Guía para el manejo sostenible de los cultivares de arroz Índica 5 y Japónica 4

Dr. Francisco Jiménez R.

Colaboradores
Ing. Julio César López.
Ing. César Martínez, MSc.

REPÚBLICA DOMINICANA
2023

INSTITUTO DOMINICANO DE INVESTIGACIONES
AGROPECUARIAS Y FORESTALES - IDIAF
CENTRO NORTE DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS Y FORESTALES
(CENIAF)

Actualización de Tecnologías para Contribuir al Mejoramiento
de la Competitividad Agroalimentaria en la RD
(Proyecto de Inversión Pública, SNIP 14188)

Guía para el manejo sostenible de los cultivares de arroz Índica 5 y Japónica 4

Dr. Francisco Jiménez R.

Colaboradores
Ing. Julio César López.
Ing. César Martínez, MSc.

REPÚBLICA DOMINICANA
2023

El material consignado en esta publicación puede ser reproducido por cualquier medio, siempre y cuando no se altere su contenido. El Ministerio de Agricultura (MA), el Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF), y el Programa Coreano de Agricultura Internacional (KOPIA), agradecen a los usuarios incluir el crédito correspondiente en los documentos y actividades en los que se utilice..

Cita correcta:

Jiménez, F.; López, J.; Martínez, C. 2023. Guía para el manejo sostenible de los cultivares de arroz Índica 5 y Japónica 4. Ministerio de Agricultura, Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales y El Programa Coreano de Agricultura Internacional. Santo Domingo, DO. 64 p.
gricultura Internacional. Santo Domingo, DO. 64 p.

AGRIS: F01

Descriptores: cultivares de arroz, manejo de cultivo, zonas arroceras, República Dominicana.

ISBN:

Editor:

Revisión:
Comité Técnico Centro Norte (Julio Morrobel, Pedro Antonio Núñez Ramos, Pedro Juan Del Rosario y Elpidio Avilés).

Maquetación y diseño:
Gonzalo Morales

Fotografías:
Francisco Jiménez Rosario.
https://pixabay.com/es/photos/campo-de-arroz-espiga-de-arroz-arroz-2679153/ Pagina 4-5

Fotografía de portada:
Francisco Jiménez Rosario.

Marzo 2023

En la foto se muestra la tolerancia del cultivar Índica 5 a condiciones de estrés de agua y su capacidad de uso de los nutrientes disponibles en el suelo en ausencia de aplicación de fertilizantes y riego que le confiere la característica de ser un cultivar de baja demanda de insumos.

Contenido

PRESENTACIÓN 4

1. INTRODUCCIÓN 7

2. CONTEXTO SITUACIONAL DEL ARROZ EN LA REPÚBLICA DOMINICANA 8

3. CONTEXTO DE LA PRODUCCIÓN ARROCERA EN LA REPÚBLICA DOMINICANA 9

3.1. Características climáticas de las principales regiones de producción arroceras. 9

4. ESTRATEGIA DE MANEJO PARA LOS CULTIVARES ÍNDICA 5 Y JAPÓNICA 4 13

4.1. Características generales del cultivar Índica 5 13

4.2. Características generales del cultivar Japónica 4 13

5. ESTABLECIMIENTO DEL CULTIVO DE ARROZ 15

5.1. Trasplante manual tradicional 15

5.2. Trasplante manual en hileras 17

5.3. Trasplante mecanizado en hileras. 18

5.4. Siembra directa al voleo 19

5.5. Siembra directa en hileras con tracción humana 21

5.6. Siembra directa en hileras en húmero con máquina 22

6. ESTUDIO DE CASOS PARA LA COMPARACIÓN DE MÉTODOS DE SIEMBRA; NORDESTE Y NOROESTE 26

6.1. Caso Nordeste (Las Guáranas) primer período de siembra (enero/junio). 26

6.2. Caso Noroeste (Mao; Valverde) segundo período de siembra (julio/diciembre) 28

7. MANEJO DE LA FERTILIZACIÓN 29

7.1. Momento oportuno para realizar la última fertilización nitrogenada 30

7.2. Efecto del período de siembra en el desarrollo del cultivo de arroz 33

8. MANEJO DE PLAGAS 34

8.1. Manejo de plagas 35

8.2. Algunas de las principales plagas del cultivo del arroz 35

8.3. Insectos plaga 40

8.4. Manejo de Malezas 44

8.5. Pasos para realizar un buen control de malezas. 44

8.6. Estudio de caso: respuesta de *Leptochloa sp* moléculas herbicidas. 48

8.7 Control mecánico de malezas 51

9. MANEJO DEL AGUA 52

10. COMPORTAMIENTO DE LOS CULTIVARES EN LOS DIFERENTES ECOSISTEMAS 54

10.1. Demostración de métodos en parcelas demostrativas de los cultivares Índica 5 y Japónica 4 establecidas en Juma, Bonao y El Pozo, Nagua. 54

11. CALIDAD INDUSTRIAL Y MOLINERÍA DE LOS CULTIVARES DE ARROZ 57

AGRADECIMIENTOS 59

CONCLUSIONES 61

RECOMENDACIONES 61

BIBLIOGRAFÍA 63

PRESENTACIÓN

El Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF), en cumplimiento de su misión, presenta esta guía a productores y técnicos como resultado de los trabajos de introducción, adaptabilidad y selección de cultivares élite de arroz, así como de los trabajos experimentales que permitieron generar un paquete tecnológico para el manejo sostenible de los cultivares élite de arroz Índica 5 y Japónica 4. Estos cultivares fueron seleccionados bajo un esquema de producción sostenible del cultivo basado en la selección de cultivares con buena eficiencia en el uso de agua, nitrógeno (N) y tolerantes a las principales enfermedades, que lo convierte en cultivar con característica de bajo uso de insumo.

Estos cultivares están dirigidos a incrementar la diversidad genética del país y contribuir a mejorar la sostenibilidad de la producción arrocera nacional. El cultivar Japónica 4 viene satisfacer la demanda creciente de asiáticos residentes en el país así como los que nos visitan como destino turístico. El sector agrícola es clave en la seguridad y soberanía alimentaria de un país y el arroz constituye un cultivo de importancia vital para el pueblo dominicano por ser la base de su alimentación y estar presente como parte de la cultura en diferentes platos o recetas del gusto y buen paladar del dominicano.

El impacto del Tratado de Libre Comercio entre Centroamérica y los Estados Unidos (DR-CAFTA), pudiera representar una amenaza para la economía rural donde las familias arroceras y las que dependen indirectamente de este negocio al punto de sucumbir ante la entrada de este cereal a menores precios dada la asimetría económica que presenta Estados Unidos con respecto a la República Dominicana. Estados Unidos presenta economía de escala superior y además subvenciona su agricultura. Por tal razón, en busca de reducir este impacto, se realizan esfuerzos con nuevas variedades de arroz introducidas desde Corea del Sur con mayor productividad y se planifican sus usos para identificar alternativas que satisfagan nichos de mercados.

La guía de arroz para el manejo de los cultivares Índica 5 y Japónica 4 con énfasis en las regiones Norcentral y Nordeste del país, la cual contiene la estrategia para el manejo sostenible de estos y representa una alternativa de producción de alto valor y permite obtener una reducción en el costo de producción entre un 10 y 15% en comparación con las variedades locales. Estos cultivares fueron desarrollados mediante el proyecto Generación de Tecnologías para el Manejo sostenible del Cultivo del arroz por el IDIAF y financiado por el gobierno de Corea del Sur a través del Programa Coreano de Agricultura Internacional (KOPIA).

Dr. Eladio Arnaud Santana
Director Ejecutivo Idiaf

1. INTRODUCCIÓN

El arroz es el alimento básico de más del 50% de la población mundial y el más importante con relación a superficie cultivada y la cantidad de personas que dependen directamente de este. En lo nutricional, proporciona entre 25 y 80 % de las calorías de la dieta diaria a más de un tercio de la población mundial, donde 75 % lo incluye en su dieta alimenticia diaria, pudiendo superar en algunos casos el consumo de otros cereales como el maíz (*Zea mays*) y el trigo (*Triticum sp.*), según Ricepedia (2016). El arroz es el principal alimento en la dieta de los dominicanos, ya que aporta más del 25% de la ingesta diaria de calorías y 12 % de la proteína para cerca del 60% de los hogares (SEA 2005; Contreras *et al.* 2015).

En la República Dominicana, este cereal representa el cultivo más importante desde el punto de vista socioeconómico, político y alimentario. Alrededor de 32 mil productores se dedican a esta actividad agrícola en la República Dominicana. El consumo per cápita del país es 57.7 kg por año, lo cual lo sitúa como uno de los mayores consumidores de América Latina, si se compara con 10.2 kg que consume Centro América y 28.7 kg de América del Sur (FAO 2017; IICA 2019).

El arroz es el cultivo agrícola que genera el mayor número de empleos. De este cultivo dependen de forma directa o indirecta entre 250 y 300 mil personas que intervienen en el proceso de producción; a lo que se suman miles de personas que de forma indirecta se benefician de alguno de los procesos de producción o de distribución del producto. Además, en el año 2021 aportó 14.4 millones de quintales (654,545.45 toneladas (t)) lo cual representó alrededor de unos 30,000 millones de pesos (500 millones de dólares) para la economía dominicana (MA 2022).

El objetivo de esta guía es presentar a los productores y técnicos dedicados al cultivo de arroz el manejo sostenible de cultivares de arroz validados en las regiones Norcentral, Nordeste y Noroeste, del país. Además, dar a conocer la tecnología de siembra directa mecanizada con la máquina Multiseeder, tipo oro, introducida desde Corea del Sur mediante el proyecto “Reducción de costos en el cultivo del arroz” financiado por el Rural Development Agriculture (RDA)-Kopia.

2. CONTEXTO SITUACIONAL DEL ARROZ EN LA REPÚBLICA DOMINICANA

El arroz es un cultivo estratégico en la estabilidad económica y social, por su aporte en términos monetario, generación de empleos y aporte nutricional a la población dominicana, el cual forma parte de los cultivos de la que depende la seguridad alimentaria y nutricional que consolida la soberanía alimentaria.

En el 2021, el área sembrada de arroz fue de 2,998,591 tareas (187,412 ha) en dos períodos de siembra para una producción de 14,547,300 quintales de arroz blanco (661,240.90 t) con una productividad de 4.79 quintales por tarea (3.53 t/ha) de arroz blanco. Esta productividad es considerada como una de la alta dentro de la región, sin embargo, la sostenibilidad del cultivo se ve amenazada por los altos costos de producción que generan los altos precios de los insumos y de mano de obra.

Aún cuando se tiene un nivel aceptable de productividad, esto no asegura la sostenibilidad del cultivo por el bajo nivel de tecnificación que se observa en diferentes labores del proceso productivo del arroz (siembra, aplicación de fertilizantes y plaguicidas, cosecha y poscosecha, etc.). Esto implica el uso de mano de obra escasa, poco calificada y costosa. Estos gastos, sumado a los altos precios de los insumos, incrementan los costos de producción. Según datos del Banco Agrícola el costo de producción de arroz fue de DOP$10,087.5 en el 2021 por tarea (Bagrícola 2022).

El Tratado de Libre Comercio (DR-CAFTA) entre República Dominicana, Centroamérica y Estados Unidos de América ha creado una zona de libre comercio donde a partir del 2025 se realiza el desmonte arancelario con tasa cero que plantea una situación difícil para los pequeños, medianos productores y comercializadores de arroz de la República Dominicana.

La entrada en vigencia del DR-CAFTA puede tener impactos negativos para la sostenibilidad de la producción arrocera nacional dado que los países que conforman el acuerdo han logrado un sistema de producción con costos inferiores a lo de República Dominicana con excepción de Guatemala. La asimetría que existe entre Estados Unidos de América (E.U.) y la República Dominicana (R.D.), y la R por la ventaja competitiva de E.U. con respecto a la R.D., dejarían como resultado beneficios desiguales. La manera en que puede reducirse el impacto del tratado sería en el escenario de que exista un mejoramiento de las infraestructuras de acceso hacia y dentro de las áreas de producción, disponibilidad de maquinarias para la tecnificación del cultivo desde la siembra hasta cosecha y poscosecha para aumentar la competitividad, así como la diversificación en el uso de variedades para nichos especiales, como el mercado asiático. Sin embargo, la entrada de arroz con menor precio producto de la asimetría entre ambos países, afectaría a la mayoría de productores y molineros.

Es oportuno puntualizar que el arroz que consumen los dominicanos corresponde a los del tipo “Índica”. Sin embargo, tomando en consideración que existe una población asiática, aunque reducida (Según ENI 2017, alrededor de 5,344 asiáticos, la mayoría chinos), las visitas turísticas, una oferta diferenciada de productos fabricados con arroz, con diversificación de la producción arrocera, ante la apertura de los mercados por el DR. CAFTA, se validaron cultivares de arroz del tipo “Japónica” e “Índica” procedentes de Corea del Sur mediante el proyecto “Generación de tecnología para el mejoramiento y diversificación de la producción arrocera en la República Dominicana” para aprovechar oportunidades de negocio ante una eventual reducción de las áreas arroceras por efecto del Tratado de Libre Comercio (DR-CAFTA). Este proyecto fue financiado por el Rural Development Agriculture (RDA) a través del Programa Coreano de Agricultura Internacional (KOPIA, por sus siglas en inglés), conjuntamente con el Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF).

