapa también varía según la variedad y condiciones de temperatura. En esta etapa determina el peso del grano, por lo que es uno de los tres componentes del rendimiento en el arroz (Dirección de ciencia y tecnología agropecuaria [DICTA], 2003).

En el periodo de maduración el grano incrementa de tamaño y peso, y el almidón y azúcares se translocan desde las vainas, hoja bandera, y vástagos donde fueron acumulados en la fase vegetativa (Olmos, 2007).

2.4 MANEJO AGRONÓMICO DEL ARROZ

2.4.1. Preparación de suelo

El objetivo principal de la preparación de suelo es destruir las malezas presentes, incorporar la materia orgánica en el suelo (como residuos de la cosecha anterior y de las malezas) y contribuir a mejorar la estructura (mullir o reducir el tamaño de los terrones) de la capa arable, a fin de que la semilla ó plántula sea colocada en un medio apropiado para la respectiva germinación en el suelo. La preparación de suelos se realiza con tracción animal o con equipo automotor. Una preparación adecuada del suelo favorece la reducción de las pérdidas de agua y de nutrientes por lixiviación e infiltración para mejorar la producción (DICTA, 2003).

La preparación de suelos puede darse sin agua (seco) en el que se realizan las siguientes actividades:

Arado: se realiza a la vez para terrenos muy compactados o para voltear el suelo después de la cosecha con fines de aireación e incorporar los rastrojos y demás vegetales (figura 3). Para un terreno nivelado no recomienda el uso del arado.



Figura 3. Pase de grada en suelo seco

Nota: Tomado de DICTA, 2003

Gradeo (Cruza): el uso de este implemento es más común y usado para la preparación de tierras en el cultivo del arroz y se debe a la versatilidad de este implemento en la preparación de tierras. Generalmente son suficientes efectuar de dos a cuatro pases de rastra pesada. Sin embargo, debe de tenerse en cuenta que la humedad del suelo es determinante para obtener una buena preparación.

Nivelado: para realizar una buena distribución de la semilla y lograr una profundidad apropiada de siembra y tapado de la misma. El emparejamiento se puede realizar con una barra metálica o de manera, que se coloca al final de la rastra al momento de dar el último pase de rastra (DICTA, 2003).

De otra manera la preparación de suelos puede darse con agua (conocido como fanguero o batido) es más costoso que las siembras en seco. Las siembras por trasplante o al voleo con

semilla pregerminada son favorables y recomendables con el sistema de preparación de tierras por fangueo. Las actividades involucradas son las siguientes:

Rastra (rome-plow): Después cortar los rastrojos del arroz (si ha sido necesario), los suelos se rastrean en seco con uno o dos pases de rome-plow o una rastra pesada.

Inundación del terreno y pases de rotativa: Luego de los pases de rastra, las pozas se llenan con una lámina mínima de agua de 20 cm de altura para ejecutar el batido con uno o dos pases de una rastra liviana o con rotativa (figura 4). Teniendo en cuenta lo siguiente: (1) el suelo y el agua deben mezclarse muy bien mediante el “fangueo” y (2) se deben incorporar los rastrojos u otros residuos de la cosecha anterior que se voltearon con el arado.



Figura 4. Pase de rotativa

Nota: Tomado de DICTA, 2003

La adecuación del campo se realiza posterior a la cosecha y antes de la aradura. Consiste en limpiar los bordos, canales y drenes. La paja y el rastrojo se queman para controlar las pupas de insectos y tallos enfermos con pudriciones. Después de la aradura y aireación del suelo, durante el remojo se refuerzan los bordos, se rectifican los canales y se acondicionan los drenes.

Los bordos deben tener la altura necesaria para retener el agua en las pozas. Sí son muy bajos (menos de 0.20 m) el agua rebaza y pasa a las pozas vecinas. En el caso de las pozas al batido, al tener una lámina de agua sobre las malezas hace que éstas no prosperen. (Heros, 2013).

2.4.2. Siembra

Existen dos métodos de siembra: siembra directa e indirecta. Generalmente en la costa se suele usar más la indirecta y en la Selva la directa. Por interés de control de malezas se tiende a alternar ambos métodos.

En la siembra directa las semillas se siembran directamente en el suelo de manera manual o mecánica. Se realiza al voleo manual, consiste en distribuir la semilla en el área de siembra. La densidad que se utiliza varía de 100 a 120 kg/ha de semilla y en el voleo mecanizado se usa de 30 a 40 kg/ha (Heros, 2019).

Por otro lado, en la siembra indirecta (trasplante) tiene dos etapas: a. Almacigo y trasplante en la que se llevan plántulas del almacigo al campo definitivo (Heros et al 2017). La densidad de golpes por metro cuadrado varia de 16, 20 a 25 golpes por m². Los productores peruanos en la selva usan distanciamientos de 0.3 x 0.3 m. en el trasplante (INIA, 2010).

2.4.3. Fertilización

Depende del potencial productivo y este a su vez de las condiciones ambientales, características de los suelos y la variedad. La planta de arroz requiere de una cantidad de nutrientes esenciales para completar su ciclo de vida como las demás plantas, donde el carbono (C), hidrógeno (H) y oxígeno (O) son tomados del aire, el nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), considerados como elementos mayores son tomados del suelo, sin embargo, la mayoría de nuestros suelos son deficientes de ellos y, por consiguiente, hay necesidad de aplicarlos como fertilizantes. También se tienen los elementos secundarios como el calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S), además de los elementos menores o micronutrientes como el hierro (Fe), cobre (Cu), zinc (Zn), manganeso (Mn) y boro (B).

Según el historial de investigaciones realizadas en FEDEARROZ – Colombia, se construyó una tabla matriz para estimar los requerimientos nutricionales promedio por tonelada. (Tabla 1). A su vez hay que ajustar estos cálculos según los demás factores como son: análisis de suelo, condiciones físicas del suelo, clima, variedad, entre otros. (Castilla, 2021).

Tabla 1: Requerimientos nutricionales de la planta de arroz

Nutriente	kg/t	Nutriente	g/t
N	20	Fe	200
P	5	Zn	20
K	18	Cu	10
Ca	4	B	15
Mg	2	Mn	80
S	3		
Si	50		

Nota: Tomado de *claves para optimizar la fertilización en los cultivos de arroz*, por L. Castilla, 2021, revista Redagícola Colombia

2.4.4. Riego

Se estima que el cultivo de arroz requiere entre 800 mm y 1240 mm de agua. Los períodos de mayor demanda de agua son durante la siembra, la labranza y desde la diferenciación hasta el llenado de granos. La insuficiencia de agua durante las etapas de siembra y labranza puede afectar el número de tallos por planta (Sanzo et al., 2008).

El manejo del riego depende de las condiciones climática, tipo de suelo, variedad, sistematización del campo, preparación de suelo y manejo de la inundación. En la fase vegetativa los riegos son intermitentes, pero en la fase reproductiva y maduración los riegos son perennes. (Heros, 2012).

2.4.5. Plagas y enfermedades

La pérdida de rendimiento del arroz depende de las condiciones climáticas, de la variedad utilizada, el desarrollo y vigor del cultivo, los daños por plagas, enfermedades y malezas, así como la presencia o ausencia de organismos benéficas. Según Savary (2019), la pérdida de producción de arroz es de 24.6 a 40.9% por causa de enfermedades y plagas.

2.5 MALEZAS

Agronómicamente, se considera como maleza, a aquella planta que crece de forma predominante, en situaciones alteradas por el productor siendo no deseada en un espacio y tiempo del cultivo. Se caracterizan por ser persistentes y no tener valor económico. Las malezas compiten con el arroz por la luz solar, los nutrientes, el agua y el espacio; y si no se controlan reducen los rendimientos, así como la calidad de los granos. (Cueva et. al, 2018).

Es la fuerza natural por la cual las plantas y las especies de malezas tienden alcanzar su máximo crecimiento y rendimiento, unas a expensas de otras se denominan a la competencia de malezas (Helfgott, 2018). Las pérdidas causadas por las malezas son “ocultas” para el agricultor a comparación del daño causado por insectos, roedores, enfermedades, etc., lo que ha ocasionado que no se entienda de la importancia del deshierbo a tiempo para disminuir los efectos negativos de las malezas en los cultivos. La comprensión de los principios y de algunas complejidades de la interacción entre las plantas elevaría el conocimiento sobre la importancia de la interferencia de las malezas en los sistemas agrícolas (Doll, J., 1996).

2.6 CLASIFICACIÓN DE LAS MALEZAS

Existen diferentes maneras de clasificar, según Helfgott (2018), distinto a la taxonomía podemos citar a las principales:

2.6.1. Según su ciclo de vida

Se clasifican en anuales, bianuales y perennes. Las anuales viven solo un año, durante el cual producen semillas (su único medio de propagación) y mueren. Ejemplos: Yuyo (*Amaranthus spinosus*), Moco de pavo (*Echinochloa crus-galli*), Plumilla (*Leptochloa univervia*), etc.

Las Bianuales presentan un ciclo de vida de 2 años. En el primer año, el crecimiento es netamente vegetativo; en el segundo año florecen, producen semillas y mueren. Un representante de este grupo es la Zanahoria silvestre (*Daucus carota*).

También tenemos a las perennes, que viven tres años y/o más). Se reproducen por rizomas, estolones, raíces y semillas. A su vez se dividen en 4 subgrupos: *Simples*, se reproducen exclusivamente por semillas, por ejemplo: Diente de León (*Taraxacum officinale*). *Rastreras*, se caracterizan por propagarse mediante estolones, rizomas, bulbos o raíces, como grama china (*Sorghum halepense*), Coquito (*Cyperus rotundus*), etc. *Herbáceas*, La parte aérea muere cada años después de la floración y la parte subterránea permanece viva dando origen a nuevos tallos aéreos que florecen en los años siguientes. Ejemplo: Lengua de vaca (*Rumex acetosella*) y *Leñosas*: cada año aparecen nuevas partes aéreas que florecen y producen semillas. Ejemplo *Bambusa spp.*

2.6.2. Según tipo de planta

Se clasifican en malezas de hoja ancha y hoja angosta. Las malezas de hoja ancha, generalmente se les llama dicotiledóneas, lo que significa que las plántulas poseen dos hojas cotiledonares, que son evidentes al emerger la planta través del suelo. Las nervaduras de este tipo de maleza asemejan una red o tienen una apariencia ramificada (Baumann, 1999).

Las malezas de hoja angosta, conocidas como monocotiledóneas, porque sus plántulas poseen un solo cotiledón, el cual es llamado coleóptilo en las gramíneas, los cuales tienen hojas alargadas con nervaduras paralelas, las cuales se extienden hasta la vaina, sus tallos son redondeados o aplanados, cuando se observan en un corte transversal. En este tipo, también entran las ciperáceas, que a diferencia de las poáceas tienen tallos triangulares (Baumann, 1999).

2.6.3. Según el clima

Las condiciones atmosféricas propias de un lugar, como son: temperatura, humedad, precipitación, vientos, etc; influyen en la adaptación, crecimiento y desarrollo de las especies de malezas. En la tabla 2 se presentan algunos ejemplos de especies de malezas de acuerdo al clima en el que se desarrollan.

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

Nota: Tomado de clasificación de las malezas por su clima, por Helfgott. 2018.

2.7 MANEJO INTEGRADO DE MALEZAS (MIM)

Es la integración de diferentes prácticas que en conjunto ayudan a reducir la interferencia de las malezas, así como a limitar su propagación dentro del diseño de los sistemas de producción agrícola. Incluso los problemas más complicados de resistencia pueden ser prevenidos con una estrategia adecuada de manejo integrado de malezas. Es importante que los agricultores tomen conocimiento del impacto negativo de la resistencia a los herbicidas y comprendan los razonamientos lógicos para integrar las tácticas de control como base para su aceptación (Papa, 2018).

La integración de varias prácticas agronómicas combinadas con herbicidas probados y no dañinos al medio ambiente es una propuesta para manejar las poblaciones resistentes; estas incluyen:

- Siembra de cultivares competitivos, con un crecimiento agresivo de su follaje.
- Modificación de la fecha de siembra para asegurar un rápido establecimiento del cultivo.
- Fertilización adecuada en tiempo, cultivos alternados, calidad y humedad para favorecer el crecimiento del cultivo.
- Mayor densidad de siembra y menor espaciamiento entre los surcos o siembra cruzada para proporcionar una ventaja competitiva al cultivo.
- Otros en favor a mejorar la producción del arroz.

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

2.8 PREVENCIÓN

Según Getting Rid of Weed – GROW, s. f. la prevención es el primer paso del MIM que se refiere a evitar que se introduzcan malezas al campo o impedir que se diseminen dentro del campo si ya fueron ingresadas.

Los productores pueden incorporar estas tácticas:

- Medidas cuarentenarias para evitar la introducción de nuevas malezas junto con semillas u otro insumo.
- Evitar ingresar al campo insumos que estén contaminados con semillas de malezas, como por ejemplo semillas para siembra del cultivo, para cultivos de cobertura, etc.

- Limpieza exhaustivamente equipos de labranza, siembra y cosechadoras (metodología de limpieza combinada), que podrían transportar semillas entre lotes de un mismo campo o campos vecinos.
- Evitar que las malezas produzcan semillas en el campo, pero también en zanjas de drenaje, canales y otras áreas cercanas no cultivadas.
- Monitoreo las malezas de manera oportuna.
- Precaución al comprar equipo agrícola usado o al alquilar lotes donde no se conozca su manejo previo y qué malezas que puedan habitarlo.

2.9 MONITOREO

Permite identificar las malezas presentes para, luego, definir qué herbicidas son los más adecuados para el manejo de las comunidades presentes en cada lote, definir la presión de las malezas, conocer la situación histórica de malezas, determinar cuáles son los sectores más problemáticos, identificar los escapes para eliminarlos y evitar su propagación (HRAC, 2022).

2.10 CONTROL CULTURAL

Este método es un conjunto de prácticas agronómicas para reducir el efecto perjudicial de las malezas y tener un cultivo sano y vigoroso (GROW, s. f.). Por ejemplo:

- Aumentar la densidad de siembra para que el cultivo pueda cerrar rápidamente el espacio entre las plantas de arroz y haga sombra a las malezas.
- Rotación de cultivos para evitar que las malezas se adapten a las técnicas comunes de control y además permita la rotación de herbicidas.
- Rotación de Sistema de siembras de arroz, en el caso de trasplante se tiene un mejor control de malezas en comparación a los de tipo de siembra directa.
- Manejo de nutrientes para permitir una absorción óptima del cultivo mientras se limita la disponibilidad de nutrientes a las malezas.
- Manejo de lámina de agua de 15 a 25 cm de altura para que no prospere las malezas.
- Adelantar o retrasar las fechas de siembra para darle al cultivo una ventaja inicial o permitir una camada de germinación de malezas que se puede controlar antes de sembrar.
- Selección de variedades de cultivos para garantizar que los cultivos tengan la máxima ventaja competitiva contra las malezas.

2.11 CONTROL BIOLÓGICO

En general se define como el uso de organismos vivos para el control de plagas (malezas). Los enemigos naturales utilizados para el control biológico de malezas son aquellos que atacan las malezas, ya sea alimentándose de las malezas (usualmente insectos, pero también puede incluir ácaros, nemátodos, etc.), o por enfermedades de las malezas como hongos, bacterias o virus específicos para las malezas. La mayor parte de las investigaciones en el pasado se ha dirigido a malezas dicotiledóneas, pero en años recientes la atención se ha dirigido a las especies monocotiledóneas, particularmente para la evaluación de los agentes fungosos de control potenciales (Evans, 1991).

En Colombia, han identificado que los insectos *Lyssathia integricolis* Harold, *Lyssathia aenea luctuosa* y *Macrohaltica amethistina* Oliver (Coleóptera: Alticidae); colocan los huevos por el envés de la hoja y al eclosionar, las larvas consumen el follaje de la maleza esquelitizando la planta hasta en un 80%. Los adultos, pequeños escarabajos de las dos especies también consumen las hojas siendo más agresivos en la defoliación (Cueva et. al, 2018).

2.12 CONTROL MECÁNICO

Comprende las prácticas físicas que interrumpen la germinación y/o destruyen del tejido vegetal, y más recientemente la utilización de dispositivos de destrucción de semillas de malezas durante la cosecha del cultivo.

Involucra labores de aradura, cultivo y corte con implementos de labranza, así como deshierbos manuales con hoces, lampas, palanas, azadones y machetes, son los utilizados en el Perú. Las labores de aradura y cultivo restringen el desarrollo de las malezas al cubrirlas, cortarlas o exponerlas a la acción desecante del sol. Del mismo modo, en el caso de malezas perenne, se agotan las reservas de sus partes vegetativas al destruirse en forma continua la parte aérea. Las labores pueden ser superficiales cuando las malezas son anuales, pero deben ser más profundas en el caso de malezas perennes (Helfgott, 2018).

El tiempo de la preparación del suelo, depende en muchas ocasiones de las condiciones climáticas, del momento en que se liberó el suelo del cultivo anterior, de la urgencia de sembrar y de las posibilidades de invertir recursos en ésta; sobre todo cuando existen malezas de difícil eliminación como *Sorghum halepense*, *Cyperus rotundus* y *Cynodon dactylon* (Cerna, 2013).

2.13 CONTROL QUÍMICO

Es una metodología de control mediante el uso de herbicidas como agentes químicos que eliminan o inhiben el desarrollo de las malezas. Hoy en día el control químico se ha convertido en una de las principales herramientas de la agricultura moderna, sin embargo, si no se usan adecuadamente pueden causar daños al cultivo, medio ambiente e inclusive a las personas que manipulan (Rosales et. al., 2006).

En el arroz el control químico es el método más económico y oportuno en condiciones de poblaciones medias a altas de malezas, debido a que los herbicidas funcionan en pre o en postemergencia de las plántulas, sin que se haya ocasionado la competencia (Nakandakari, 2017).

2.13.1 Clasificación de los herbicidas

Según Helfgott, (2018), existen muchas maneras de clasificar a los herbicidas, en adelante haremos una descripción de los más importantes.

Según su Selectividad

Los herbicidas pueden ser clasificados como selectivos y no selectivos. Los herbicidas selectivos, son aquellos que a ciertas dosis, formas y épocas de aplicación eliminan a algunas plantas (malezas) sin dañar significativamente a otras (cultivo), por ejemplo: el Benthiocarb es selectivo para el arroz. A su vez, los herbicidas no selectivos son los que ejercen su toxicidad sobre toda clase de vegetación y deben utilizarse en terrenos sin cultivo o bien evitar el contacto con las plantas cultivadas. Por ejemplo, el glifosato no es selectivo para el arroz (Rosales et. al., 2006).

Según su movilización dentro de la planta

De contacto: herbicidas que eliminan sólo las partes de la planta con las que entran en contacto por lo que requieren de una buena cobertura de la maleza para controlarla y tienen un transporte limitado dentro de la planta, por lo que se recomiendan para el control de maleza anual. Algunos ejemplos de herbicidas de contacto, ej: glufosinato de amonio y bentazon.

Sistémicos: herbicidas que se aplican al suelo o al follaje y son absorbidos y transportados a toda la planta incluyendo sus raíces y otros órganos subterráneos. Debido a lo anterior, los herbicidas sistémicos son utilizados para el control de maleza perenne. Algunos ejemplos de herbicidas sistémicos son el 2,4-D y Cyhalofop butil. (Rosales et. al., 2006)

Según el momento de aplicación

Los herbicidas se dividen en tres tipos:

Preseembra, son aplicados antes de la siembra y generalmente se trata de productos químicos que tienen que ser incorporados en el suelo debido a que son poco solubles o muy volátiles. También pueden referirse a herbicidas que se aplican para eliminar o reducir la población de malezas existentes antes de la siembra para facilitar la labor de preparación de suelo. Ejemplo: Glifosato.

Preemergentes, se aplican después de la siembra, pero antes de la emergencia del cultivo y/o malezas. Por ejemplo, el Butachlor.

Postemergentes, se aplican después de la emergencia del cultivo y las malezas. Ejemplos: Profoxidim.

Según su estructura química

A continuación, se presenta una clasificación de la preferencia de un grupo de especialistas (Helfgott, 2018):

Inorgánicos, son los que no tienen átomos de carbono en sus moléculas. Pueden ser ácidos y sales, pero tienen muy poco uso.

Orgánicos, tienen átomos de carbono en sus moléculas. En la Tabla 3 se presenta, en orden alfabético, una lista de 32 grupos químicos y ejemplos de herbicidas registrados en SENASA (Servicio Nacional de Sanidad Agraria).

Tabla 3: Clasificación de herbicidas de acuerdo con el grupo químico

Grupo Químico	Nombre Químico Común
Ácidos piridin 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
Benzoicos	Amiben, chlorambem, dicamba
Benzotiadiazoles	Bentazon
Bipiridilos	Diquat, paraquat
Carbamatos	Asulam
Ciclohexanedionas	Cletodim, setoxidim
Difenileteres	Oxifluorfen
Dinitroanilias	Pendimentalina, trifluralina
Fenilcarbamatos	Desmedifam, fanmedifam
Fenoxi carboxilicos	2, 4-D, MCPA
Fluroalquitriazinas	Indaziflam
Fosfonoaminoácidos	Glifosato, glufosinato
Imidazolinas	Imazapic, imazapir, imazetaphyr
Isoxasoles	Exosaflutole
N-feniltalimidias	Flumioxazin
Nitrilos	Bromoxinil, ioxinil
Oxiacetamidas	Flufenacet
Piridazinonas (oxadiazoles)	Amicarbazona, clomazone, norflurazon, oxadiazon, pirazon
Pirimidinil tiobenzoatos	Bispyribac sodium
Quinolin carboxilicos	Quinclorac
Sulfonilúreas	Bensulfuron-metil, flzasulfuron, halosulfuron-metil, metsulfuron-metil, pyrazosulfuron-etil y otros
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.

Según su mecanismo de acción

Es una clasificación de acuerdo con el sitio de acción en donde actúan los herbicidas, determinado por el Comité de Acción contra la Resistencia a los herbicidas (HRAC, 2022). Esta clasificación la veremos en el 2.14.4 con mayor amplitud.

2.13.2 Aplicación de herbicidas

Son muy pocas cantidades de herbicidas necesarias para controlar malezas en una hectárea. Por ello, se requiere métodos de aplicación apropiados para lograr que su distribución sea uniforme y permita un control óptimo (Helfgott, 2018).