3. CONTEXTO DE LA PRODUCCIÓN ARROCERA EN LA REPÚBLICA DOMINICANA

La producción arrocera en la República Dominicana se desarrolla, principalmente, en tres zonas ecológicamente bien diferenciadas. Estas zonas se diferencian por el clima, el suelo, la precipitación, la intensidad lumínica y las horas de luz. Estas características propias de cada zona tienen una incidencia de gran importancia en la calidad del producto final, con lo que traduce en una variación de las penalidades (tara) conforme la zona de producción y que están asociadas a las características edafoclimáticas que se describen en la tabla 1.

El área sembrada en el 2021 fue de 187, 400 ha a nivel nacional, dividida de la siguiente manera; Norcentral (30,775 ha), Nordeste (93.459 ha), Noroeste (46.504 ha) y Norte, Este, Central y Suroeste (16,774 ha). La producción de arroz blanco a nivel nacional fue de 14.547.300 quintales (661.241 TM) (Bioarroz 2022). En la tabla 1 se muestra la variabilidad de las regiones de producción arrocera en cuanto a área, productividad, número de productores y características edafoclimáticas. Es importante destacar que la región con el nivel de productividad más alto de arroz blanco corresponde a la región del Noroeste con 5.13 quintales de arroz blanco por tarea (3.73 t/ha).

Tabla 1. Características edafoclimáticas y capacidad productiva de las áreas de producción arroceras, según datos del 2021.

Región	Área y producción[3]				Edafoclimáticas							
	Área (ha)	Producción (t)	Productividad	Número de productores[1]	Suelo	pH	MO (%)	Lluvia (mm/ año)[2]	Días con Lluvias	Horas de luz/día	Humedad relativa (%)	Temperatura
Norcentral	30,775	102.119	4,93	3,167	Arcilloso	6.5-7.0	1.5–2.8	1614	173	7,9	82	23.02
Nordeste	93.459	323.242	4,62	11,059	Franco arcilloso	6.0-6.5	3.0-4.5	1182	178	8,9	82	25.14
Noroeste	46.504	172.886	5,13	4,889	Franco arcillo limoso	>7.0	1.0-2.5	707	82	9,2	69	25.36
Norte, Este, Central y Suroeste	16,774	62.994	4,68	6,849	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuentes: [1]Datos del IICA. [2]Datos climáticos de la Onamet, 2022. [3]Bioarroz.

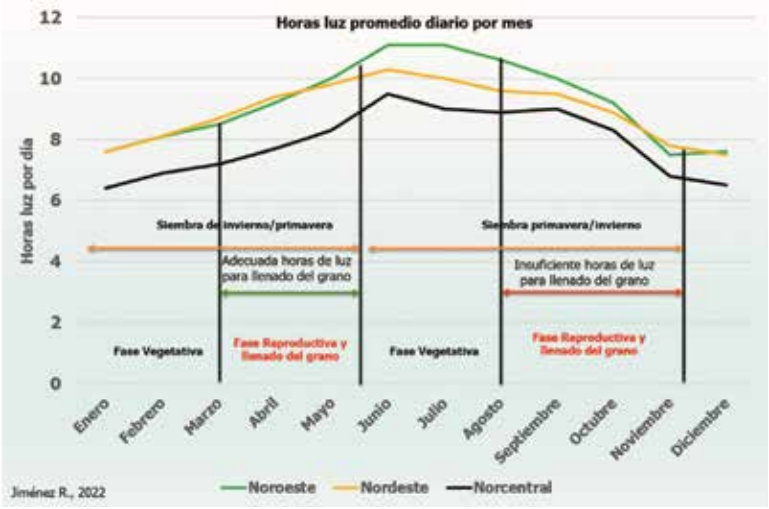
3.1. Características climáticas de las principales regiones de producción arroceras.

Las regiones de producción arrocera muestran una diferencia muy marcada con respecto al clima (lluvia, temperatura, intensidad lumínica y horas de luz) y las características edafológicas (materia orgánica, pH, conductividad eléctrica del agua y constituyentes del suelo). Esta variabilidad en las características de cada zona de producción se manifiesta marcadamente en el desarrollo del cultivo, el desarrollo de plagas, la productividad así como la calidad de la producción.

Debido a la importancia que tienen las condiciones climáticas en cada zona para la producción de arroz, cada productor debe ser consciente de su situación particular. A continuación se presentan algunas de las variables climáticas en las tres principales zonas de producción arrocera de la República Dominicana.

La producción arrocera se desarrolla en dos periodos de siembra; enero/junio y julio/diciembre. Estos períodos presentan condiciones climáticas diferentes. En las figuras 2, 4, 5 y 6 se puede apreciar la variación de las condiciones climáticas entre un período de siembra y otro, lo cual se manifiesta en la productividad del cultivo, estimándose una reducción entre un 15 y 20 % en segundo período con respecto al primero.

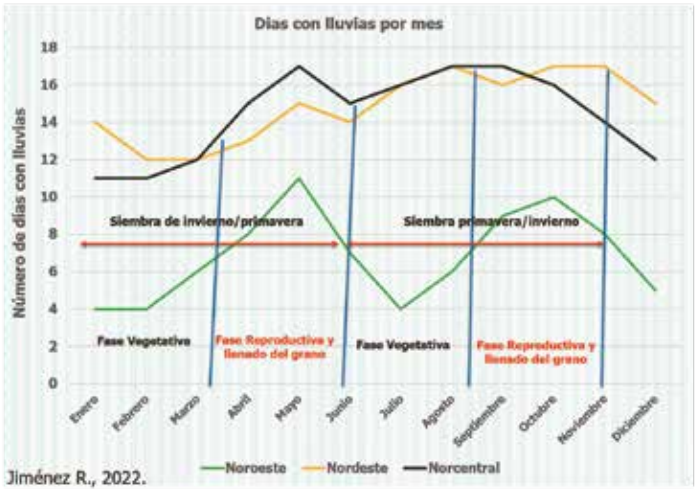
En la figura 1, la mayor cantidad de horas luz diaria promedio por mes se presentan en los meses de junio, julio y agosto que coinciden con la fase vegetativa del cultivo en las zonas del Nordeste, Noroeste y Norcentral. La cantidad de hora luz inicia su descenso en el mes de septiembre hasta diciembre. Esto induce al vaneamiento y a la reducción de la productividad del arroz.



Fuente: ONAMET, 2022.

Figura 1. Cantidad de horas luz diaria promedio por mes en las tres principales zonas de producción arrocera de la República Dominicana.

En la figura 2, se puede observar la mayor cantidad de lluvia en el período marzo-junio que corresponde a la fase reproductiva y llenado del grano del cultivo para los que realizan siembra entre finales de diciembre y mediados de enero. La mayor cantidad de días lluviosos ocurre en el mes de mayo, lo que incide en el vaneamiento de la espiguilla del cultivo del arroz.



Fuente: ONAMET, 2022.

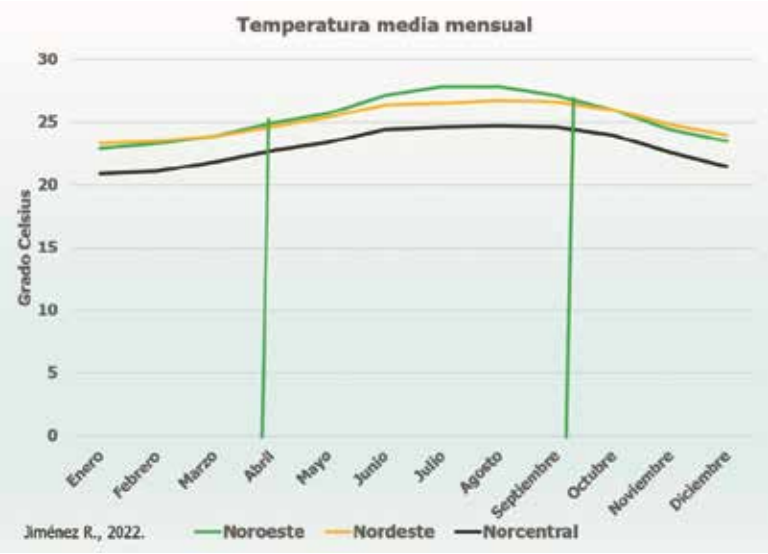
Figura 2. Número de días con lluvias por mes según fase de desarrollo del cultivo en la siembra invierno/pimavera y primavera /invierno en las principales zonas de producción arrocera de la República Dominicana.

En el período de septiembre-diciembre, que corresponde a la fase reproductiva y llenado del grano para los que siembran entre julio y agosto, la cantidad de días con lluvias es mucho más alta, cuando casi se duplica la cantidad de días con lluvia en la fase reproductiva del periodo marzo-junio. Esta cantidad de días con lluvia, sumado el efecto del número de horas luz que es menor en el segundo período de siembra, explica el incremento del vaneamiento y la reducción de la productividad del cultivo del arroz. Además, en la figura 3 se puede observar que en la región Noroeste se reduce a la mitad la cantidad de días con lluvia

y se aumenta el número de horas luz. Ello explica la reducción del vaneamiento y el aumento de la productividad del cultivo del arroz con respeto a las demás regiones de producción.

En la figura 3, se observa que a partir del mes de abril se registra un aumento de la temperatura en el período de siembra de enero-junio, que coincide con la fase reproductiva y llenado del grano. Este aumento de temperatura favorece el llenado del grano y el incremento de la productividad del cultivo del arroz. Este incremento continúa hasta la fase vegetativa del segundo periodo de siembra julio-diciembre, pero a partir de septiembre se inicia un descenso de la temperatura que coincide con la fase reproductiva y llenado del grano. Este descenso dificulta el llenado del grano y causa un incremento del vaneamiento y reducción de la productividad en este período.

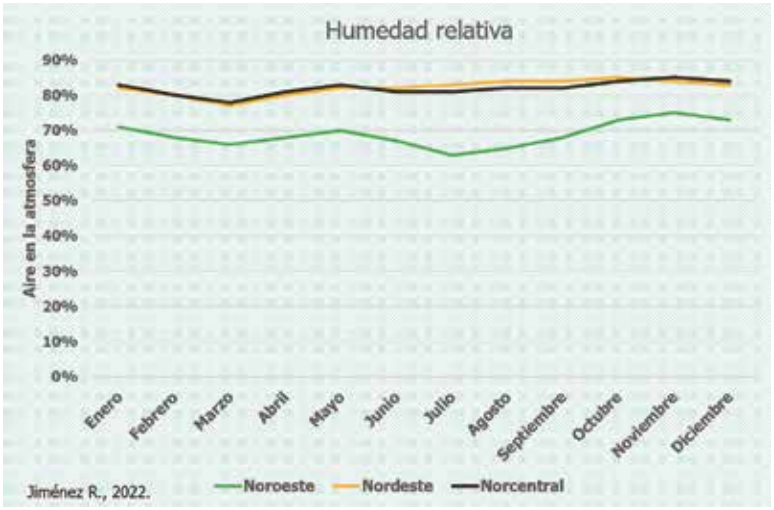
En las figuras 4 y 5, se presentan los valores promedio de la humedad relativa y precipitación por mes en las tres principales zonas de producción. La humedad relativa presenta aumentos en los meses de mayo y octubre, similar comportamiento se observa la precipitación que ocurre en mayo mostrando un pico a partir de octubre. Los efectos conjuntos de estas dos condiciones climáticas al mismo tiempo favorecen el desarrollo de enfermedades del tipo Bacteriosis causadas por diferentes géneros de bacterias, sobre todo en el segundo período de siembra en la región Norcentral y nordeste del país.



Fuente: ONAMET, 2022.

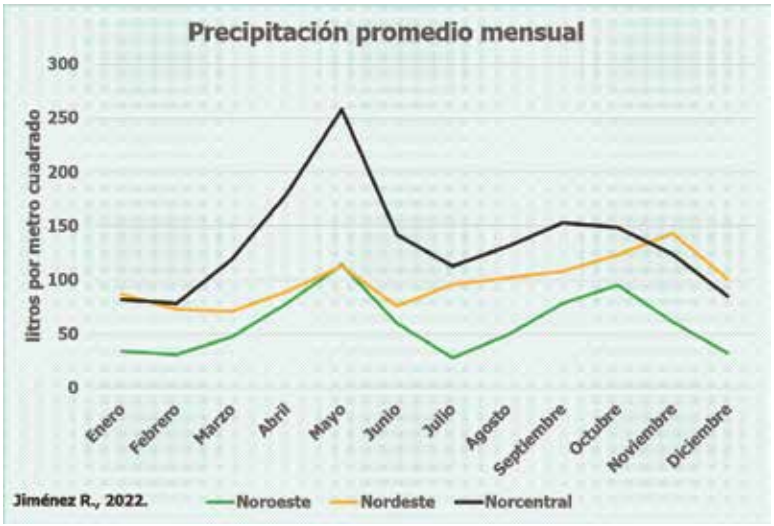
Figura 3. Temperatura promedio diaria por mes en las tres principales zonas de producción arrocera de la República Dominicana.