Para aplicar herbicidas, los métodos más empleados son las aspersiones de diferentes formulaciones y la distribución de gránulos. Las aspersiones constituyen el método más común para aplicar herbicidas que se formulan como sólidos y líquidos. Consisten en la distribución uniforme de cantidades muy pequeñas de productos sobre el follaje o el suelo en un área determinada, lo cual se obtiene utilizando agua como agente dispersante. La concentración del ingrediente activo en la solución de aspersión varía desde 0.1 a 10% (Labrada, 1996)

El agua es simplemente un vehículo que permite la distribución uniforme de producto. Los volúmenes de agua pueden variar desde alrededor de 40- 50 l/ha, en el caso de aplicaciones aéreas hasta 200-400 l/ha, en aplicaciones terrestres. En aplicaciones de pre-emergencia, los volúmenes utilizados no son de importancia crítica, ya que para entrar en la solución del suelo requieren un riego o una lluvia ligera, debido a que poseen muy baja solubilidad en agua.

En cuanto a las aplicaciones de postemergente, los volúmenes de agua empleados varían, principalmente, de acuerdo con la cantidad de follaje y tamaño de la maleza presentes, así como el tipo de herbicida. Para una población densa de malezas grandes, se requiere mayores volúmenes de agua que para poblaciones menores de malezas pequeñas (Helfgott, 2018).

En cuanto al tipo de herbicida, cuando se trata de herbicidas sistémicos o translocables, los volúmenes de agua pueden ser bajos (hasta 40 l/ha), pues será suficiente que unas cuantas gotas de caldo herbicida se depositen sobre el follaje para que el herbicida penetre y se movilice por toda la planta. De otra parte, los herbicidas llamados de “contacto” no se translocan por el sistema vascular, por lo que se requiere una buena cobertura de la parte aérea de las malezas, Los volúmenes de agua deben ser relativamente altos (no menos de 500 l/ha).

De preferencia se recomienda usar agua limpia porque algunos herbicidas se ven afectados por la presencia de materia orgánica y arcillas. Por otro lado, tenemos la presencia de sales de

magnesio y calcio que determina la dureza expresada en ppm de CaCO₃, En general se toma como valor umbral 150 ppm; es decir, que por encima de este valor deberá ser necesaria la utilización de un corrector de dureza o «secuestrante de cationes», mientras que, por debajo, el uso de este no será necesario (Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes [CASAFE]), 2016)

Se pueden emplear aspersores terrestres (bombas de mochila o aspersores de espalda y equipos acoplados a un tractor) y aéreos (avionetas, helicópteros y drones), de acuerdo con las necesidades y conveniencias de cada caso. Los equipos aéreos como helicópteros o avionetas que se usan muy poco en el cultivo de arroz en el Perú permiten asperjar o distribuir herbicidas sobre áreas de difícil acceso para aspersores terrestres: bosques, campos inundados de arroz, pasturas extensas, campos grandes de cereales y otros. Su principal desventaja es el peligro de daños por arrastre de herbicida hacia cultivos vecinos susceptibles. En general, tanto los aspersores terrestres como los aéreos tienen los mismos componentes básicos: tanque, fuente de presión y sistema de descarga (Helfgott, 2018).

Bomba de espalda a palanca, es el equipo de aspersión más común por su facilidad de cargar el agroquímico preparado, su fácil operación y su facilidad de limpieza. Es el segundo equipo más usado en el cultivo de arroz en el Perú, básicamente para almácigos, bordos y caminos en campos definitivos. El operario debe utilizar sus dos manos para manejar el equipo; con una acciona permanentemente la palanca para producir la presión y con la otra dirige la lanza que lleva en la punta la boquilla. Este tipo de equipos requiere el uso de un regulador de presión, con el objetivo que la descarga sea constante. Al no tener un regulador de presión, cuando el equipo presente alta presión la descarga será mayor produciendo una sobre dosis y de manera contraria se producirá unas sub-dosis (FEDEARROZ, 2014).

Las fumigadoras más modernas tienen en la punta de la lanza un acople universal portaboquillas que permite seleccionar la boquilla más adecuada para cada necesidad. En la parte interna de la boquilla debe ir un filtro de mallas para evitar el taponamiento de esta, este filtro se puede limpiar frecuentemente con un cepillo de cerdas de nylon adaptado para esta función. Cuando la bomba no tiene regulador de presión, la acción de la palanca debe ser rítmica para lograr una distribución aproximadamente uniforme del agroquímico.

Bomba de espalda motorizada, es el equipo más usado en el cultivo de arroz del Perú. Las hay de muchos modelos y capacidades, pero las más utilizadas tienen tanques en la parte superior para la mezcla de agroquímicos variando entre 12 a 14 litros. Algunos pocos modelos

tienen tanques de mayor capacidad. Los motores son de dos tiempos y generan la presión suficiente para efectuar la aspersión. Como en todas las fumigadoras tienen una llave de cierre rápido y apertura que permite llevar la mezcla hasta una lanza con boquilla y son para corto alcance (20 a 60 cms.) y reemplazan las manuales evitando al operario la necesidad de accionar la palanca.

Drone, es el equipo de aplicación más moderno con no más de cinco años en el Perú, puede permitir aplicaciones más precisas y reducir la exposición de los operarios a los productos agroquímicos, son hasta 50 veces más rápidos en la aplicación de productos químicos para la protección de cultivos que el típico pulverizador de mochila, lo que reduce no sólo el tiempo sino también el costo de los tratamientos. Esto permite a los agricultores completar el trabajo en un plazo determinado con las condiciones climáticas y ambientales idóneas, permitiendo una eficacia uniforme de los productos fitosanitarios en el campo. La aplicación con drones necesita hasta un 90 por ciento menos de agua que los pulverizadores de mochila, lo que ayuda a los agricultores a producir no sólo más, sino mejor, a conservar recursos vitales, especialmente en zonas de escasez de agua (Gonzalez, 2022).

Este equipo de aplicación durante los últimos años viene creciendo significativamente. En la Figura 5 se muestra una aplicación referencial con dron.



Figura 5. Uso de dron en aplicaciones de herbicidas

Nota: Tomado de Elera, El dron una tecnología en tendencia en el sector agrícola de Piura, 2020, AgroPress

La cantidad del líquido descargado está directamente relacionado con el tipo de boquilla que se use y la distribución uniforme del herbicida depende del desgaste en que se encuentren las boquillas, llegando a disminuir o aumentar la capacidad de descarga hasta un 80%.

Las boquillas de cono, pueden ser utilizadas para aplicaciones dirigidas de herbicidas postemergentes en los potreros. Las boquillas de tipo “Flood-jet” (TK) son utilizadas por lo general para aplicaciones preemergentes. Con las de abanico plano se pueden aplicar herbicidas tanto preemergentes como de pre-siembra incorporados, y las de abanico uniforme, se usan para aplicaciones en banda (Cerna, 2013).

2.13.3 Aspectos fisiológicos

Para que un herbicida realice su acción fitotóxica es necesario que haya contacto (hojas o raíces), penetración en la planta y movilización al lugar (sitio de acción) donde afectará su metabolismo (mecanismo de acción).

El modo de acción se refiere a todos los eventos que ocurren en la planta desde que ingresa el herbicida; esto incluye la absorción, el movimiento en la planta y la interacción en el sitio en la planta donde el herbicida interfiere con el metabolismo de la planta, hasta matarla (Pitty, 2018).

El sitio de acción se define como el sitio o proceso bioquímico específico de la célula o tejido afectado directamente por el herbicida (Mallory-Smith, 2003).

La cantidad de moléculas de cualquier herbicida, aplicado al suelo o follaje, que llega al sitio de acción no ha sido determinada. Sin embargo, es probable que represente un porcentaje muy bajo con respecto a la cantidad aplicada. Ello se debe a que hay una serie de obstáculos o barreras físico-mecánicas, morfológicas y bioquímicas, tanto en la planta como en el suelo, las cuales reducen la concentración de herbicida que llegará al sitio de acción.

El mecanismo de acción describe la forma en que un herbicida actúa para controlar las malas hierbas, ya sea interrumpiendo un determinado proceso biológico o inhibiendo el funcionamiento de ciertas enzimas, lo cual afecta al crecimiento y desarrollo normal de la planta (Osuna, 2022).

Según la definición de Sitio de Acción se clasifican los mecanismos de acción de los herbicidas, realizada por la HRAC (Herbicide Resistance Committee Action). El Comité de Acción contra la Resistencia a los Herbicidas es un organismo internacional fundado por la industria agroquímica que ayuda a proteger a los herbicidas de la resistencia de las malezas. Dicha asociación otorga diferentes números a los herbicidas que actúan en distintos sitios de acción (Torra et. al, 2022).

- **Inhibidores de la síntesis de aminoácidos**
Actúan sobre enzimas específicas de la maleza para impedir la producción de aminoácidos, fundamentales para su crecimiento y desarrollo.
- **Inhibidores del crecimiento de las plántulas**
Interrumpen el crecimiento de la plántula de maleza y se aplican en el suelo.
- **Reguladores del crecimiento**
Causan un crecimiento rápido y descontrolado de las malezas provocando el retorcimiento y la muerte de las plantas.
- **Inhibidores de la fotosíntesis**
Inhiben uno o varios procesos de la fotosíntesis provocando la acumulación de sustancias tóxicas para la maleza y la falta de alimento (hidratos de carbono).
- **Inhibidores de la síntesis de lípidos**
Provocan la detención del crecimiento de las malezas al impedir la síntesis de lípidos necesarios para las membranas celulares.
- **Rompen membranas celulares**
Actúan dentro de la maleza generando compuestos que rompen las células. No se translocan, así que solo causan efecto en el sitio de contacto con la planta.
- **Inhibidores de pigmentos**
Evitan la producción de sustancias que protegen a las plantas de la destrucción de la clorofila, causando la muerte por inhibición de la fotosíntesis.
- **Desconocidos**
Existen mecanismos de acción aun no estudiados.

En la Tabla 4 se muestran los mecanismos de acción de los herbicidas y con los ejemplos más significativos.

Tabla 4: Mecanismos de acción de los herbicidas con códigos HRAC

HRAC	Enzima o proceso afectado	Ingredientes Activos
1	ACCasa	Cyhalofop butil, Profoxidim
2	ALS	Bispiribac sodio, Penoxsulam
3	Ensamblaje de microtúbulos	Pendimetalin
4	Auxinas	2,4-D, MCPA
5	Fotosistema II (264)	Propanil
6	Fotosistema II (215)	Bentazon
9	EPSPS	Glifosato
10	GS	Glufosinato de amonio
12	PDS	Diflufenican
13	DOXPS	Clomazon
14	PPO	Saflufenacil, Oxadiazon
15	VLCFAS	Bentocarb
18	DHPS	Asulam
19	Transporte de auxinas	Diflufenzopyr
22	Fotosistema I	Diquat
23	Organización de microtúbulos	Clorprofam
24	Desacopladores	DNOC
27	HPPD	Isoxaflutole
28	DHODH	Tetflupyrolimet
29	Síntesis de celulosa	Indaziflam
30	FAT	Cinmetilina
31	Serina/Treonina PP	Endotal*
32	SPS	Aclonifeno
33	HST	Ciclopirimorato
34	Licopeno ciclasa	Amitrol
0	Desconocido	Monalide

Nota: Tomado de clasificación de herbicidas según mecanismos de acción. HRAC 2022

Un sistema de clasificación de los herbicidas basado en su mecanismo de acción proporciona una referencia inmediata a la hora de diseñar programas de gestión integrada de las malezas. El utilizar diversos mecanismos de acción para el control de las malezas retrasa la evolución de la resistencia a los herbicidas (HRAC, 2022).