Las condiciones climáticas de cada zona de producción tienen una marcada influencia en la calidad del producto final (granos o semilla), según sea la finalidad de la producción, que impacta la rentabilidad del productor al momento de la comercialización del arroz. Es por esto que la penalización del arroz está en función de la zona de producción. Como se observa en la figura 6, independientemente del manejo del cultivo, la región Noroeste presentan un producto final de alta calidad en contraste con las zonas de la región Norcentral y Nordeste, y esto implica que la fanega que está estipulada en 120 kg de arroz para las regiones Norcentral y Nordeste en múltiples ocasiones se penaliza entre 10 y 20 kg para la región Norcentral y entre 15 y 25 kilos para la región del nordeste, principalmente en la zona del bajo Yuna y Nagua. En este sentido el productor debe adoptar estrategias de manejo sostenibles del cultivo basado en: densidad de siembra adecuada, dosis óptima de N, uso racional del agua, toma de decisiones para el control de plagas basado en el monitoreo. Es importante destacar que las estrategias de manejo varían según el período de siembra.



Fuente: ONAMET, 2022.

Figura 4. Valores promedio diario de humedad relativa por mes en las tres principales zonas de producción arrocera de la República Dominicana.



Fuente: ONAMET, 2022.

FFigura 5. Valores promedio mensual de precipitación en las tres principales zonas de producción arrocera de la República Dominicana.

Figura 6. Calidad del producto final según la región de producción arrocera en la República Dominicana.

4. ESTRATEGIA DE MANEJO PARA LOS CULTIVARES ÍNDICA 5 Y JAPÓNICA 4

4.1. Características generales del cultivar Índica 5

Este cultivar Japónica 4 fue introducido al país desde Corea del Sur en el año 2017 por el Programa Coreano de Agricultura Internacional (Kopia) y evaluado por el Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (Idiaf).

Este cultivar pertenece al tipo planta semi erecto, ciclo intermedio, alto macollamiento, grano mediano (Blanco), porte semi enano, alta calidad industrial (entre 58 y 62 % de arroz entero y 70 % pulido) y buena calidad culinaria (amilosa intermedia a baja), de cocción intermedia, tendiendo a mantenerse suave por largo tiempo después de la cocción, y con un sabor característico. Esta última característica convierte este material en una buena opción para consumidores nacionales como para consumidores asiáticos residentes en el país y también para los que nos visitan a través de turismo.

En los trabajos de investigación realizado en el país, este cultivar presentó alto potencial de rendimiento, buena fertilidad de la panícula y buen peso del grano, tolerancia al acame y buena adaptabilidad a los diferentes ecosistemas arroceros del país. Además, mostró muy buen nivel de tolerancia a las principales enfermedades que afectan el cultivo, tales como: *Pyricularia oryzae*, el complejo de manchado del grano, *Helminthosporioum oryzae* y al virus de la Hoja Blanca. Estos atributos convierten esta línea elite en una excelente opción para los productores nacionales.

4.2. Características generales del cultivar Japónica 4

Este cultivar fue introducido al país desde Corea del sur en el año 2017 por el Instituto dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (Idiaf). Estos nuevos cultivares, pertenecen al tipo planta semi erectos, ciclo intermedio, alto macollamiento, grano mediano (pulido), porte semienano, alta calidad industrial (entre 58 y 62% de arroz entero y 70% pulido) y buena calidad culinaria (Amilosa baja), de cocción intermedia, tendiendo a mantenerse suave por largo tiempo después de la cocción. Esta última característica convierte este material en una buena opción para los consumidores europeos y asiáticos residentes en país, los cuales representan una potencial demanda, además de los turistas que visitan el país.

En la tabla 2 se presentan las características de los cultivares Índica 5 y Japónica 4. Las variables se evaluaron siguiendo el Manual de evaluación estándar para arroz publicado por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), (CIAT 2005). Este manual, contiene estandarizada a nivel mundial la escala de evaluación (0-9) para todas las variables cuantitativas y cualitativas que se evalúan en la descripción varietal. En dicha escala el nivel 0 se considera el mínimo, mientras que el nivel 9 es el máximo.

En la tabla 3 se presentan los resultados de reacción a las principales enfermedades del cultivo en los cultivares Índica 5 y Japónica 4. Estos resultados muestran una buena tolerancia de estos cultivares a las principales enfermedades, las cuales se presentaron en una escala de 1, Índicando que los cultivares mostraron una buena tolerancia a las enfermedades.

Tabla 2. Características morfológicas de los cultivares Índica 5 y Japónica 4.

Características	Índica 5		Japónica 4	
	Escala	Clasificación	Escala	Clasificación
Capacidad de macollamiento	3	Intermedio	3	Intermedio
Tiempo de floración (50%)	3	Intermedio	3	Intermedio
Ancho de la hoja bandera (cm)	1	Estrecho	3	Intermedio
Ángulo de la hoja bandera	1	Erecto	1	Erecto
Longitud, sin la panícula	5	Intermedio	5	Intermedio
Grosor (cm)	3	Intermedio	1	Poco grueso
Color del entrenudo	3	Verde claro	3	Verde claro
Excerción de la panícula	1	Muy emergida	3	Justa
Relación largo-ancho (mm)	3	Intermedio	1	Alta
Grosor (mm)	1	Fino	3	Intermedio
Ángulo del ápice que forma la lema y la palea	1	Erecto	3	Semierecto
Masa de 1000 granos (g)	3	Intermedio	1	Alto
Arroz partido (%)	3	Muy Bueno 5.9%	5	Bueno 8.90%
Centro blanco	5	Ligeramente opaco	3	Intermedio
Apariencia de grano pulido (%)	5	Regular	7	Mala
Apariencia (brillo)	5	Mod. Brillante	3	Bajo brillo
Adhesividad entre granos	7	Difícil de separar	9	Muy difícil de separar
Sabor	1	Excelente sabor	5	Buen sabor
Color	1	Blanco brillante	3	Blanco, cierto grado de opacidad

Fuente: Informe final proyecto Mejoramiento de la productividad del cultivo del arroz en la República dominicana mediante la introducción de cultivares coreanos y técnicas de cultivos.

Tabla 3. Reacción de los cultivares Índica 5 y japónica 4 a las principales enfermedades en las tres principales zonas arroceras de la República Dominicana.

No.	Enfermedades	Escala Internacional	Esperanza, Mao		Juma, Bonao		El Pozo, Nagua	
			Índica 5	Japónica 4	Índica 5	Japónica 4	Índica 5	Japónica 4
1	*Pyricularia grisea*	1 (Tolerante)	1	1	1	1	1	1
2	Piriicularia del cuello	1 (Tolerante)	1	1	1	1	1	1
3	*Helminthosporium oryzae*	1 (Tolerante)	1	1	1	1	1	1
4	Alternaria	1 (Tolerante)	1	1	1	1	1	1
5	Escaldado de la hoja	1 (Tolerante)	1	1	1	1	1	1
6	Manchado del grano	1 (Tolerante)	1	1	1	1	1	1
7	Virus de la Hoja Blanca	1 (Tolerante)	1	1	1	1	1	1

Fuente: Informe final proyecto Mejoramiento de la productividad del cultivo del arroz en la República dominicana mediante la introducción de cultivares coreanos y técnicas de cultivos (CIAT 2005).

5. ESTABLECIMIENTO DEL CULTIVO DE ARROZ

El establecimiento del cultivo de arroz se puede llevar a cabo mediante diferentes métodos de siembra. Cada uno tiene su particular importancia en función de las condiciones del terreno, del nivel tecnológico del productor, del área disponible y de la disponibilidad de agua para riego. Es importante entender, que aun teniendo agua disponible, el uso sostenible de este recurso en la agricultura ha de ser riguroso y eficiente.

Entre los diferentes métodos para el establecimiento del cultivo podemos mencionar los siguientes:

5.1. Trasplante manual tradicional

Es un método muy utilizado por los productores; sin embargo en los últimos años su uso ha ido disminuyendo por el costo de la mano de obra y disponibilidad de personal cualificado para esta labor. Esta siembra no sigue ningún patrón y tampoco tiene en cuenta la cantidad de postura por área. La densidad de siembra por regiones ha sido ampliamente estudiada y se han establecidos densidades de entre 20 y 25 postura por metro cuadrado (postura/m^2) y entre 3 y 5 plántula por postura para la región Norcentral y Nordeste y de 25 a 35 postura/m^2 para la región Noroeste. Para las regiones Nordeste y Norcentral, esto constituye una de las dificultades a mejorar, ya que algunos productores utilizan densidades de siembra entre 30 y 40 postura por metro cuadrado (m^2) y hasta 20 plántulas por postura. Esto crea un ambiente de sobrepoblación de plantas que incrementa la incidencia y severidad de las enfermedades y el acame al momento de la madurez. En la figura 7 se muestra una siembra bajo el sistema de trasplante manual.

Figura 7. Finca trasplantada utilizando el sistema tradicional.

En la figura 8 se muestra el establecimiento de semillero para el trasplante manual tradicional. Este sistema consume gran cantidad de semilla en la preparación del semillero. Se estima que para la preparación del semillero los productores utilizan entre 15 y 20 libras por tarea de terreno a sembrar. En cualquier sistema de siembra por trasplante manual, los productores generalmente utilizan muchas plántulas por postura, como se observa en la figura 9, lo que aumenta la cantidad de semilla a utilizar en la preparación del semillero; y en el proceso de desarrollo del cultivo se reduce el espacio entre plantas lo que pudiera incrementar el desarrollo de plagas.

El número de plántulas a utilizar es también una parte importante a tomar en consideración. El número de plántulas por postura debe oscilar entre 3 y 5 plántula por postura. Las plantas de arroz tienen una alta capacidad de producir hijos por lo que no es necesario utilizar gran número de plántulas por postura.

En las figuras 9 A y B se puede notar una parcela plantada utilizando varias plántulas por postura (entre 10 y 20) y otra plantada con solo una plántula por postura. En tanto que en la figura 9-C se puede apreciar la cantidad de hijos producidos por macolla en la parcela sembrada con solo una plántula por postura. El número de hijos producido fue entre 20 y 28 hijos, con un promedio de 23 hijos fértiles (que producen panículas) por postura. La densidad de siembra está en función de la capacidad de ahijamiento que tiene la variedad y el período de siembra. En la tabla 4 se presenta la densidad de siembra recomendada para los cultivares Índica 5 y japónica 4.

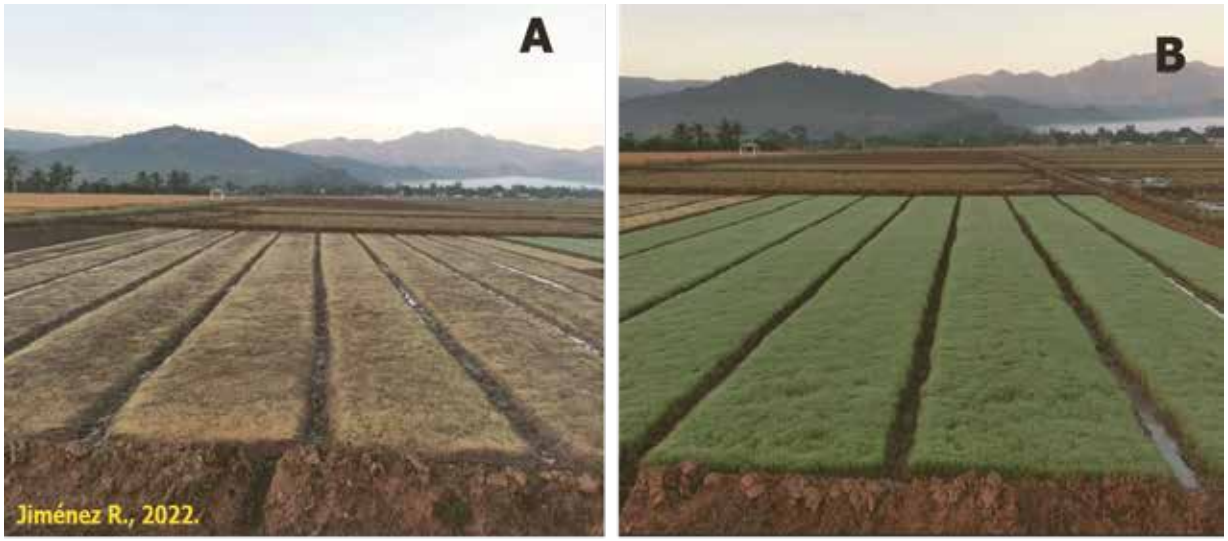


Figura 8. Establecimiento de semilleros para la siembra por trasplante manual tradicional. A) inicio germinación. B) fase de desarrollo.