2.13.4 Resistencia

Resistencia a los herbicidas: “La resistencia a los herbicidas es la capacidad heredada de una planta para sobrevivir y reproducirse después de la exposición a una dosis de herbicida normalmente letal para el tipo silvestre. En una planta, la resistencia puede ocurrir naturalmente o ser inducida por técnicas como la ingeniería genética o la selección de variantes producidas por cultivo de tejidos o mutagénesis”.

Tolerancia a los herbicidas: “La tolerancia a los herbicidas es la capacidad inherente de una especie para sobrevivir y reproducirse después del tratamiento con herbicidas. Esto implica que no hubo selección ni manipulación genética para que la planta fuera tolerante; es tolerante por naturaleza” (WSSA, 1998).

Actualmente hay 515 casos únicos (especie x sitio de acción) de malezas resistentes a herbicidas a nivel mundial, con 267 especies (154 dicotiledóneas y 113 monocotiledóneas). Las malas hierbas han desarrollado resistencia a 21 de los 31 sitios de acción de herbicidas conocidos ya 165 herbicidas diferentes. Se han reportado malezas resistentes a herbicidas en 97 cultivos en 72 países. A nivel mundial el cultivo de arroz presenta 171 casos de malezas resistentes. Por ejemplo (Weedscience, 2022):

- Australia, 2021, *Echinochloa crus-galli var. crus-galli* a Cyhalofop butil y Profoxydim.
- Estados Unidos, 2020, *Leptochloa fusca spp. fascicularis* a Clomazon.
- Colombia, 2019, *Cloris radiata* a Glifosato e Imazamox.
- Y 168 casos más en el mundo, pero en Perú aún no hay casos oficiales.

III. DESARROLLO DEL TRABAJO

El presente trabajo se realizó en el periodo de diciembre del 2018 a diciembre del 2022, laborando en el Grupo Silvestre (Neoagrum y Silvestre Perú) como Coordinador de Desarrollo, en el que se evalúan ensayos de eficacia comerciales, transferencia de tecnologías en el uso de los herbicidas, acompañamiento a los agricultores para un mejor control de malezas en el cultivo de arroz debido, que es uno de los principales problemas en este cultivo y a la vez es el cultivo transitorio de mayor extensión en el Perú. El alcance de este trabajo se desarrolló en el valle del Huallaga Central – San Martín.

3.1 CARACTERÍSTICAS DEL VALLE DE HUALLAGA CENTRAL

El valle se encuentra ubicado en el departamento de San Martín, abarca las 5 provincias del departamento: Bellavista, Picota, Huallaga, El Dorado y Mariscal Cáceres. Según datos del MIDAGRI del 2021 se cultivan 50 592 has de arroz. Figura 6.

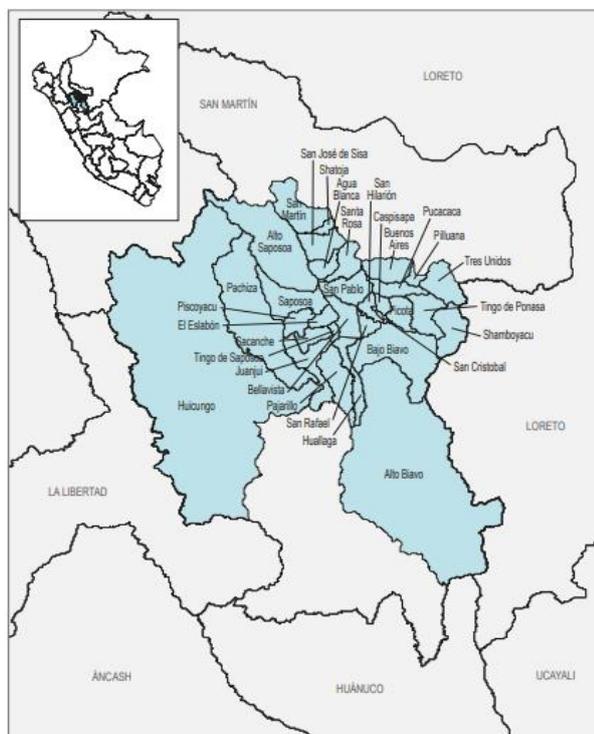


Figura 6. Conformación del valle de Huallaga Central

Nota: INEI – IV Censo agropecuario 2012

La agricultura del Huallaga Central se caracteriza porque la mayoría de los agricultores son varones (propietarios y arrendatarios), tienen una unidad agropecuaria de 12.8 has y agua en buena calidad y cantidad. El arroz es el cultivo principal, irrigados por bombeo a petróleo, con preparación de suelos de nivel bajo a medio y realizan 2 a 2.5 campañas de arroz por año. El tipo de siembra directa con semilla pregerminada principalmente, las variedades más sembradas son: Fedearroz 60, El Valor, la Esperanza, la Conquista, etc.

3.2 IDENTIFICACIÓN DE MALEZAS PREDOMINANTES EN EL ARROZ

Uno de los primeros pasos del MIM es la correcta identificación de las especies de malezas presentes en el campo, a continuación, desarrollaremos las más predominantes e importantes según la clasificación de malezas por el tipo de planta.

Con fines de interés agronómico se muestran las principales malezas en estado de plántula y reproductiva.

3.2.1 Malezas de hoja angosta – familia Poaceas

- *Echinochloa crus-galli* “moco de pavo”

Es una maleza nativa de Europa, tipo anual, de tamaño de 30 a 150 cm. Con raíces fibrosas y hojas sin lígula; vaina aplanada en estado de plántula.

Inflorescencia formada por un racimo de 2-10 cm, con varias espigas bien definidas, distantes entre ellas.

La mayoría de las espiguillas de 2,8-3,5 mm, comprimidas, aristadas o no; la gluma inferior tiene un medio a un tercio de la longitud de la espiguilla y es mucho menor que la gluma superior, que tiene cortos cilios. El raquis suele presentar largas setas. El fruto es una cariósipide elíptica, aprox. de 2 mm de largo.

Su hábitat es de áreas húmedas e inundada. Se propaga por semilla sexual, distribuye con el riego y como contaminante de semilla comercial.

Con respecto a su biología, las semillas tienen latencia variable, pueden germinar durante todo el año, al quinto día de su inicio de germinación emergen, macollan después de 10 días, florecen a los 40 días y maduran a los 60 días después de su germinación. Pueden llegar a producir 1 millón de semillas por planta. (Laborde, 2013). Plántula y planta adulta de *Echinochloa crus-galli* (Figura 7).



Figura 7. *Echinochloa crus-galli* “moco de pavo”

- *Echinochloa colona* “flor morada”

Es una gramínea anual que pertenece a la familia Poaceae se considera medianamente agresiva, a nivel mundial, está considerada dentro de las 10 malezas más nocivas, ya que pueden ser adaptable a suelos pobres, es arvense y muy resistente al alto dosis de glifosato.

Son plantas anuales de 10 a 40 cm de altura, posee tallos muy erectos o recostado sobre el suelo y con las puntas ascendentes, ramificado, posee también en menor cantidad raíces en los nudos inferiores, con pelillos en los nudos, hojas alternas, dispuestas en 2 hileras sobre el tallo, con inflorescencias en forma de panícula densa y angosta, de hasta 15 cm de largo, ubicada en el extremo del tallo, compuesta de 5 a 10 ramitas ascendentes (Gómez, 2020). A continuación, mostramos un Juvenil y planta madura de *Echinochloa colona* (Figura 8).



Figura 8. *Echinochloa colona* “flor morada”

- *Ischaemum rugosum* Salisb. “mazorquilla”

Entre tantas malezas que existen este es el que reduce el rendimiento del arroz, tiene un ciclo similar al cultivo que produce volcamiento afectando su cosecha y es hospedante de varias plagas y patógenos por este motivo económicamente es muy importante para el cultivo de arroz. Los productores destinan aproximadamente de 10 a 30 % de los costos de producción al manejo de malezas. A mayor problema de evolución de resistencia de la maleza mayor sería la inversión para el manejo de estas, que aun así podría llevar a la pérdida total de su cultivo.

Esta planta es muy vigorosa anual presenta mechones, a veces con raíces de zanco, con raíces en los nudos, con tallos erectos, inclinado o ascendentes y muy a menudo muy ramificados, de hasta 1.5 m de altura. La especie puede identificarse por las costillas o crestas transversales prominentes y distintas en la gluma inferior de la espiguilla. Las aristas vertebrales son prominentes y el tallo con nudos pubescentes (tricomias).

Poseen una inflorescencia terminal, aparentemente simple cuando es joven, pero se separa con la edad en sus dos racimos constituyentes, generalmente de 7 – 10 cm de largo, cada uno con su racimo y la espiguilla dispuesta en pares, una sésil, una pedicelada, en un lado del raquis triangular y piloso (Rojas, 2015).



Figura 9. *Ischaemum rugosum* Salisb. “mazorquilla”

- *Leptochloa* sp “plumilla”

Pertenece a la familia de las Poaceas son plantas herbáceas anuales su raíz es fibrosa con tallos huecos bien delgados, glabros y erectos, en ocasiones sin acodos y sin ramificaciones. Las hojas son pilosas de forma linear poseen vainas traslapadas, con coloración rojiza en la unión de la vaina con la hoja. Es más larga que el entrenudo. Sus flores son espiguillas están colocadas en dos surcos en la parte inferior del racimo con 2 o más flores, que se asocian en racimos simples, ubicados en grupos o solitarios, en un raquis elongado, formando una panícula terminal, solitaria de color morado. El fruto es una cariósida y su forma de reproducción es por semillas desarrollándose principalmente en lugares húmedos y secos dentro del cultivo y en áreas sin cultivar (Leonardo, 1998). Ver figura 10.



Figura 10. *Leptochloa* sp “plumilla”

- *Eleusine indica* “pata de gallina”

Son catalogadas como hierbas invasoras en varios países también llamado “maleza agrícola” ya que son fácilmente dispersadas por el viento, agua, en el pelo de los animales, en la maquinaria agrícola y como es muy contaminante del suelo es capaz de sobrevivir, reproducirse y establecerse en hábitats y ecosistemas naturales.

Esta Poaceae, puede llegar a alcanzar de 5 a 9cm de altura como máximo, poseen tallos muy erectos ascendentes poseen hojas con vainas foliares comprimidas y aquilladas son glabras o en ciertos casos pelos marginales en la parte superior, con lígula membranosa ciliada de 1 mm de largo, cada lamina a menudo plegada, hasta de 3 cm x 9 mm de ancho, glabra, pero con un pequeño mechón de pelos en la garganta y a veces con algunos pelos largos en los márgenes muy cerca de la base (Gómez, 2020).



Figura 11. *Eleusine indica* “pata de gallina”

3.2.2 Malezas de hoja angosta – familia *Cyperaceas*

- *Cyperus rotundus* “coquito”

Esta maleza es muy predominante ya que causa una mayor afectación a los cultivos de arroz siendo parte principal del impacto económico negativo es una especie perenne que se desarrolla en pequeños macollos de hojas lineales, pero principalmente basales y son más cortas que el eje floral único.

El brote madre esta unidos a numerosos brotes hijos con rizomas ramificados formando numerosas cadenas de tubérculos elipsoidales cubiertos por escamas fibrosas de color oscuro. Estos tubérculos poseen un fuerte olor picante. Es una especie perenne con multiplicación principalmente vegetativa ya que cada planta desarrolla una red de rizomas ramificados a lo largo de los que se forman los tubérculos. Estos últimos son dormantes o latentes en función de la dominancia apical del brote madre y de las condiciones del medio, esta dominancia apical se rompe cuando se cortan los rizomas. La floración inicia 6 a 8 semanas después de la emergencia. También se multiplica por por semillas, produciendo un promedio de 150 semillas/planta, pero tiene bajo porcentaje de germinación, se desarrolla todo el año si el suelo está húmedo. Las semillas se distribuyen por escorrentías y por el arrastre del viento (García, 2021).



Figura 12. *Cyperus rotundus* “coquito”

Nota: Tomado de Flora-on, 2021

- *Fimbristylis miliacea* “pelo de cuy”

Es una planta anual y en algunas ocasiones bienal, densamente tupida. Las raíces son muy fibrosas y de rizomas ausentes. Pueden caracterizarse por un tallo delgado flácido que crece hasta los 90 cm de altura. El vástago tiene aproximadamente de 0.8 a 0.2 mm de diámetro y se ensancha en la base a aproximadamente 5 mm de diámetro. Posee las hojas rígidas y parecidas a un hilo.

Sus hojas crecen dos tercios de la longitud de sus tallos, pero pueden crecer más que el tallo. En los tallos sin floración, se despliega en dos filas con vainas aplanadas. Las características de las hojas son que tienen un aproximado de 50 mm de diámetro y crece hasta un rango de 6-10 cm de longitud.

Se componen de 6-50 espiguillas de color marrón rojizo y las espiguillas son redondeadas o estrechas de forma aguda en el ápice y miden un aproximado de 2 a 5 mm para cada espiguilla. El color de las semillas varía de gris a amarillo pálido o blanco (Cantos, 2019).



Figura 13. *Fimbristylis miliacea* “pelo de cuy”



Figura 14. *Fimbristylis miliacea* “pelo de cuy”

Nota: Tomado de Cueva, 2018 FEDEARROZ

3.2.3 Malezas de hoja ancha – dicotiledóneas

- *Caperonia palustris* (L.) “falsa coca” – Familia Euphorbiaceae

Hojas cotiledonares oblangas, con 8 a 10 mm. de ancho y 8 a 12 mm de largo. Nervaduras muy visibles. Hipocótilo alargado. Las hojas siguientes son lanceoladas con borde aserrado. Tallo color verde oscuro.

Planta anual herbácea, se desarrolla en suelos inundados que puede llegar a medir desde 60 hasta 150 cm. de altura. Su tallo es erecto, ramificado, con tricomas y de color verde oscuro. Las hojas son alternas, de 1 a 3 cm. de ancho y de 7 a 15 cm. de largo. Estas hojas tienen venación prominente y son ásperas con márgenes aserrados. Sus flores son blancas y presenta raíz pivotante. El fruto es una cápsula trilocular, con semillas redondeadas de 2 a 3 cm. de diámetro. Se propaga por semillas. (Vibrans, 2009).



Figura 15. *Caperonia palustris* (L.) “falsa coca”



Figura 16. *Caperonia palustris* (L.) “falsa coca”

Nota: Tomado de Vibrans, 2009

- *Heteranthera reniformis* Ruiz&Pav. “oreja de ratón”- Familia Pontederiaceae

Planta acuática con tallos delgados, simpodiales, postrados sobre el lodo o flotantes, ramificados. Hojas alternas; vainas de 2.5 cm, el ápice emarginado; pecíolos 3 a 30 cm, no inflados; láminas 2.5 a 4 x 2.5 a 4 cm, siempre emergentes, obovadas, la base cordata, el ápice obtuso, raramente agudo. Inflorescencia espiciforme, con 3 a 6 flores; flores solitarias, alterna a lo largo del pedúnculo, sésiles; pedúnculo 1.5 a 3.3 cm, delgado, glabro; entrenudo entre las espatas 1.2 a 4 cm; lámina de la espata inferior 2.5 a 4 x 2.5 a 4 cm, similar en forma y tamaño a la lámina de las hojas estériles; espata superior 1 a 2.8 cm, abierta desde la base o desde la mitad, el ápice mucronado, flores de 1 cm. de perianto blanco, piloso externamente; lóbulos externos de 4 mm; lóbulos internos de 4 mm. Filamento de la antera grande de 2.2 mm, con algunos pelos dispersos, de las anteras chicas de 1.3 mm, con un mechón de pelos en la inserción con la antera; antera grande 1.2 a 1.4 mm, amarilla; anteras chicas 0.4 a 0.5 mm, amarillas. Pistilo hasta 1 cm; estilo piloso, especialmente en el tercio superior; estigma capitado. Cápsulas 0.8 a 0.9 cm; semillas 0.6 a 0.7 x 0.4 a 0.5 mm, con 10 a 11 costillas (Novelo, 2015)



Figura 17. *Heteranthera reniformis* Ruiz&Pav “oreja de ratón”

Nota: Tomado de Cueva, 2018 FEDEARROZ

- *Portulaca oleracea* “verdolaga” – familia Portulacaceae

Es una planta herbácea anual considerada como una C4 es conocida como planta muy rica en fuente no acuática de ácido linoleico, siendo muy conveniente para el consumo humano.

La verdolaga es una planta que sustituye al aceite del pescado ya que posee un alto contenido de ácido linoleico, que es un gran precursor del orden más alto de ácidos grasos en omega-3.

Es una hierba bien carnosa, posee un tallo ramificado, sus ramas se encuentran muy extendidas radialmente, sus hojas son alternas, poseen un ápice redondeado, sus flores son muy sésiles y estas pueden estar en solitarias o agrupadas, su fruto es una capsula que puede llegar a medir de 5 a 9 mm de largo (Gómez, 2020).



Figura 18. *Portulaca oleracea* “verdolaga”

Nota: Tomado de Agroslidebanks, identificación de *Portulaca oleracea*, 2022

- *Ludwigia decurrens* Walter “clavito” familia Onagraceae

Esta maleza de arrozales desarrolla de 30-200 cm de largo libremente ramificada. El tallo posee cuatro alas desde la base decurrente de las hojas, las raíces están sumergidas. Las hojas son lanceoladas o elípticas; las flores poseen cuatro pétalos amarillos o blancos, son solitarias y se encuentran en las yemas superiores, tienen ocho estambres y cuatro sépalos. El fruto es una capsula loculicida de color café (Sanclemente, 2008). Muy común en los arrozales de la selva peruana.



Figura 19. *Ludwigia decurrens* Walter “clavito”

3.3 SELECCIÓN DE HERBICIDAS ADECUADOS PARA EL ARROZ

De acuerdo con la identificación de malezas revisadas en el punto anterior, se proponen herbicidas que tengan un control eficaz de las malezas descritas en el punto anterior y que sean selectivas al cultivo del arroz.

3.3.1 Herbicidas preemergentes

El herbicida preemergente recomendado de preferencia por Caldas (2020) en su composición líquida (4 litros por hectárea de Butaclor o 50 kg de Butaclor 5 % G o Pyrazosulfuron 10 % PM). Sin embargo, existen otros ingredientes activos con buenas características de eficacia, selectividad y de diferentes mecanismos de acción.

Llontop (2021), en Lambayeque (Mochumí), realizó un ensayo de eficacia con diferentes herbicidas preemergentes en el cultivo de arroz de variedad Mallares bajo sistema de siembra directa. La aplicación se realizó a los 8 días después de sembrado, se utilizó un DBCA con 8 tratamientos y 4 repeticiones. Ver tabla 5.

Tabla 5: Tratamientos de herbicidas preemergentes

Trat.	Herbicidas	Dosis (L/ha)	Tipo Aplicación
1	Butachlor 60%	3.00	Pulverizado
2	Pendimethalin 40%	3.00	Pulverizado
3	Tiobencarb 90%	2.00	Pulverizado
4	Tiobencarb 90%	3.00	Pulverizado
5	Tiobencarb 90%	2.00	Botellin
6	Butachlor 60% + Pendimethalin 40%	2.00 + 2.00	Pulverizado
7	Butachlor 60%+ Tiobencarb 90%	2.00 + 2.00	Pulverizado
8	Sin aplicación	0.00	-

Los mejores controles se obtuvieron con Pendimethalin (3L/ha), Tiobencarb (3L/ha) y la mezcla de Pendimethalin (2 L/ha) + Butachlor (2 L/ha) con 86, 87 y 85% de control a los 28 días después de la aplicación (dda) (figura 20).

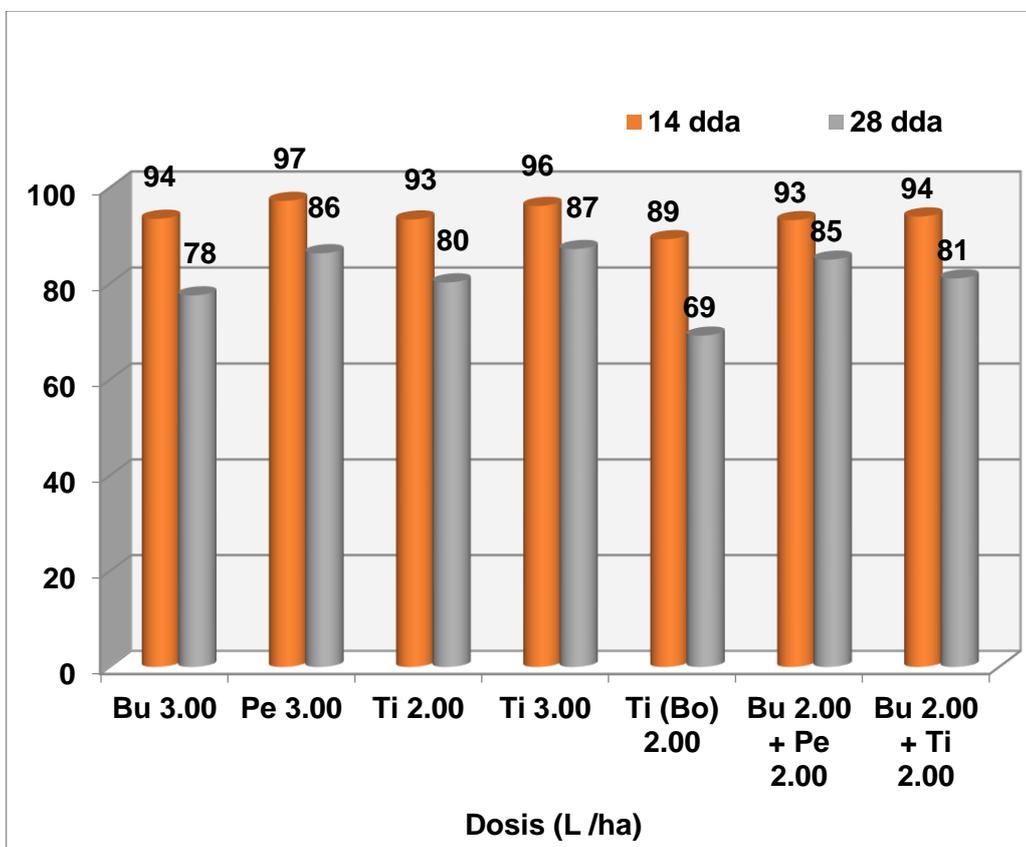


Figura 20. Eficacia de control de malezas en arroz (%), a los 14 y 28 días después de la aplicación (dda) de herbicidas preemergentes

3.3.2 Herbicidas postemergentes

Florpyrauxifen Benzil, en la actualidad es el herbicida postemergente más usado por su buena eficacia, selectividad y amplio espectro. Sin embargo, tenemos otros ingredientes activos con buenas características de eficacia, selectividad y de diferente mecanismo de acción para reducir el riesgo de resistencia.