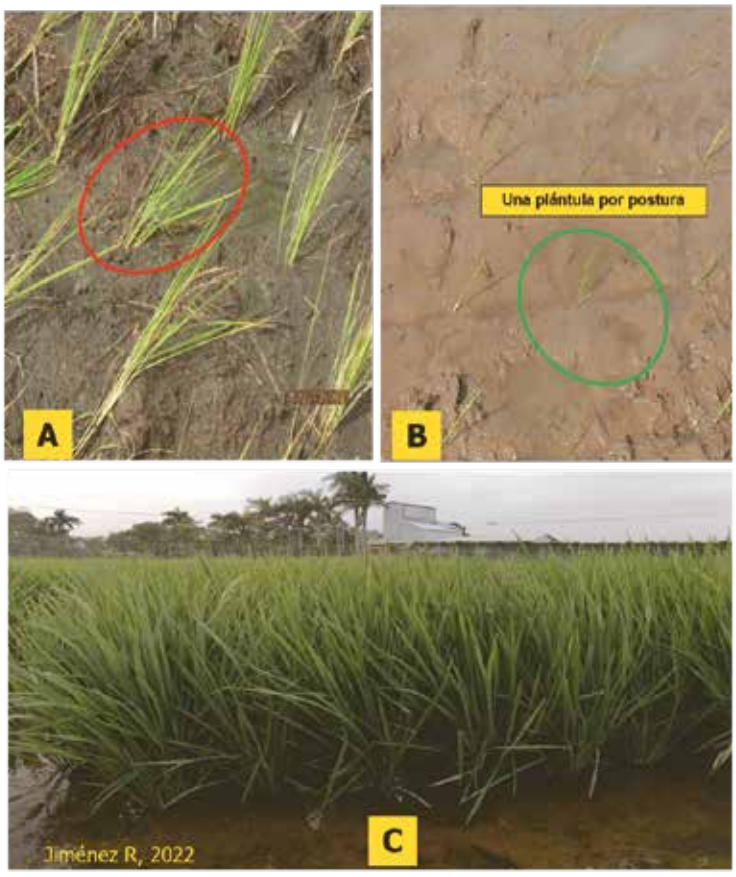


Figura 9. Comparación del número de plántula por postura (A y B) el desarrollo del cultivo alcanzado con solo una plántula por postura (C).

Tabla 4. Número de posturas por metro cuadrado según período de siembra y región de producción para los cultivares Índica 5 y japónica 4.

Región	Siembra enero/junio	Siembra Julio/diciembre
	Posturas por metro cuadrado	
Norcentral	20-25	15-20
Nordeste	20-25	15-20
Noroeste	25-35	25-30

Estudios realizados indican que en el período de siembra julio/diciembre se produce un incremento en el número de hijos por planta (macolla), que se traduce en igual número de panículas. El número de panícula se reduce entre 20 y 30 % con respecto al período de siembra enero/junio. En este estudio, la variedad Jaragua fue la que mayor reducción en el número de panículas mostró con 35% con un incremento en el número de hijos de 25 %. Es importante mantener una densidad de siembra y fertilización adecuadas para evitar el acame al momento de la madurez del cultivo, sobre todo en el segundo período de siembra (julio/diciembre).

Ventajas en el uso del sistema de trasplante manual:

- Mejor control de las enfermedades durante la etapa de semillero.
- Permite realizar siembra con plantas libres de enfermedades.
- Facilidad para la construcción de semillero.

Desventajas en el uso del sistema de trasplante manual:

- Demanda mucha mano de obra, por lo que dificulta su utilización.
- Poca disponibilidad de mano de obra calificada.
- Incrementa el costo de `producción.
- No se tiene control en la densidad de siembra.

5.2. Trasplante manual en hileras

Este sistema utiliza un marcador para trazar las hileras sobre la cual se ubicarán las plántulas, como se muestra en la figura 10. La siembra en hilera permite reducir el uso de semilla en alrededor de un 30% con relación al trasplante manual tradicional, y un mejor desarrollo de las labores de control de malezas y germinaciones de arroces diferentes a la variedad sembrada. Por ello, la siembra en hilera es muy conveniente utilizar en fincas muy enmalezadas y con alta contaminación de arroces indeseables. Este sistema permite, además, una buena circulación del aire por lo que reduce la posibilidad de desarrollo de plagas. Este trasplante se puede ajustar a diferentes marcos de plantación o densidad de siembra. Al igual que el sistema de siembra tradicional, en el sistema de siembra en hileras se recomienda seguir las densidades de siembra descrita en la tabla 4.

Ventajas en el uso del sistema de trasplante manual en hileras:

- Mejor control de las enfermedades durante la etapa de semillero.
- Permite realizar siembra con plantas libres de enfermedades.
- Facilidad para la construcción de semillero.
- Buen control de la densidad de siembra.
- Facilidad para las labores de control de malezas.
- Mayor circulación del aire.

Desventajas en el uso del sistema de trasplante manual en hileras:

- Demanda mucha mano de obra.
- Poca disponibilidad de mano de obras calificadas para la siembra.
- Incrementa el costo de `producción.

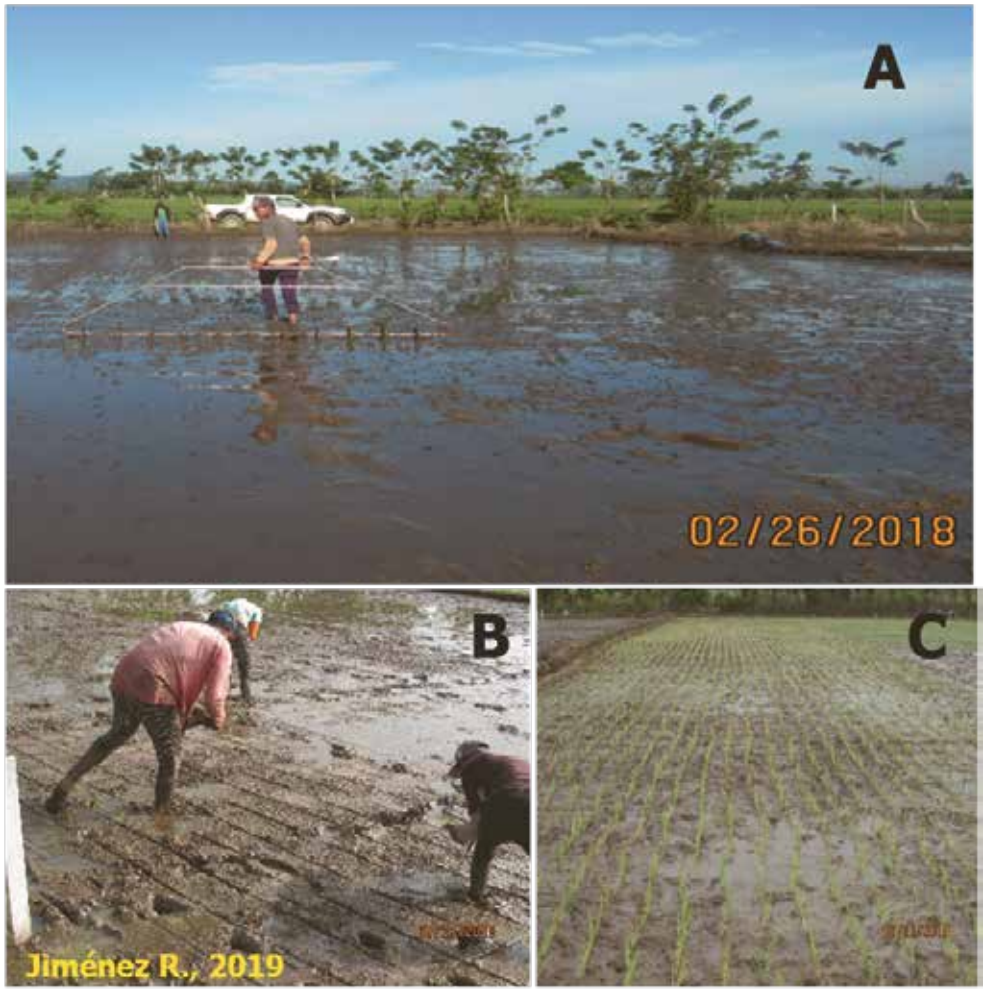


Figura 10. Sistema de trasplante manual en hileras utilizando marcadores. A) Marcado en hilera. B) inicio trasplante manual. C) estado de desarrollo inicial del cultivo.

Nota: Es importante realizar ajustes en cada zona de producción según productor. Una alta densidad de siembra favorece el desarrollo de plagas y una baja densidad favorece el desarrollo de malezas. Es importar saber el nivel de infestación o la cantidad de malezas por metro cuadrado de la finca.

5.3. Trasplante mecanizado en hileras.

El trasplante mecanizado es un sistema que implica el uso de máquinas guiadas por un operador como se observa en la figura 11-B. El uso de este sistema requiere un área para la construcción de semilleros en bandejas y un criadero de los semilleros donde permanecen las plántulas hasta el momento de la siembra. En la preparación del semillero se utiliza tierra como sustrato, la cual debe estar libre de semillas de malezas y arroces indeseables para evitar contaminar los campos. Este sistema tiene un costo relativamente alto para el pequeño productor. Hasta el momento, en República Dominicana solo ha sido utilizado en estaciones experimentales y por algunos productores que han intentado explotar su uso a nivel de campo.

Figura 11. Sistema de trasplante mecanizado en hileras. A) traslado de las bandejas al criadero hasta la siembra. B) trasplante mecanizado en hileras.

Entre las ventajas de este sistema están:

Ventajas del sistema mecanizado

- Reducción en el uso de semilla.
- Trasplante en un tiempo reducido.
- Las plántulas no sufren estrés al momento de la siembra debido a que las plántulas son sembradas con parte de la tierra del semillero.
- Mejor control de las malezas, debido a que la siembre se realiza en hileras.
- Mejor control de la cantidad de plántulas por postura a sembrar.
- Permite realizar un buen control de la densidad de siembra (cantidad de plantas por metro cuadrado).

Desventajas del sistema mecanizado

- No está asequible para todos los productores de manera individual.
- Solo es posible usar en terrenos que sean profundos.
- Requiere buena nivelación.
- Condiciones optima de humedad para el desplazamiento de la máquina.
- Disponibilidad sustrato (tierra) libres de malezas para la construcción del semillero.
- Alto costo.

5.4. Siembra directa al voleo

Este sistema es muy utilizado ya que permite reducir el costo de producción de manera sustancial, aunque se conoce que su productividad es baja. Con este sistema de siembra, solo por concepto de siembra el productor se puede ahorrar entre 70 y 80% del costo de la siembra comparado con el trasplante manual. Este sistema requiere de buena nivelación de manera que el campo pueda drenar fácilmente, ya que las semillas que caen en los pozos de agua no germinan, quedando espacios vacíos por lo que se requiere realizar resiembra.

En figura 12 se puede observar una siembra directa al voleo en un terreno con problemas de nivelación, lo que genera una serie de problemática durante el desarrollo del cultivo, como la proliferación de malezas en los lugares más altos, mala distribución de los fertilizantes y del agua de riego, y desarrollo irregular del cultivo, lo que retrasa la cosecha por la poca uniformidad en la maduración. Esta problemática también afecta el desarrollo del cultivo cuando se realiza cosecha de retoño como se aprecia en la figura 12. En cualquier sistema de siembra es de suma importancia realizar una buena nivelación.

Figura 12. Siembra directa manual al voleo en finca con mala nivelación y problemas en retoño.
A) mala nivelación del terreno. B) efecto de la mala nivelación.

Se recomienda que la finca donde se utilice este tipo de siembra esté lo menos contaminada posible de malezas y arroces indeseables, ya que este sistema dificulta el control manual o mecánico cuando el control químico en preemergencia no ha sido efectivo. ***En cualquier modalidad de siembra directa, para evitar los daños por plagas (ratas y aves) se recomienda la siembra con una ligera lámina de agua (siembra directa al voleo) o inmediatamente después de la siembra (siembra directa en hileras) de manera que las semillas no queden expuestas a estas plagas.***

En la siembra directa al voleo es importante considerar el período de siembra, ya que se debe reducir la cantidad de semilla a utilizar en el segundo período de siembra (julio/diciembre) como se muestra en la tabla 5. Esto es debido a que en el segundo período de siembra las condiciones climáticas son diferentes a las condiciones del período enero/junio y esto hace que desarrollen un gran número de hijos improductivos (que no producen panículas) cuando se incrementa la cantidad de semilla, lo que trae como consecuencia alta incidencia de plagas.

Tabla 5. Densidad de semilla recomendada en siembra directa al voleo según período de siembra y región de producción.

Región	Siembra enero/junio	Siembra Julio/diciembre
	Densidad de siembra (libras/tarea)	
Norcentral	12-14	10-12
Nordeste	12-14	10-12
Noroeste	14-16	12-14

Nota: El productor arrocero debe considerar la diferencia marcada entre el primer período de siembra y el segundo. En este sentido se debe tener en cuenta que la cantidad de semilla ha de ser menor en el segundo período. El acame del cultivo en la fase de madurez está relacionado con la densidad de siembra..

Hay experiencia de productores en otros países con esta modalidad de siembra con densidades más baja que la utilizada en nuestro país, conocido como el sistema SRI mejorada. Este, consiste en el uso de 7 libras por tarea (50 kg/ha) de semilla, con productividad igual a la siembra con 16 libras/tarea que utilizan los productores arroceros en la República Dominicana.

5.5. Siembra directa en hileras con tracción humana

La siembra directa en hileras implica el uso de maquinarias sofisticadas y/o equipos de fabricación artesanal que permite realizar la siembra a la densidad requerida por el productor. El equipo a ser utilizado para esta siembra dependerá del tamaño de la finca y el presupuesto del productor. ***La siembra directa en hileras con marcador*** utiliza un implemento de fabricación artesanal que varía entre 6 y 10 tolvas donde se coloca la semilla con una capacidad entre 5 y 7 libras por tolva. Este equipo es tirado por una persona y tiene un rendimiento entre 25 y 30 tareas en una jornada de 8 horas. Es una tecnología de fácil acceso para pequeños y medianos productores. Esta modalidad de siembra utiliza entre 7 y 10 libras por tarea y se puede calibrar de manera que se a la densidad deseada por el productor. En la figura 13 se muestra el proceso de desarrollo del cultivar Índica 5 desde el momento de la siembra hasta la fase de llenado del grano.

Entre las ventajas de este sistema están:

- Reducción en el uso de semilla.
- De fácil acceso para el pequeño productor.
- Mejor control de las malezas, debido a que la siembre se realiza en hileras.
- Permite ajustar la densidad de siembra a la requerida por el productor.
- Costo de siembra bajo en comparación con el trasplante.
- Ideal para sanear fincas con alto nivel de contaminación de malezas.
- Se puede utilizar en terrenos profundos.

Entre las desventajas están:

- Requiere buena nivelación.
- Exposición de la semilla a las plagas (aves y ratas).

Figura 13. Siembra directa manual en hileras con equipo de fabricación artesanal (A), hileras en siembra directa (B), proceso de germinación y desarrollo inicial (C) y arroz en inicio de madurez (C).

5.6. Siembra directa en hileras en húmero con máquina

En esta modalidad de siembra se utilizan equipos más sofisticados como la maquina Semeato, la maquina **coreana tipo oro** de fabricación coreana (figuras 14, 15 y 17-A y C) autopropulsada con motor diésel (gas oíl), la cual puede ser utilizada por medianos y grandes productores, y la sembradora multiseeder la cual se acopla al enganche de tres puntos del tractor para su funcionamiento (figura 16-B y D).

Ambas sembradoras poseen 8 tolvas dobles pero dividida (contenedores); una parte para la semilla y la otra parte para el fertilizante granular, osea que puede realizar dos actividades al mismo tiempo; la siembra y la primera fertilización. En el caso de la semilla, esta puede ser calibrada para sembrar entre 6 y 10 libras/tarea (45 y 75 kg/ha). En el caso del fertilizante, esta puede aplicar entre 25 y 40 libras/tarea (180 y 290 kg/ha) de fertilizante granulado. La máquina Semeato solo siembra a una densidad de siembra de 16 libras/ta (116 kg/ha) y no permite realizar ajustes que permita usar diferentes densidades de siembra. Esta puede ser utilizada en la siembra de diferentes granos.

La máquina sembradora autopropulsada (Tipo oro) tiene un rendimiento de 65 a 80 tareas (4 a 5 ha) en una jornada de 8 horas bajo condiciones normales (buena preparación, suelo bien drenado, poco profundo y suelo con una ligera lámina de agua). La sembradora multiseeder acoplada al tractor puede alcanzar un rendimiento de 130 a 150 tareas (8 a 10 ha) en una jornada de ocho horas. Puede ser utilizada en la siembra de diferentes granos.

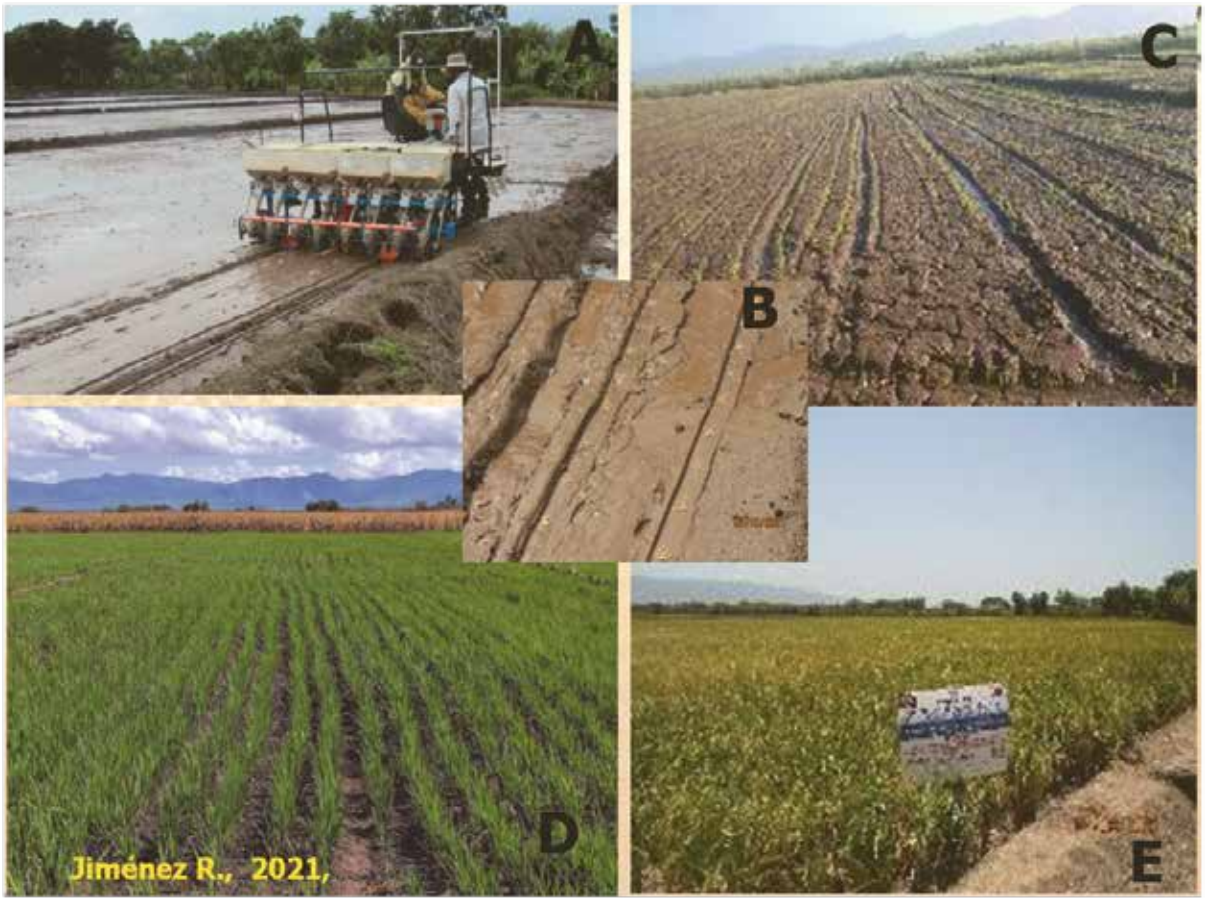


Figura 14. Establecimiento de parcela en Esperanza, Mao, con siembra directa en hileras con máquina tipo Oro de fabricación coreana y proceso de desarrollo del cultivo.

Figura 15. Establecimiento de parcela, capacitación de técnicos y productores con máquina Multiseeder tipo oro de fabricación coreana en siembra directa en hileras en El Pozo, Nagua.

Figura 16. Modalidades de siembra directa con la máquina en siembra directa autopropulsada A y C, y la sembradora acoplada al enganche de tres puntos del tractor (B y D)).

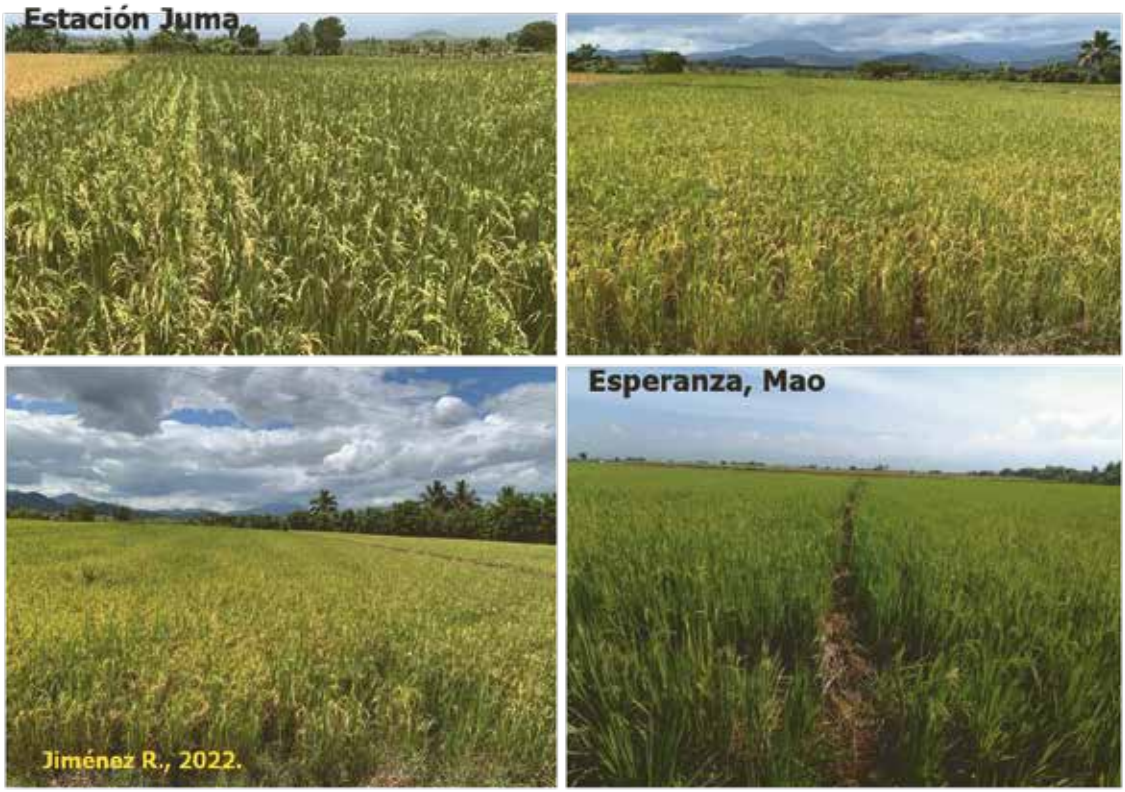


Figura 17. Fincas sembrada con las modalidades de siembra directa con la máquina en siembra directa autopropulsada y la sembradora acoplada al enganche de tres puntos del tractor diferentes localidades.

Figura 18. Finca sembrada bajo las modalidades de siembra directa con la máquina Tipo Oro (autopropulsada) figura A y siembra directa al voleo (B).

Es importante realizar ajustes de densidad de siembra y dosis de N para cada región de producción en particular. En la figura 18-A se puede apreciar una finca en la Región Norcentral sembrada directa al voleo a una densidad de 16 libras/tarea con más del 60% del área de la finca con problemas de acame al momento de la cosecha y figura 18-B, una siembra con maquina coreana Tipo Oro a una densidad de 7 libras/tarea. En la figura 19 explicamos de manera gráfica las causas principales de la ocurrencia de acame en la producción arrocera. Hay condicionantes del tipo genético, como la altura, que hace a la planta más propensa a la caída, y otras condicionantes que tienen que ver con el manejo del cultivo como la densidad de siembra y dosis de N, como se indicó anteriormente.

Las consecuencias primarias en la planta de arroz como respuesta a la alta densidad de siembra y alta dosis de N se muestran en la figura 19. Se produce un incremento en la altura de la planta y un alargamiento de los entrenudos, y un debilitamiento del tallo (seudotallo que hace que la planta no soporte el peso de la panícula y se produce la caída. En el caso de la figura 19-C se puede notar que la caída de la planta se produce desde el punto cercano al suelo, haciendo que la planta se acueste sobre el suelo. Esta situación es considerada como un caso extremo de la utilización de una alta dosis de N y alta densidad de siembra. Según datos ofrecido por el propietario de la finca se utilizó una densidad de siembra de 20 libras/tarea semilla (145 kg/ha) y un dosis de N de 25 libras/tarea durante el ciclo (180 kg/ha).

Entre las ventajas de la siembra directa con la maquina coreana Tipo Oro:

- Mejor control de malezas.
- Ahorro de mano de obra.
- La siembra se realiza en un tiempo relativamente corto.
- Menor uso de semilla (6 a 8 libras/tarea), lo que reduce la ocurrencia de acame.
- Crecimiento de las plantas más homogéneo.
- Se logra mejor productividad.
- Se reduce la incidencia de las enfermedades.
- Permite ajustar la densidad de siembra a la requerida por el productor.
- Costo de siembra bajo en comparación con el trasplante.
- Ideal para sanear fincas con alto nivel de contaminación de malezas y arroces indeseables.

Entre las desventajas están:

- Requiere buena nivelación.
- Exposición de la semilla a las plagas (aves y ratas).
- Para uso en suelos pocos profundos.

Figura 19. Alargamiento del tallo (seudotallo) de la planta de arroz causante del acame como consecuencia de alta densidad de siembra y alta dosis de N.