En un ensayo de eficacia realizado por Ortega (2022) con diferentes herbicidas postemergentes, en el distrito de Morales, provincia San Martín y departamento San Martín el cultivo de arroz de variedad el Valor bajo sistema de siembra directa. La aplicación se realizó a los 25 días después de sembrado, se utilizó un DBCA con 10 tratamientos y 3 repeticiones. Ver tabla 6.

Tabla 6: Tratamientos de herbicidas postemergentes

Tratamiento	Herbicidas	Dosis (L/cil)
1	Cyhalofop butyl 15% + Byspiribac Sodium 5%	1.0
2	Cyhalofop butyl 15% + Byspiribac Sodium 5%	1.5
3	Cyhalofop butyl 15% + Byspiribac Sodium 5%	2.0
4	Cyhalofop butyl	1.0
5	Cyhalofop butyl 29% + Penoxulam 3%+ MCPA 6%	1.0
6	Cyhalofop butyl 29% + Penoxulam 3%+ MCPA 6%	2.0
7	MCPA A	0.5
8	MCPA B	0.5
9	Florpyrauxifen benzil	0.75
10	Sin aplicación	-

El mejor control a los 19 (dda) se encontró con el tratamiento 6 (Cyhalofop butyl 29% + Penoxulam 3%+ MCPA 6%) a la dosis de 2 L/cil para las malezas *Echinochloa crus-galli*, *E. colona*, *Cynodon dactylon* y *Caperonia sp.* (tabla 7).

Tabla 7: Eficacia de control de malezas en arroz (%), a los 19 días después de la aplicación (dda) de herbicidas postemergentes

Trat.	<i>Echinochloa crus-galli</i>		<i>Echinochloa colona</i>		<i>Ischaemus rugosum</i>		<i>Cynodon dactylon</i>		<i>Cyperonia sp.</i>	
	(%)	Sig.	(%)	Sig.	(%)	Sig.	(%)	Sig.	(%)	Sig.
1	86.5%	BC	86.4%	AB	0.0%	A	76.5%	AB	52.0%	AB
2	89.2%	BC	90.9%	AB	0.0%	A	85.3%	B	48.0%	A
3	83.8%	BC	81.8%	AB	6.0%	A	85.3%	B	56.0%	AB
4	86.5%	BC	95.5%	B	0.0%	A	91.2%	C	40.0%	A
5	94.6%	C	98.5%	B	9.0%	A	79.4%	AB	80.0%	B
6	94.6%	C	92.4%	AB	13.4%	A	88.2%	BC	88.0%	B
7	29.7%	B	65.2%	AB	0.0%	A	61.8%	AB	80.0%	B
8	0.0%	A	75.8%	A	0.0%	A	52.9%	A	80.0%	B
9	81.1%	BC	93.9%	AB	0.0%	A	88.2%	BC	64.0%	AB

3.4 PLAN DE MANEJO DE MALEZAS EN EL CULTIVO DE ARROZ

La experiencia como desarrollista en el ámbito de la experiencia profesional se presenta un plan de manejo de malezas en el cultivo de arroz para las condiciones del Huallaga Central.

3.4.1 Prevención

En el caso de importar material foráneo, se debe cumplir estrictamente las medidas cuarentenarias dadas por el SENASA en la importación semillas para evitar el ingreso de malezas junto con las semillas al país.

Evitar ingresar al campo insumos que estén contaminados con semillas de malezas. Se debe usar semillas certificadas, materia orgánica descompuesta, agua de riego libre de malezas, limpiar exhaustivamente los equipos de labranza, siembra y cosechadoras, que podrían transportar semillas entre lotes de un mismo campo o campos vecinos.

Evitar que las malezas produzcan semillas (control de malezas en estado vegetativo) en el campo, alrededores, canales de riego y los caminos de accesos. Con esto nos aseguramos que el banco de semillas de malezas en el suelo no aumente.

3.4.2 Monitoreo

Tener en cuenta los momentos claves de monitorear las malezas: *Precosecha* (identificar qué malezas posiblemente generen nuevas semillas con fines de control en el barbecho, por ejemplo; promover la germinación y hacer pases de rotativa al arroz maleza), *Barbecho* (identificar los tipos y la intensidad de especies de malezas que germinan con fines de control, por ejemplo aplicación de glifosato para *Cyperus sp*), durante la *fase vegetativa* por ser la etapa crítica de competencia e interferencia de las malezas con el cultivo determinará una mejor intervención de preemergentes y postemergentes) y el *resto del cultivo* para programar los desyerbos manuales.

La distribución de los puntos de muestreos será según la uniformidad y tamaño de las pozas de arroz. De uno a tres puntos de muestreos en cada poza de arroz, en cada punto de muestreo (1 m²) se debe identificar la especie de maleza, el estado fenológico de las malezas (vegetativo, reproductivo) y la cantidad por m² para analizar los resultados obtenidos para determinar el control o controles a realizar.



Figura 21. Evaluación de malezas en arroz

3.4.3 Control cultural

Rotar de cultivo, si se tiene muchas campañas continuas de arroz, altas infestaciones de malezas como: arroz maleza, *Echinochloas spp*, cyperaceas, etc. También la rotación de sistema de siembra, en el sistema de trasplante siempre se tendrá un mejor control de malezas frente a la siembra directa.

Hacer barbecho, dependiendo del tipo de malezas (presencia de malezas perennes ó anuales), este tipo de control cultural podría ser considerado: Mecánico con el uso de algún implemento agrícola, químico si se usa herbicidas o quemado de los restos vegetales de malezas y arroz para la destrucción de semillas de malezas, plagas y enfermedades “romper sus ciclos biológicos”.

Inundación en el barbecho y secado para la oxigenación del suelo, activación de germinación para complementar con los pases de arados y gradas. Durante el cultivo manejar la lámina de agua de 10 a 15 cm de altura, dependiendo del tamaño del arroz y nivelación de las pozas para mantener a las malezas bajo agua y permitir que el cultivo prospere.

3.4.4 Control mecánico

En la preparación de suelo en seco, la aradura se realiza después que se hizo germinar las malezas y las socas, podemos ingresar con arado para voltear el suelo y destruir las malezas, plagas y malezas. El rastreo con gradas de 30” con 2 pases cruzados para mullir bien los terrones. Al realizar la nivelación, es aconsejable que sea con sistema laser para una mayor precisión.

En el caso de la preparación de suelo con agua, se realiza al batido con el uso de tractores fanguadores ocasionando la destrucción de la estructura del suelo en un perfil de 15 a 20 cm lo que evitará la lixiviación del agua y tendremos un mejor control de malezas. A la vez con la ayuda de una barra de metal o de madera detrás del tractor se realiza la nivelación.

3.4.5 Control biológico

En el Perú no se realiza, pero existen experiencias en Estados Unidos de Norteamérica con microherbícidas con *Colletotrichum gloeosporioides* (Penig) Saccardo & Penzig f. sp. *clidemiae*, fue comercializado en los como Collego® para el control de *Aeschynomene*

virginica (L.) en arroz y en soya, pero no tuvo éxito por razones económicas. Aún falta investigar este tipo de control para que sea aplicable.

3.4.6 Control químico

Como medidas de control químico podemos proponer herbicidas con características de eficacia a las malezas identificadas, selectividad al arroz y de diferentes mecanismos de acción de acción en preemergencia y postemergencia para evitar la aparición de resistencia en las malezas. Tablas 8 y 9.

Tabla 8. Herbicidas preemergentes - pre e.

Momento	Malezas	Mecanismo de acción	Ingrediente activo	HRAC	Modo de Acción	Dosis (Kg-L/cil)
Pre e.	Hojas Angostas	Inhibidor del Ensamblaje de microtúbulos	Pendimethalin	3	Contacto	3 a 4
Pre e.	Angostas y Cyperaceas	Inhibidor de Síntesis de Pigmentos Fotosintéticos	Clomazon	13	Sistémico	0.85 a 1.0
Pre e.	Anchas y Agostas	Inhibidor de Protox (PPO)	Saflufenacil	14	Contacto	0.05 a 0.07
Pre e.	Anchas y Agostas	Inhibidor de Síntesis de ácidos grasos de cadena muy larga	Butaclor	15	Sistémico	3 a 4

Tabla 9. Herbicidas Postemergentes – Post e.

Momento	Malezas	Mecanismo de acción	de Ingrediente activo	HRAC	Modo de Acción	Dosis (Kg-L/cil)
Post e.	Hojas Angostas	Inhibidor de ACCasa	Cyhalofop	1	Sistémico	1.5 a 2
Post e.	Hojas Angostas	Inhibidor de ACCasa	Profoxydim	1	Sistémico	0.3 a 0.4
Post e.	Hojas Angostas	Inhibidor de ALS	Penoxsulam	2	Sistémico	0.1 a 0.15
Post e.	Hojas Angostas y anchas	Imitador de auxinas (AIA)	florpyrauxifen-benzyl	4	Sistémico	1.0
Post e.	Hojas Anchas y Cyperaceas	Inh. síntesis membrana celular	MCPA	4	Sistémico	0.33
Post e.	Cyperaceas	Inhibidor sistema foto- sistema II	Bentazon	6	Contacto	1.0 a 1.5

• **Propuesta de rotación de mecanismos de acción en siembra directa**

Como programa de aplicaciones de herbicidas considerando los parámetros de eficacia, selectividad y rotación de mecanismos de acción podemos proponer hasta cuatro momentos oportunos de aplicación que se muestra en figura 22.

Glifosato (09)	Pendimetalin (03)	Florpyrauxifen (04)	Cyhalofop (01)
		Profoxidim (01)	Penoxsulam (02)
Preparación de Suelos	Siembra	Plántula	Macollamiento Inicial
			Macollamiento Final

Figura 22. Propuesta de rotación de mecanismos de acción en siembra directa

Nota: Los números entre paréntesis indican el código de Mecanismo de Acción (Tabla 4).

Etapa 1. Preparación de suelos

En el caso de presencia de malezas perennes de difícil control como: *Cyperus rotundus*, *Cynodon dactylon* ó altas poblaciones de malezas anuales, lo más recomendable es hacer germinar a todas estas malezas al inicio de la preparación del suelo, el tamaño de malezas debe de ser de 10 a 20 cm de altura (vegetativas) para luego realizar una aplicación pulverizada de Glifosato a la dosis de 3 L/cil, y sin lámina de agua para que haya un mejor contacto con las malezas emergidas. Se debe esperar de ocho a diez días para su efecto de control, luego continuar con los pases de maquinarias.

Etapa 2. Arroz en plántula

Cuando la mayoría de las plántulas de arroz tengan 2 hojas ó más (aproximadamente 8 a 10 días después del voleo) se puede realizar una aplicación pulverizada de Pendimethalin (3 L/ha), en suelo saturado, pero después de 24 a 48 horas de la aplicación se recomienda la reposición de lámina de agua para profundizar en la zona de raíces de las malezas y hacer un mejor control.



Figura 23. Aplicación de pendimethalin 8 dds

Etapa 3. Macollamiento inicial

Aproximadamente 21 a 25 dds, con el terreno drenado dejando como un mínimo del 80% de la superficie foliar de las malas hierbas quedando expuesta al tratamiento y malezas conformadas por 2 o 4 hojas se recomienda una aplicación pulverizada de Florpyrauxifen benzil (0.8 L/cil) y si hubiera la presencia de la maleza mazorquilla se recomienda mezclar con Profoxidim (0.3 L/cil). También se recomienda el riego después de 24 a 48 horas de la aplicación del herbicida para mejores efectos.