6. ESTUDIO DE CASOS PARA LA COMPARACIÓN DE MÉTODOS DE SIEMBRA; NORDESTE Y NOROESTE

La siembra directa al voleo del cultivo de arroz se realiza en el 85% a nivel nacional. En 2021-2022, Kopia e IDIAF llevaron a cabo trabajos en finca de productores en la región nordeste y noroeste del país. Los métodos utilizados de siembra de arroz fueron; siembra directa mecanizada (máquina tipo Oro coreana), siembra directa al Voleo y siembra por trasplante. En la siembra directa mecanizada con Tipo Oro se utilizó una densidad de 7 libras/tarea, la siembra directa manual al voleo con 16 libras por tarea y la siembra por Trasplante tradicional.

6.1. Caso Nordeste (Las Guáranas) primer período de siembra (enero/junio).

Se analizaron los datos productividad de los diferentes métodos de siembra. La inversión en la región nordeste fue RD$7,764.91 por tarea en siembra directa al Voleo, RD$ 7,791.61 en la siembra directa con la máquina Tipo Oro y por Trasplante fue de RD$ 9,232.85. Estos datos muestran que el costo de inversión fue menor en la siembra directa manual al voleo (Tabla 6).

Tabla 6. Costos y gastos en pesos dominicanos de operaciones por método de siembra**

Partidas del costo de producción	Siembra Directa				Siembra por trasplante	
	Mecanizada	%	Al voleo	%	Trasplante	%
Insumos	2,983.95	38.3	3,551.58	45.74	4,033.85	43.69
Mano de Obra	853.72	10.96	494.3	6.37	1,383.67	14.99
Servicios Externos	1,287.55	16.5	1,053.68	13.57	1,093.51	11.84
Renta de la Tierra	1,200.00	15.4	1,200.00	15.45	1,200.00	13
Total Costos de producción	6,325.22	81.18	6,299.55	81.13	7,711.03	83.52
Total de Gastos de Administración y Financieros*	1,466.39	18.82	1,465.36	18.87	1,521.82	16.48
Total de Egresos	7,791.61	100	7,764.91	100	9,232.85	100

*Gastos financieros al 8% del costo de producción

** 1 ha = 16 tareas; 1 kg = 2.2 libras.

Estos datos se aproximan a los datos consultados y registrados por Bio Arroz en enero 2023, donde los productores registraron un costo aproximado de RD$ 8,200 por tarea en siembra directa manual al voleo y RD$ 9,000.00 pesos por tarea en siembra por Trasplante. Según el Banco Agrícola, en 2022 los costos de producción del arroz fue de RD$10,087.50 por tarea en siembra manual al voleo y por trasplante ronda los RD$10,919.82 por tarea.

En siembra directa mecanizada, los Insumos agrícolas relacionados a semillas, fertilizantes y plaguicidas comprende el 38.30% y los Servicios Externos que corresponden a preparación de terrenos, construcción de canales, etc… el 16.50 %, representan los mayores costos en la producción de arroz. En siembra directa manual al voleo, los Insumos agrícolas como semillas, fertilizantes y plaguicidas representan el 45.74 % y la Renta de la Tierra un 15.45 %, representan las partidas con los mayores costos (Tabla 6).

En siembra por trasplante, los Insumos agrícolas como semillas, fertilizantes y plaguicidas (43.69 %) y la mano de obra (14.99 %) representan los mayores costos en la producción de arroz, seguido de los Servicios Externos el 11.84 % y la Renta de la Tierra un 13.00 %.

El análisis de los costos de producción da como resultado que la siembra directa al Voleo es 0.41 % menor que la siembra directa en hileras con máquina tipo Oro y 22 % menor que por Trasplante. En la siembra directa al voleo, los Insumos son los de mayor peso relativo en el costo; en la Mecanizada son los Servicios Externos (renta sembradora, etc…). En trasplante los insumos y la mano de obra, fueron los componentes de mayor importancia en el incremento de los costos de producción..

Para obtener el precio por kilogramo de arroz producido en la siembra directa, como en los demás métodos, se divide la producción de arroz en kilogramos obtenidos en una tarea equivalente a 592.33 (kg/tarea) entre 120 kg resulta en 4.94 fanega que al multiplicar por 9 kg (tara) por el número de fanega se obtiene la cantidad a favor del comprador que representa una pérdida para el productor y se tiene una tara de 44.42 que al restar de la producción (592.3 kg/tarea) se obtiene una producción neta de 547.91 kg/tarea. Si multiplicamos 4.94 fanega de arroz por el precio de RD$2,852.48 (MA, 2022), se obtiene el valor comercial de RD$14,080.079 de la cosecha. Si se divide la producción neta 547.91 entre 120 kg se obtiene la cantidad de fanega neta de 4.56 que al multiplicarla por su precio RD$2,852.48 se tiene el valor comercial de la producción neta de RD$13,024.186. Al dividir el valor comercial de RD$13,024.186 entre la producción neta de 547.91 se obtiene el precio por kilogramo de RD$23.77/kg (Tabla 7).

En los trabajos realizados en las tres modalidades de siembra, los datos financieros recolectados varían en el tiempo, por lo que los aspectos del costo de producción y los precios del arroz deben revisarse anualmente, aun así el ingreso neto (beneficio) resultó positivo en los tres métodos usados en fincas de productores. El mayor beneficio se obtuvo en la siembra directa Mecanizada de cuyos resultados se puede observar que aumenta la productividad (547.91 kg/ tarea equivalente a 8,766.56 kg/ha) siendo superior al método Al voleo que aunque presenta menores costos de producción son mayores tanto la productividad como los beneficios. En el método por trasplante, los costos de producción y los gastos financieros se incrementan y se reduce la productividad.

Tabla 7. Ingresos netos en pesos dominicanos en la producción de arroz bajo tres métodos de siembra.

Ingresos netos	Siembra directa		Siembra por trasplante
	Mecanizada	Al voleo	Trasplante
Producción (kg/tarea)	592.33	504.26	477.27
Precio	23.77	23.77	23.77
Pérdida (tara)	44.42	37.82	35.79
Producción neta (kg/tarea)	547.91	466.44	441.48
Total de Ingresos	13,023.71	11,087.32	10,493.89
Total Costos de producción	6,325.22	6,299.55	7,711.03
Total de Gastos de Administración y Financieros	1,466.39	1,465.36	1,521.82
Total de Egresos	7,791.61	7,764.91	9,232.85
Ingresos netos	5,232.10	3,322.41	1,261.04

Los datos financieros recolectados varían en el tiempo por lo que los aspectos del costo de producción y los precios del arroz deben revisarse anualmente, aun así el ingreso neto (beneficio) resultó positivo en los tres métodos usados en fincas de productores. El mayor beneficio se obtuvo en la siembra directa con la maquina coreana Tipo Oro en cuyos resultados se puede observar que aumenta la productividad (547.91 kg/ tarea equivalente a 8,766.56 kg/ha), siendo superior a la siembra manual al voleo, aunque presenta menores costos de producción. Tanto la productividad como los beneficios son mayores con la siembra mecanizada. En el método por trasplante, los costos de producción y los gastos financieros se incrementan y su productividad es menor (Tabla 7).

Los ingresos netos o beneficios generados divididos entre el capital invertido en los diferentes métodos de siembra Indican la rentabilidad sobre la inversión (ROI). La rentabilidad obtenida por el Indicador de B/C resultaron en 67.15, 42.80 y 13.66 %, para los métodos de siembra directa con máquina Tipo Oro y al voleo y por trasplantes, respectivamente. Los mayores beneficios obtenidos en la producción en arroz se obtuvieron en la siembra mecanizada con la sembradora coreana Tipo Oro por lo que se recomienda la utilización a nivel de las áreas arroceras el uso de esta tecnología.

6.2. Caso Noroeste (Mao; Valverde) segundo período de siembra (julio/diciembre)

El análisis de los costos de producción para la región Noroeste (Mao Valverde) da como resultado que en la siembra directa Al Voleo, al igual que en el la región Nordeste, se obtiene el menor costo de producción, siendo menor (3.89 %) que la siembra Mecanizada y 5.6 % menor que por Trasplante. El incremento de los costos en la Mecanizada está relacionado principalmente con los Insumos y los Servicios Externos (renta de sembradora). En el costo de producción de la siembra Al Voleo, los Insumos tienen un mayor peso relativo (65.0 %); mientras que por Trasplante son los insumos y la mano de obra los componentes de mayor importancia en el incremento de los costos de producción (Tabla 8).

El mayor beneficio (RD$6,816.36) se obtuvo en la siembra directa Mecanizada de cuyos resultados se puede observar que aumenta la productividad (641.25 kg/ tarea equivalente a 10,260 kg/ha) siendo superior al método al voleo, aunque este presenta menores costos de producción. Tanto la productividad como los beneficios son mayores con la siembra mecanizada. Con el método por trasplante, los costos de producción y los gastos financieros se incrementan y se reduce la productividad con relación a la siembra mecanizada (Tabla 9).

Tabla 8. Costos y gastos en pesos dominicanos de operaciones en arroz tipo Japónica e Índica por tarea**

Partidas del costo de producción	Siembra Directa				Siembra por trasplante	
	Mecanizada	%	Al voleo	%	Trasplante	%
Insumos	4,631.21	61	4,758.86	65	4,620.09	60
Mano de Obra	1,420.97	19	1,209.50	17	1,559.44	20
Servicios Externos	915.5	12	715.5	10	915.5	12
Renta de la Tierra	600	8	600	8	600	8
Total Costos de producción	7,567.68	90	7,283.86	83	7,695.04	90
Total de Gastos de Administración y Financieros	858.50	10.00	846.45	17.00	863.92	10.00
Total de Egresos	8,426.19	100	8,130.31	100	8,558.96	100

*Gastos financieros al 8% del costo de producción

** 1 ha = 16 tareas; 1 kg = 2.2 libras.

La rentabilidad (ROI) para la siembra directa resultó en 90.07% para la Mecanizada y 17.28 Al voleo mientras por trasplante resultó en 43.22 %. La rentabilidad obtenida por el indicador de B/C resultaron en 80.89% y 15.48 % para los métodos de siembra directos Mecanizada y Al voleo mientras por trasplantes resulto en 38.86%. En ambas regiones con la siembra mecanizada se aumentó la productividad y los ingresos netos o beneficios de los productores, superior al método al voleo como por trasplante. En la región del Noroeste la siembra al voleo es la de menor costo de producción pero es la de menor productividad y menor beneficio (Tabla 9).

Tabla 9. Ingresos netos en pesos dominicanos en arroz tipo Japónica e Índica/tarea**

Ingresos netos	Siembra directa		Siembra por trasplante
	Mecanizada	Al voleo	Trasplante
Producción neta (kg/tarea)	641.25	395	500
Total de Ingresos	15,242.51	9,389.15	11,885
Total Costos de producción	7,567.68	7,283.86	7,695.04
Total de Gastos de Administración y Financieros	858.5	846.45	863.92
Total de Egresos	8,426.18	8,130.31	8,558.96
Ingresos netos	6,816.33	1,258.84	3,326.04

7. MANEJO DE LA FERTILIZACIÓN

La fertilización en el cultivo del arroz es una de las labores más importante en el proceso productivo para lograr rendimiento que permitan alcanzar niveles de rentabilidad en la actividad productiva. Sin embrago, su uso a nivel de campo sigue estando a discreción del productor pese a los estudios que se han desarrollado. Los costos de los fertilizantes a la fecha no registran reducción de precio y los escenarios internacionales son pocos halagüeños, dado que los países más avanzados han incrementado la demanda de este insumo encareciendo los costos de los fertilizantes. Esta situación, sumada a la demanda global de sistemas de producción sostenibles y menor emisión de contaminante en los ecosistema productivos, pone de manifiesto la necesidad del desarrollo de estrategias de manejo con el menor impacto a los ecosistemas y más sostenibles.

Los fertilizantes, principalmente el N tienen dosis determinada por región de producción, y el incremento en la dosis no incrementa su eficiencia. Muy por el contrario, pudiera desencadenar incrementos en la incidencia y severidad de plagas, así como el acame en la fase de madurez. La eficiencia de este fertilizante en el mejor de los casos alcanza entre 50 y 60 %, por lo que en promedio se pierden 45 libras de cada 100 libras de N aplicado.

En este sentido es importante utilizar estrategias basadas en un buen programa de fertilización con fórmulas que mejor se adapten a las condiciones de las zonas y necesidades del productor. Entre estas podemos mencionar; 12-24-12, 20-5-20, 20-0-20, y como elemento simple; urea, sulfato de amonio y nitrato de potasio (K), como fuentes de N. Es importante resaltar que el cultivo del arroz se desarrolla bajo diferentes tipos de suelos (ligeramente ácido como en la región Nordeste y ligeramente alcalino como en la línea noroeste. En este sentido es recomendable el uso de urea para la región del Nordeste (Nagua y el Bajo Yuna) y sulfato de amonio para el Noroeste.

En la tabla 10 se presenta una estrategia de manera general y el momento oportuno para la fertilización. Dentro de cada región existe una variedad de suelos; por tanto, cada caso hay que verlo de manera particular mediante la realización de análisis de suelo para definir la estrategia de manejo a nivel de finca.

Tabla 10. Dosis y momento recomendada para la fertilización del cultivo en siembra directa en siembra directa al voleo según período de siembra y región de producción (lb/ta).

Localidad/DDS	Dosis de NPK durante el ciclo (kg/ha)	Primera aplicación (10 a 8-10 DDS*).	Segunda aplicación (28 a 32 DDS)**	Tercera aplicación (45 a 50 DDS)***	Cuarta aplicación (60 a 65 DDS)****
Norcentral	130-70-80	20	35	20	7
Nordeste	100-70-90	20	20	15	6
Noroeste	160-80-80	30	35	35	20

*DDS= días después de la siembra (fórmula 12-24-12). ** Fórmula 20-5-20. Fórmula 20-0-20. **** Urea (Nordeste) y Sulfato (Noroeste).

Nota: Es importante recordar que la fertilización ni la aplicación de cualquier insumo se debe realizar siguiendo un calendario previamente elaborado como si se tratara de una receta. En este sentido, cualquier aplicación debe realizarse después de un monitoreo minucioso de las condiciones del cultivo. El cultivo manifestará la necesidad de realizar la fertilización, principalmente en el caso del N.

7.1. Momento oportuno para realizar la última fertilización nitrogenada

La última fertilización estuvo dirigida, anteriormente, al uso exclusivo de N; sin embargo el uso de K como elemento importante en la consistencia del tallo y el tejido vegetal en termino general, como proveedor de resistencia a las enfermedades y al acame, se ha ido incrementado conjuntamente con el N. Para realizar el aporte de estos elementos se utiliza la fórmula 20-0-20 en dosis variables o bien nitrato de K como fuente simple en la última fertilización.

La última fertilización que se realiza a base de urea, sulfato de amonio o nitrato de potasio, debe realizarse 60 días antes de la madurez fisiológica del grano, que es justamente cuando el cultivo está en iniciación de panícula, como puede observarse en la figura 20-A (punto lapicero) y B. La aplicación de fertilizante nitrogenado después de la iniciación de panícula incrementa el número de granos vanos, la longitud del entrenudo y el debilitamiento del tallo (seudotallo). Eso favorece la caída de la planta de arroz en la fase de madurez, sobre todo, en variedades de alta y mediana altura, como se puede apreciar en la figura 20.

La fertilización nitrogenada en exceso sumada a una alta densidad de siembra pudiera conducir al acame del cultivo. Tomar en cuenta que las condiciones climáticas varían de un período de siembra a otro por lo que se debe reducir el uso de N en el segundo período y reducir densidad de siembra.

El momento oportuno para realizar la última fertilización se ha determinado que debería realizarse cuando la panícula está en punto de algodón, como se puede apreciar en la figura 20-A o 20-B. Cuando la longitud la panícula en su estado de desarrollo temprano ha superado una longitud de 0.5 cm, como se mostró en la figura 20-C, no se recomienda realizar la última fertilización nitrogenada. Es importante recordar que un incremento en la dosis de N al momento de la iniciación de la panícula se traduce en un incremento en el número de granos vanos por panícula (GVP) o vaneamiento del grano, como se puede apreciar en las figuras 21 y 22, además del sobre desarrollo de los entrenudos, como se muestra en la figura 20.

Es importante conocer el color de la hoja de la variedad con la que estamos trabajando para evitar confusiones y definir con claridad cuándo el cultivo está demandando la fertilización nitrogenada y hacer un manejo eficiente. El color de la hoja es un Indicador de nivel de N presente en el cultivo y la necesidad de realizar aplicaciones de N, reducir la dosis o abstenerse de aplicar N. Es más conveniente no aplicar N en la última fertilización o reducir la dosis cuándo el cultivo presente un color verde intenso. En la figura 22 se puede observar el color de las hojas como consecuencia de altas dosis de N, y consecuentemente alta incidencia del vaneamiento de la espiguilla.

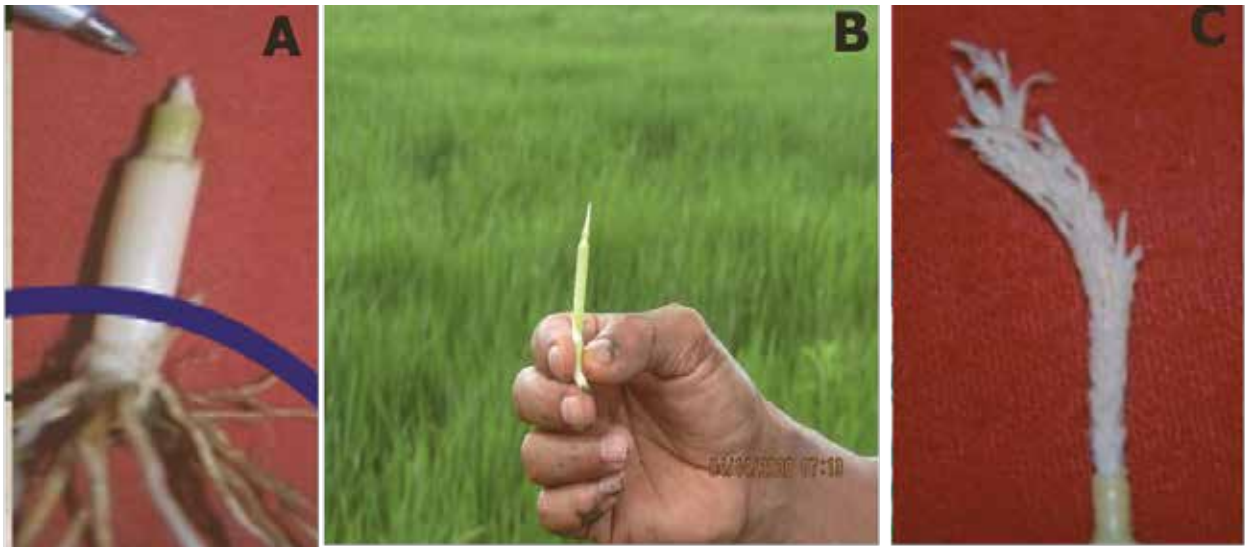


Figura. 20. Iniciación de panícula, momento oportuno para la última fertilización nitrogenada.

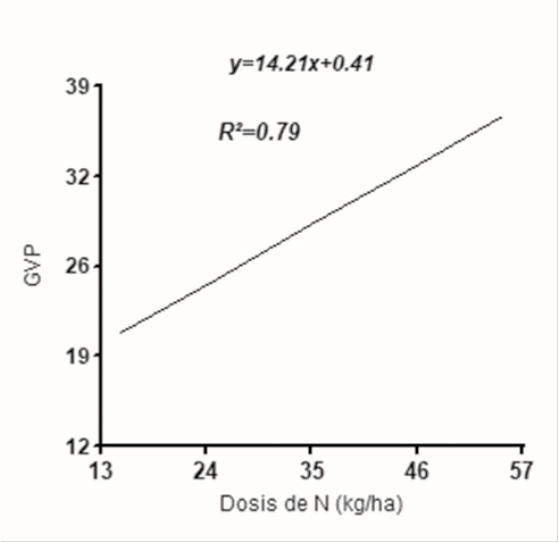


Figura 21. Efecto del incremento de la dosis de N en momento de la iniciación de panícula en el vaneamiento de la espiguilla del arroz (IDIAF 2014).

Figura 22. Panículas con alto porcentaje de vaneamiento por el incremento de la dosis de N en iniciación de panícula.

Es importante resaltar que las variedades muestran comportamiento diferentes a la fertilización nitrogenada. En este sentido, las variedades Índica 5 y Japónica 4 presentan una alta eficiencia en el uso del fertilizante nitrogenado. Estas variedades muestran una reducción con respecto a otras variedades entre 15 y 20 % de acuerdo a la zona de producción.

En la figura 23 se muestran dos variedades de arroz sembrada el mismo día. En la línea Índica 5 se observa una coloración verde oscuro con relación a la variedad Jaragua. Los cultivares con esta coloración verde oscuro debe ser manejada con cierto nivel de cuidado para evitar el uso excesivo de N que más que bien provocará perdida por vaneamiento y la reducción en la eficiencia del N.

Los productores no suelen ser conscientes del momento en el cual se produce la iniciación del primordio floral o formación de panícula del arroz. Este desconocimiento hace que la mayoría de los productores realicen una labor que más que bien impactará negativamente en la productividad. Generalmente el uso de variedades de ciclos diferentes, provoca confusión en los productores acerca del momento oportuno para realizar la última fertilización.

Figura. 23. . Coloración de la hoja bandera y eficiencia en el uso de N en la variedades Jaragua e Índica 5.

En la figura 24 se muestran tres variedades con diferentes ciclos. Las tres variedades tienen en común una duración de 60 días en la fase reproductiva. Las demás fases varían según las variedades. Es decir, la fase reproductiva es constante en todas las variedades con una duración de 60 días. Siendo así basta conocer el ciclo de la variedad y restar 60 días, y en ese momento ha de esperarse que el cultivo este en torno a la iniciación de panícula y el momento oportuno para la última fertilización.

Si tomamos como ejemplo la variedad con ciclo de 130 días, podríamos decir que el momento oportuno estaría a los 70 días desde el momento en que se riega la semilla en el campo. Todas las aplicaciones de fertilizantes deberían realizarse antes de los 70 días en siembra directa. En siembra por trasplante podría variar unos 3 a 5 días por el estrés al que son sometidas las plántulas desde el momento en que arranca la plántula del semillero hasta el trasplante definitivo en el campo. En el caso de las variedades Índica 5 y Japónica 4, todas las labores de fertilización deben hacerse entre los 55 y 60 días después de la siembra, ya que la aplicación del fertilizante nitrogenado después de esa fecha causaría elongación (alargamiento) de los entrenudos, debilitamientos del seudotallo y rotura del raquis que se une a la panícula y consecuentemente produce un mal llenado del grano.

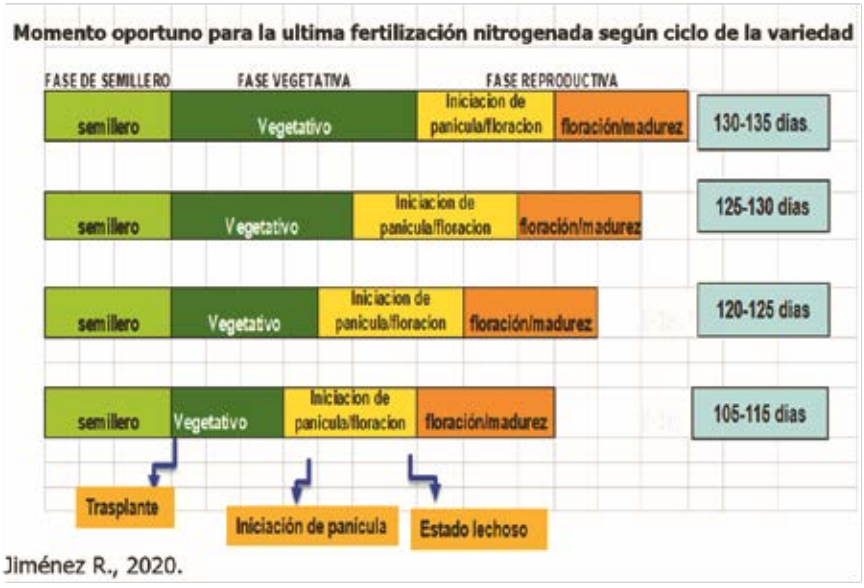


Figura. 24. . Determinación del momento oportuno para realizar la última fertilización en base al N.

Algunas de las consecuencias que acarrea la aplicación de N después de la iniciación de la panícula pueden ser las siguientes:

- Inmadurez y falta de llenado del grano debido a la ruptura del tallo por el peso de la panícula.
- Incremento en la incidencia de piricularia del cuello.
- Incremento del número de granos vanos.
- Incremento en la predisposición para las enfermedades del grano (*Helminthosporiosis*).
- Acame de la planta de arroz.

7.2. Efecto del período de siembra en el desarrollo del cultivo de arroz

El cultivo del arroz se desarrolla en todo el año, definiéndose marcadamente dos períodos de siembra; enero-junio y julio-diciembre. Cada período de siembra está marcadamente diferenciado por condiciones de lluvia, temperatura, nubosidad, duración de la luz e intensidad lumínica y temperatura.

Los cultivares de arroz muestran también variación en su respuesta, tanto en la productividad, como en la incidencia y severidad de las diferentes plagas que afectan al cultivo, así como en el desarrollo del cultivo (altura y número de hijos), principalmente. Esta variación en la respuesta del cultivo, implica que haya naturalmente una variación en el manejo del cultivo, como el uso de agua, fertilizantes (N), densidad de siembra y monitoreo del cultivo más continuo.

En resumen, se estima una reducción de la productividad entre el primer y segundo período de siembra entre un 15 y 20 %. Esta diferencia en el comportamiento del cultivo, conforme la época de siembra, pone de manifiesto la necesidad de un cambio en el manejo del cultivo para reducir la ocurrencia de acame, incidencia de plagas, incremento en el costo de producción. Además, de la reducción en el número de panículas que se produce en el segundo período de siembra asociada a condiciones climática, suele producirse un incremento en el número de días con lluvias. Es por esta razón que se produce una alta incidencia de enfermedades y especialmente causada por la bacteria *Burkolderia glumae* causando pérdida considerable en la producción de arroz, principalmente en la zona del Nordeste y Norcentral.