Etapa 4. Macollamiento final

En el caso de presentarse algún escape de determinadas malezas se recomienda una aplicación adicional. En el caso de *Echinochloa spp* se recomienda una aplicación pulverizada de Cyhalofop butil+Penoxsulam, usando una dosis de 1.5 L/cil. En malezas como *Cyperonia palustris* se recomienda una aplicación de Picloram+2,4-D (0.33 L/Cil).

Para todos los casos de herbicidas postemergentes se recomienda el uso de agua de buena calidad. Que sea limpia, blanda o de lo contrario usar ablandador y el uso de regulador de pH a valores de 5 a 6.

- **Propuesta de rotación de mecanismos de acción en el trasplante**

Para el sistema de siembra indirecto (trasplante) bajo similares criterios de la siembra directa se proponen aplicar herbicidas, hasta en cuatro momentos oportunos de aplicación (Figura 24):

Glufosinato de Amonio (10)		Tiobencarb (15)	Clomazon (13)	Cyhalofob (01)
				Bentazon (06)
				
Preparación de Suelos	Siembra	Almácigo	Trasplante	Macollamiento

Figura 24. Propuesta de rotación de mecanismos de acción en el trasplante

Nota: Los números entre paréntesis indican el código de Mecanismo de Acción (Tabla 4).

Etapa 1. Preparación de suelos

En caso de disponer de malezas que no tengan herbicidas selectivos como el arroz maleza ó el caso de sobrepoblaciones de malezas diversas, se recomienda hacerlas germinar y diez días después en estado vegetativo; además, se recomienda una aplicación pulverizada de Glufosinato de amonio (dosis: 1.33 L/cil), sin lámina de agua para que haya un mejor contacto con las malezas tratadas. Después de un periodo de 10 días después de la aplicación, se realizan los pases de maquinarias.

Etapa 2. Almacigo

Cuando las plántulas del arroz se encuentran de 2 a 3 hojas (esto ocurre aproximadamente de 7 a 10 días de la siembra) podemos hacer una aplicación pulverizada de Tiobencarb a la dosis de 2.5 a 3.0 L/ha, en suelo saturado, pero después de 24 a 48 horas de la aplicación se recomienda la reposición de lámina de agua a las camas almacigueras para un mejor control.

Etapa 3. Después del trasplante

Después que se haya realizado la labor de trasplante (aproximadamente 4 a 6 días) podemos hacer una aplicación pulverizada de Clomazon a la dosis de 0.85 a 1.0 L/ha, en suelo saturado, pero después de 24 a 48 horas de la aplicación se recomienda la reposición de lámina de agua para profundizar el herbicida a la zona de germinación de las semillas y asegurar el ingreso de la molécula a las malas hierbas.

Etapa 4. Macollamiento

Cuando el efecto del preemergente empiece a disminuir, esto ocurre aproximadamente a los 25 a 28 después del trasplante, podemos retirar la lámina de agua para que la aplicación pulverizada tenga mejor contacto con las malezas. Podemos aplicar graminicidas como Cyhalofop butil (1.5 a 2.0 L/cil.) en mezcla con otro herbicida para cyperaceas y hojas anchas como es el formulado a base de Bentazon+MCPA (1 a 1.5 L/cil). Después de 24 a 48 horas, es importante la reposición de lámina de agua durante 3 días continuos para complementar el tratamiento de los herbicidas.

Finalmente cabe recalcar que debemos de evitar hacer malas prácticas de aplicaciones de herbicidas como: No usar equipos de protección personal, aplicaciones de postemergentes con lámina de agua, no complementar con riego 24 a 48 horas después de las aplicaciones, etc. Figura 25.



Figura 25. Mala práctica de aplicación de postemergente en lámina de agua

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 IDENTIFICACIÓN DE MALEZAS PREDOMINANTES EN EL ARROZ

Se ha encontrado generalmente que la identificación de las especies de malezas en el cultivo de arroz se realiza de manera visual en estado de *plántula*, durante los primeros días del estado vegetativo y no en estado reproductivo cuando se observan las flores, inflorescencias y frutos por lo que muchas veces hay identificaciones erráticas. Por ejemplo, *Ischaemum rugosum* Salisb y *Echinochloa spp*, en el que se necesita visualizar por lo menos 2 hojas verdaderas bien conformadas.

No se realiza la identificación de malezas mediante un especialista en Taxonomía botánica en las malezas que son difíciles de diferenciar y de importancia económica como es el caso de las especies del mismo género de *Echinochloa crus-galli* y *E. colona*, he inclusive existen diversos “biotipos” de ambas especies en el que con facilidad se realiza una errada identificación, que conlleva a tomar decisiones equivocadas.

4.2 SELECCIÓN DE HERBICIDAS ADECUADOS PARA EL ARROZ

Es común que el agricultor arrocero, no considere ciertas características de los herbicidas, como es el espectro de control de malezas, generalmente los herbicidas controlan un grupo específico de malezas como, por ejemplo, Cyhalofob butil funciona solo en malezas de hojas angostas (excepto *Ischaemum rugosum* Salisb.) por lo que es fundamental para el control de determinada maleza, conocer el espectro del herbicida.

Con frecuencia se deja de lado la edad de la maleza para la elección del herbicida. Se conoce que los pre emergentes trabajan muy bien en la germinación de la maleza, los pos emergentes cuando las malezas tengan de 1 a 4 hojas y los pos emergentes tardíos cuando las malezas tengan macollos como son los no selectivos para los bordes o en pre siembra.

Otro aspecto en la selección del herbicida es la tendencia del agricultor por usar solo herbicidas pos emergentes y muy poco los pre emergentes e inclusive los no selectivos en pre siembra, lo que conlleva a limitaciones como: baja eficacia del control de los herbicidas; además, utiliza limitados mecanismos de acción, lo que origina una rápida resistencia de la maleza a los herbicidas que frecuentemente utilizó.

4.3 PLAN DE MANEJO DE MALEZAS EN EL CULTIVO DE ARROZ

En general, todos los actores que participan en el manejo de malezas, deben desarrollar el criterio de manejo integrado sostenible en el manejo de malezas, considerando la prevención, el monitoreo, control cultural, control mecánico, control etológico y biológico; y no sólo considerar al control químico en el manejo de malezas, exponiendo la salud de las personas que manipulan los herbicidas y contaminando el medio ambiente.

Dentro del plan de manejo de malezas prevalece el aspecto comercial, económico y el beneficio a corto plazo; obviando lo técnico y sustentable, por lo que la actual agricultura frente a los grandes desafíos del cambio climático, debe ser responsable en el cuidado del ambiente para no seguir contribuyendo al deterioro ambiental.

V. CONCLUSIONES

- Las malezas dominantes en el Huallaga Central son: *Echinochloa crus-galli*, *Echinochloa colona*, *Ischaemum rugosum* Salisb., *Leptochloa sp*, *Eleusine indica*, *Cyperus rotundus*, *Fimbristylis sp* y *Ludwigia decurres* y *Portulaca oleracea*.
- Los herbicidas más adecuados para el control son: Pendimethalin, Tiobencarb y Comazon (preemergentes); y Florpyrauxifen benzil, Profoxydim, Cyhalofop butil, Penoxsulam, Bentazon y MCPA (postemergentes) por su eficacia, selectividad y rotación de mecanismo de acción.
- Un plan de control de malezas basado en un manejo integrado de malezas que incluye: prevención, monitoreo, control cultural, mecánico, biológico y químico, permite un control sostenible.

VI. RECOMENDACIONES

- Continuar con la identificación de malezas en el Huallaga central para un mejor control en el cultivo de arroz.
- Identificar nuevas moléculas eficaces, de diferentes mecanismos de acción para retardar la aparición de la resistencia de las malezas a los herbicidas y selectivos al cultivo del arroz.
- Se recomienda fomentar las prácticas del manejo integrado de malezas en el arroz a nivel nacional.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arregocés, O. 2005. Guía de Estudio: Morfología de la planta de arroz. Editorial Centro Internacional de Agricultura Tropical – Colombia. Obtenido de: [https://www.doc-developpement-durable.org/file/Culture/Culture-plantes-alimentaires/FICHES PLANTES/riz/ Morfologia_planta_arroz.pdf](https://www.doc-developpement-durable.org/file/Culture/Culture-plantes-alimentaires/FICHES%20PLANTES/riz/Morfologia_planta_arroz.pdf)
- Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes - CASAFE (5 de Setiembre del 2016). Calidad de agua en las aplicaciones. CASAFE – Argentina. Obtenido de: <https://www.casafe.org/calidad-de-agua-en-las-aplicaciones/#:~:text=El%20agua%20pura%2C%20qu%3ADmicamente%20es,comportan%20mejor%20en%20este%20medio.>
- Caldas, J y Lizárraga, A. 2020. Guía técnica: Manejo del cultivo de arroz bajo el sistema de riego con secas intermitentes. Editorial INIA. Obtenido de: <https://hdl.handle.net/20.500.12955/1053>
- Cantos, J. (2019). Competencia de arvenses en el cultivo de arroz (*Oryza sativa L.*), cantón Duran, Provincia Guayas. [Trabajo de titulación presentado como requisito para la obtención de título de Ingeniero Agrónomo, Universidad Agraria del Ecuador]. Repositorio institucional <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/CANTOS%20CARRANZA%20JESSICA%20ALEXANDRA.pdf>.
- Castilla, L.(2021). *Claves para optimizar la fertilización en los cultivos de arroz/Entrevistado por Ximena Gonzalez*. Revista Redagícola Colombia. Obtenido de: <https://www.redagricola.com/co/claves-para-optimizar-la-fertilizacion-en-los-cultivos-de-arroz/>
- Cerna, L. 2013. Ciencia y Tecnología de malezas. Fondo Editorial UPAO. Obtenido de: https://issuu.com/virgiulloac/docs/ciencia_y_tecnologia_malezas.

- Chaudhary, RC; Nanda, JS; Tran, DV. 2003. Guía para identificar las limitaciones de campo en la producción de arroz. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Roma, Italia. Obtenido de:
<http://www.fao.org/docrep/006/y2778s/y2778s04.htm>
- Cueva A., Castilla A., Pérez C., Higuera O, Fedearroz. 2018. Alternativas de manejo Natural y biológico en la finca AMTEC. FEDEARROZ. Obtenido de:
https://fedearroz.s3.amazonaws.com/media/documents/cartilla_control_biologico_HtsspcE.pdf
- Cueva A., Puentes P. y Fedearroz. 2018. Manejo de malezas en el Programa AMTEC. FEDEARROZ. Obtenido de:
https://fedearroz.s3.amazonaws.com/media/documents/cartilla_malezas.pdf
- Degiovanni, V., Berrío, L. y Charry, R. 2010. Origen, taxonomía, anatomía y morfología de la planta de arroz (*Oryza sativa* L.). En V. Degiovanni, C. Martínez y F. Motta (Eds), *Producción Eco-Eficiente del arroz en América Latina Tomo I* (pp. 35 - 59). CIAT.
- Dirección de ciencia y tecnología agropecuaria - DICTA. 2003. *Manual técnico para el cultivo de arroz (Oryza sativa L.)*. Secretaria de Agricultura y Ganadería. Comayagua, Honduras, C. A.
- Doll, J. (1996). Dinámica y complejidad de la competencia de malezas. En Labrada, R., Caseley, J. y Parker, C. (Eds.), *Manejo de malezas para países en desarrollo*. (pp. 33-34). FAO. <https://www.fao.org/3/t1147s/t1147s00.htm#Contents>
- Elera, 2020. El dron una tecnología en tendencia en el sector agrícola de Piura, AgroPress
- Evans H. 1991. Biological control of tropical grassy weeds. In Baker, F., Terry P. (Eds). *Tropical grassy weeds*. CAB International, Wallingford, R. U. p. 52 - 72.
 Obtenido de: <https://www.org/isc/abstract/19870540249>
- Federación Nacional de Arroceros – FEDEARROZ. 2014. Manejo Integrado del cultivo de arroz. Fedearroz – PRODUMEDIOS. Obtenido de:

<https://es.scribd.com/doc/283764171/Manejo-Integrado-Del-Cultivo-Del-Arroz-Libro-Digital-1>

Food and Agriculture Organization - FAO. (14 de Setiembre del 2022). *Guía para identificar las limitaciones de campo en la producción de arroz*. Obtenido de: <https://www.fao.org/3/y2778s/y2778s00.htm#Contents>

Food and Agriculture Organization - FAO. (14 de Setiembre del 2022). *World Food and Agriculture - Statistical Yearbook 2020*. Obtenido de: <https://www.fao.org/documents/card/en/c/cb1329en>

García, B. (2021). Valoración económica de los controles en malezas del cultivo de arroz (*Oryza sativa L.*) en secano y verano Samborondón -Guayas [Trabajo de titulación como requisito previo para obtención del título de Magister en Sanidad Vegetal, Universidad Agraria del Ecuador]. Repositorio institucional <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/BYRON%20GARCIA%20MATA.pdf>

Getting Rid of Weed – GROW. (s. f.). ¿Qué es el manejo integrado de malezas (MIM)? Maleza en foco. Obtenido de: <https://www.malezaenfoco.com/que-es-mim/>

Global Rice Science Partnership – GRiSP (2013). Rice almanac, 4th Edition. Los Baños (Philippines): International Rice Research Institute. 283 p.

Gómez, A. (2020). Control de Malezas gramíneas y cyperáceas pre-emergentes en caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), Milagro - Ecuador. [Trabajo de titulación modalidad Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniera Agrónomo, Universidad Agraria del Ecuador]. Repositorio institucional <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/GOMEZ%20VASQUEZ%20ANDRES%20ROSENDONDO.pdf>

Gonzalez, H. (07 de Junio de 2022). *Lanzan campaña para que 8000 agricultores latinoamericanos usen drones para aplicar pesticidas/Entrevistado por Equipo Redagrícola*. Revista Redagrícola Chile.

Gonzalez, R. (2015). *Evaluación agroproductiva de cuatro cultivares de arroz (Oriza sativa L.) en el sur de Jíbaro* [Tesis Ing. Agrónomo, Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas]

<https://dspace.uclv.edu.cu/handle/123456789/2026>

Helfgott, S. 2018. *Control de Malezas*. Fondo Editorial de la UNALM.

Herbicide Resistance Action Committee – HRAC. 2022. Global classification of Herbicides by their mechanism of action. Obtenido de:
<https://hracglobal.com/tools/classification-lookup>

Heros, E. (2013). *Manejo Integrado en el cultivo de arroz*. Fondo Editorial Agrobanco. Obtenido de: <https://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/006-a-arroz.pdf>

Heros, E., Gómez, L., Soplin, H. y Sosa, G. 2017. Siembra directa: una alternativa para mejorar la sustentabilidad del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en el Perú. Obtenido de: <https://www.camjol.info/index.php/PAyDS/article/view/5716/5423>

Heros, E. (2019). Alternativas Tecnológicas para contribuir a la sustentabilidad del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en el Perú. [Tesis de doctorado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio institucional. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3987>.

Instituto Nacional de Información Estadística - INEI. 2012. IV Censo Nacional Agropecuario. Visitado el 07 de octubre de 2022. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1275/PDF/mapa.pdf

Laborde, J y Santos, W. (2013). Control Químico de *Echinochloa spp.* en el cultivo de arroz, utilizando distintas combinaciones de herbicidas, bajo 2 sistemas de riego y sistematización. [Tesis de Ing. Agrónomo, Universidad de la República (Uruguay)]. <https://hdl.handle.net/20.500.12008/1757>

Leonardo, A. (1998). Manual para la identificación y manejo de las principales malezas en caña de azúcar en Guatemala. Guatemala - Cengicana. 131p. Obtenido de: <https://cengicana.org/files/20150902101625709.pdf>

Llontop, J. 2021. Eficacia de diferentes herbicidas Pre emergentes sobre el control de malezas en el cultivo de arroz, en Lambayeque, Región Lambayeque. Silvestre.

- Mallory-Smith C. and Retzinger Jr. 2003. *Revised Classification of Herbicides by Site of Action for Weed Resistance Management Strategies*. Weed Technology 17:605–619.
Obtenido de: https://ucanr.edu/sites/Weed_Management/files/74291.pdf
- Martín, D.; Socorro, M. 1989. Granos. Editorial Pueblo y Educación. La Habana. pp. 190-318.
- Ministerio de desarrollo agrario y riego - MIDAGRI. 2021. Perfil productivo y competitivo de los principales cultivos del sector - Arroz. Visitado el 15 de octubre de 2022.
Disponible en:
<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiNDljNzdiOGYtYmYzZi00YjNhLTg0YWItNDA3OGY5YzIxNjg2IiwidCI6IjdmMDg0NjI3LTdmNDAtNDg3OS04OTE3LTk0Yjg2ZmQzNWYzZiJ9>
- Ministerio de desarrollo agrario y riego - MIDAGRI. 2022. Observatorio de commodities arroz. Visitado el 15 de octubre del 2022.
<https://repositorio.midagri.gob.pe/handle/20.500.13036/1286>
- Moldenhauer, K., Counce, P. and Hardke, J. 2021. Rice Growth and Development. In J. Hardke, Rice Extension Agronomist (Ed.) Rice production Handbook. (pp. 9-20). Laura Goforth, Communications.
- Morera, F. (2017). *Alternativas en el combate químico de Ischaemum rugosum resistente a bispiribac sodio* [Tesis de Ing. Agrónomo, Universidad de Costa Rica].
<http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/xmlui/handle/123456789/4881>
- Nagdeve, M. (2021, June 30). Rice: Health Benefits & Nutrition Facts. Organic facts
Obtenido de: <https://www.organicfacts.net/health-benefits/cereal/health-benefits-of-rice.html?lang=ang>
- Nakandakari, L. (2017). Problemas Fitosanitarios en el cultivo de arroz (*Oriza sativa* L.) Trabajo Monográfico de Ing Agrónomo, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio institucional

<https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/2988/H10-N35-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Olmos, S. 2007. Apunte de morfología, fenología, ecofisiología y mejoramiento genético del arroz. Cátedra de cultivos II – Facultad de ciencias agrarias UNNE.

Ortega, M. 2022. Eficacia de diferentes herbicidas Postemergentes sobre el control de malezas en el cultivo de arroz, en Tarapoto, Región San Martín. Neoagrum.

Osuna, M. (31 de Mayo de 2022). ¿Porqué es importante conocer el mecanismo de acción de un herbicida? Agro BASF España Obtenido de: <https://www.agro.basf.es/es/Camposcopio/Secciones/Tratamientos/mecanismo-de-accion-de-un-herbicida/>

Papa, J. (02 de Marzo de 2018). Introducción al manejo integrado de malezas. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Obtenido de: <https://inta.gov.ar/documentos/introduccion-al-manejo-integrado-de-malezas>

Paredes, M., Becerra, V., Donoso, G. (eds.) 2021. 100 años del cultivo del arroz en Chile en un contexto internacional. 1920-2020. Tomo I. Libro INIA N° 40, 388 p. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Chillan. Chile. Obtenido de: <https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/68050>

Peñaherrera, L. (2007). Manual del cultivo de arroz. Instituto Nacional Autónomo de Investigación Agropecuarias. Guayas, Ecuador. Obtenido de: <https://books.google.com.ec/books?id=IXozAQAAMAAJ&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>

Pitty, A. 2018. Modo de acción y resistencia de los herbicidas que interfieren en el Fotosistema II de la Fotosíntesis. CEIBA Volumen 55(1)
DOI: <https://doi.org/10.5377/ceiba.v55i1.5453>

Rojas, J. (2015). Compendio de especies Invasoras, *Ischaemum rugosum* (hierba saramolla). CABI. Obtenido de: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/28909#tosummaryOfInvasiveness>

- Rosales, E. y Sánchez R. (2006). Clasificación y Uso de los Herbicidas por su modo de acción. INIFAP – Campo Experimental Rio Bravo. Obtenido de:
<https://www.compucampo.com/tecnicos/clasificacionherbs.pdf>
- Sanclemente, M. 2008. Crecimiento y eficiencia fotosintética de *Ludwigia decurrens* Walter (Onagraceae) bajo diferentes concentraciones de nitrógeno. Acta biol. Colomb., Vol. 13 No. 1, 2008 175-186. Obtenido de:
<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/22698/1338-6450-2-PB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sanzo, R.; Pérez, R.; Jiménez, R.; Saborit, R.; García, J.; Rodríguez, R. 2003. Arroz Popular. “ABC Técnico”. Estación Territorial de Investigaciones del Arroz “Sur del Jíbaro”. Sancti Spíritus. CU. Pp 6-49.
- Savary, S., Willocquet, L., Pethybridge, S., Esker, P, Mc Roberts, N. and Nelson, A. (2019). The global burden of pathogens and pests on major food crops. Nature ecology & evolution, Vol 3 pp. 430-439. Obtenido de: <https://doi.org/10.1038/s41559-018-0793-y>
- Shenk, M. 1996. Prácticas culturales para el manejo de malezas. En Labrada, R., Caseley, J. y Parker, C. (Eds.), *Manejo de malezas para países en desarrollo*. (pp. 172-181). FAO.
- Torra, J., Gonzalez, I. Recasens, J., Clemente, B., García, C. y Montull, J. (2022) Nuevos mecanismos de acción herbicida y actualización de su sistema de clasificación. Phytoma
<https://www.phytoma.com/la-revista/phytohemeroteca/336-febrero-2022/nuevos-mecanismos-de-accion-herbicida-y-actualizacion-de-su-sistema-de-clasificacion>
- Vaughan, D. 1994. The wild relatives of rice: a genetic resources handbook. International Rice Research Institute, Manila, Philippines.
https://books.google.com.cu/books?id=cvKSMAOOFW8C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q=Tribu&f=false

Vibrans, H. 2009, Malezas de México, 09 de Noviembre 2022. CONABIO.

<http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/euphorbiaceae/caperonia-palustris/fichas/ficha.htm>

Weed Science Society of America – WSSA. 1998. Herbicide Resistance and Herbicide Tolerance Definitions. *Weed Technology Volume 12, Issue 4 (October-December) 1998. p. 789.*

https://wssa-net.translate.google.com/wssa/weed/resistance/herbicide-resistance-and-herbicide-tolerance-definitions/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es-419&_x_tr_pto=sc

Weedscience, (2022 November 05). International herbicide resistant weed database.

Weedscience. Obtenido de:

<https://weedscience.com/Home.aspx>