Durante los trabajos de adaptabilidad e investigaciones realizadas con cultivares de arroz introducidos desde Corea, dentro del proyecto ***"Mejoramiento de la productividad del cultivo del arroz en la República Dominicana mediante la introducción de variedades coreanas y técnicas de cultivo"*** desarrollado en las diferentes zonas arroceras del país, los resultados evidenciaron que las zonas del Nordeste y Norcentral fueron las zonas donde los cultivares Índica 4 y Japónica 5 expresaron su mayor potencial productivo, en la que mostraron buena tolerancia a las enfermedades, pese a las condiciones climáticas de estas zonas. Por ello, estos cultivares se recomiendan, principalmente para las zonas Norcentral y Nordeste.

8. MANEJO DE PLAGAS

El manejo y control de plagas durante el desarrollo del cultivo representa una herramienta de vital importancia para alcanzar niveles de productividad y sostenibilidad que permitan hacer de la producción arrocera una actividad rentable. El manejo integrado de plagas implica el uso de variedades tolerantes, densidad de siembra, fertilización adecuada, uso de agua y el uso de moléculas químicas. La toma de decisión para la realización de un control químico en insectos como en enfermedades, debe estar basado en resultados del monitoreo (figura 25), y la decisión de aplicar estará en función del tipo de plaga presente en el cultivo. En el caso de insectos se utiliza el monitoreo mediante el uso red entomológica, y de acuerdo a las especies presentes se tomará la decisión de la molécula química a utilizar o las medidas culturales a emplear. Tanto para insectos como enfermedades y arvenses (malezas) es importante establecer puntos fijos de monitoreo distribuidos en el área de la finca, según se muestra en la figura 26, cuyo número estará en función del tamaño de la finca. Este levantamiento permitirá llevar un registro de la plaga y su incidencia o fluctuaciones en un período de tiempo determinado.

Figura 25. Determinación del momento oportuno para realizar la última fertilización en base al N.

Figura 26. Punto de monitoreo para el registro del desarrollo de malezas y enfermedades.

8.1. Manejo de plagas

Durante los trabajos desarrollados con los cultivares Índica 4 y Japónica 5, el uso de plaguicida se realizó en función de la población de insectos y la incidencia de síntomas de las principales enfermedades que causan daños económicos a la plantación. Durante los trabajos de campo con estos cultivares, se estableció un sistema de monitoreo, mediante puntos de observación y recolección de datos de incidencia y severidad de enfermedades. Dado el nivel de tolerancia que presentan estos cultivares, el número de aplicaciones de fungicida fue reducido, realizándose solo una o dos aplicaciones para protección del grano.

Estos cultivares han mostrado buen comportamiento con relación al manchado del grano y el vaneamiento de la panícula. Esta característica, los convierte en una buena opción para siembra en el primer y segundo período de siembra, por los niveles de tolerancia que presentan, se muestra en la tabla 5. Estos cultivares mostraron buena tolerancia a *Pyricularia grisea*, virus de la Hoja Blanca, *Helminthosporiun oryzae* y *Rhyzoctonia solani*. En tal sentido, se recomienda un uso moderado de fungicida en la fase vegetativa y hacer más énfasis en la protección de la panícula a partir de inicio de la etapa de floración, siempre bajo un sistema de vigilancia basado en el monitoreo.

El uso de semilla certificada es fundamental para alcanzar los máximos resultados de productividad en la producción arrocera. Gran porcentaje de los productores aún utilizan semilla de origen dudoso, por lo que su uso continuo trae consigo degeneración del potencial de las variedades.

Tabla 11. Niveles de tolerancia de los cultivares élites Índica 5 y japónica 4 a las principales enfermedades (CIAT 2005).

ENFERMEDADES	Índica 5		Japónica 4	
	Escala	Clasificación	Escala	Clasificación
Pirycularia griseas	1	Tolerante	1	Tolerante
Helminthosporioum oryzae	1	Tolerante	1	Tolerante
Escalcado de la hoja	1	Tolerante	1	Tolerante
Complejo de manchado del grano	1	Tolerante	1	Tolerante
Virus de la Hoja Blanca	1	Tolerante	1	Tolerante

De acuerdo a la tabla 11, los cultivares mostraron buenos niveles de tolerancia a las principales enfermedades que afectan el cultivo. En la figura 26 de puede apreciar el estado fitosanitario en diferentes estados de desarrollo de los cultivares Índica 5 y Japónica 4 en las zonas de mayor presión, como es la el Pozo, Nagua y en región Norcentral (Juma, Bonao). En estos cultivares solo se realizaron dos aplicaciones de fungicidas e insecticida para protección del grano.

8.2. Algunas de las principales plagas del cultivo del arroz

8.2.1. Piricularia

Esta enfermedad ha sido considerada como la principal enfermedad del arroz debido a su amplia distribución y su poder destructivo bajo condiciones favorables. En la última década, las infecciones de Piricularia se han producido en regiones o áreas aisladas.

La *Piricularia oryzae* se desarrolla cuando las temperaturas oscilan entre 22º - 29º y se alcanzan elevadas humedades relativas en torno al 90%. Si las concentraciones en N del agua de riego son elevadas se favorece el desarrollo del hongo. El hongo produce manchas o lesiones en las hojas de forma alargada, de color marrón uniforme y más tarde con centros grisáceos y bordes de color marrón. También produce daños en los nudos y en las diferentes partes de la panícula y los granos. En esta como en cualquier enfermedad el

uso de variedades resistentes y el uso de semilla certificada tratada es de vital importancia para prevenir desarrollo de la enfermedad. En la figura 27 se puede apreciar el síntoma característico de la enfermedad en la hoja y el cuello de la panícula.

Figura 27. Síntomas causada piricularia en la hoja y el cuello de la panícula.

8.2.2. Rizoctoania

Síntomas y daños de la enfermedad:

Lesiones de forma elíptica un poco irregular, color verde grisáceas, que pueden agrandarse y unirse con otras lesiones principalmente en las vainas foliares y ocasionalmente en las hojas (figura 28).

Período sensible del cultivo: máximo ahijamiento.

Recomendaciones de manejo:

Este es un hongo que se desarrolla en el suelo, por lo que sus síntomas aparecen en la zona de planta más cercana al suelo. La altura del agua del riego facilita el movimiento desde la parte baja hacia arriba de la planta. La alta densidad de siembra también incrementa los niveles de daños. Para prevenir aparición de la enfermedad se debe utilizar variedades tolerantes, semilla certificada y tratada, buena preparación de suelo, densidad de siembra ajustada a la zona, el período de siembra y a la capacidad de ahijamiento de la variedad. Una vez detectada la enfermedad en el cultivo se recomienda drenar el campo, monitoreo constante para establecer el nivel de avance de la enfermedad y tomar decisión sobre la aplicación del control químico. Debe evitarse que la enfermedad afecta las hojas superiores ya que el nivel de daño en el rendimiento seria irreversible. En la figura 28 se muestran los síntomas de esta enfermedad.

Figura 28. Síntomas del añublo o podrición de la vaina causado por *Rhizoctonia orizae*.

8.2.3. Helminthosporium

Nombre científico: *Helminthosporium oryzae* (Breda de Haan)

Síntomas y daños de la enfermedad:

Manchas ovaladas o circulares de color café oscuro en la hoja. Las lesiones iniciales de 0.5 mm, se pueden confundir con lesiones iniciales de piricularia. En lesiones mayores suelen ser del mismo color en bordes, pero con un centro pálido y grisáceo, usualmente con un halo amarillo claro alrededor del borde exterior figura 29.

Período sensible del cultivo: semillero, plántula y durante las demás fases de desarrollo.

Recomendaciones de manejo:

Uso de variedades tolerantes. Uso de semilla certificada y tratada. Fertilización equilibrada de N, P, K, Mn, Zn.

Figura 29. Síntomas causados por *Helminthosporiun orizae.*

8.2.4. Cercospora

Nombre científico: *Cercospora oryzae* (Miyake).

Síntomas y daños de la enfermedad:

Lesiones con manchas finas, necróticas y alargadas en el sentido de las nervaduras (figura 30). Las manchas aparecen principalmente en las hojas. Bajo condiciones de ataque severo se pueden encontrar en las vainas y glumelas.

Período sensible: fases reproductiva-maduración.

Recomendaciones de manejo:

Uso de variedades resistentes. Uso de semilla certificada. Adecuada densidad de siembra. Manejo adecuado del riego. Eliminación de germinaciones de arroz rojo, el cual constituye el hospedero alterno por excelencia. Se recomienda, además, rotación de variedades.

Figura 30. Punto de monitoreo para el registro del desarrollo de malezas y enfermedades.

8.2.5. Virus de la hoja blanca

Agente causal: (VHB) Tenuivirus

Síntomas y daños de la enfermedad:

Manchas cloróticas en las hojas. En variedades susceptibles, cuando las manchas se fusionan forman rayas. Los síntomas aparecen entre 10 y 15 días después de que la planta haya sido infectada. El virus afecta hojas y panículas, y deforma los granos causando muerte de la espiga (figura 31).

Período sensible del cultivo: fase vegetativa.

Recomendaciones de manejo:

- Uso de variedades resistentes y/o tolerantes.
- Control del vector *Tagosodes orizicolus*.
- Si se usan variedades tolerantes, eliminar plantas infectadas.
- Eliminación de hospederos alternos y residuos infectados.
- Utilizar plaguicidas recomendados con criterios técnicos.

Figura 31. Síntomas causados por el virus de la hoja blanca.

8.2.6. Enfermedad bacterial

Bacteriosis

Nombre científico: *Burkholderia glumae* (Kurita y Tabei).

Síntomas y daños de la enfermedad:

Las lesiones causadas por insectos y condiciones de estrés facilitan la penetración de este organismo. Los síntomas de la enfermedad se pueden presentar en las plántulas, en la vaina de la hoja bandera y en las panículas. Las espiguillas afectadas son de color pajizo, y se presenta decoloración del grano, pudrición y vaneamiento (figura 32).

Periodo sensible del cultivo: emergencia de la panícula y floración.

Recomendaciones de manejo:

- Uso de variedades tolerante.
- Uso de semilla certificada y tratada.
- Densidad de siembra ajustada a la capacidad de ahijamiento de la variedad y período de siembra. Adecuadas densidades de siembra.
- Fertilización balanceada, principalmente de N.
- Rotación de variedades. Eliminación de residuos de cosecha.
- Tratamiento oportuno de semillas con bactericidas recomendados. Se incrementa su incidencia en los meses con muchos días con lluvias.

Figura 32. Daños causados por Bacteriosis. A) foco de daños desde la base del tallo. B) ataque a nivel de la panícula.

8.3. Insectos plaga

8.3.1. Hidrelia

Nombre científico: *Hydrellia spp.* (Díptera: Ephydridae).

Descripción y daños del insecto:

Las larvas, son ápodas, de color blanco (1.2 a 1.5 mm.); perforan la lámina foliar y se alimentan del tejido esponjoso, dejando en él cicatrices de color blanco. Cuando las minas se fusionan, esa porción de la hoja se necrosa. El adulto es una mosca negra (2 a 3 mm de largo); con alas translucidas, con antena tipo plumosa y el tórax marcado con franjas de color gris (figura 33).

Período sensible del cultivo: etapa de plántula.

Recomendaciones de manejo:

Uso de variedades tolerantes. Buena nivelación y drenaje del suelo. Eliminación de malezas hospederas. Adecuada densidad de siembra. Preservar los enemigos naturales como: parasitoides, depredadores y entomopatógenos. De ser necesario, usar de una manera racional insecticidas de contacto y de ingestión. Monitoreo constante.

Figura 33. Daños causado por Hydrellia en fase de desarrollo temprana del cultivo.

8.3.2. Sogata

Nombre científico: *Tagosodes orizicolus* (Muir) (Hemíptera: Delphacidae).

Descripción y daños del insecto:

El adulto mide de 2 a 3 mm de largo, es de color castaño a negro, con una banda blanca en la cabeza. La Sogata causa daños directos al hacer perforaciones para alimentarse y poner sus huevos; sin embargo, el daño indirecto es más significativo, ya sirve de vector y podría inocular el virus de la hoja blanca (VHB). En la figura 35 se puede apreciar los daños causados por la Sogata, los cuales tiene una forma características ya que aparecen en forma de parches.

Figura 34. Insecto transmisor del virus de la hoja blanca.

Período sensible del cultivo: etapa de plántula a primordio floral.

Figura 35. Forma de dispersión de los daños causado por un fuerte ataque de la Sogata en la fase del llenado del grano y que se manifiesta en la calidad del arroz al momento de la cosecha.

Recomendaciones de manejo:

Uso de variedades tolerantes y/o resistentes. Densidad de siembra adecuada. Mantener la parcela libre de malezas, principalmente de gramíneas. Preservar los enemigos naturales como: parasitoides, depredadores (arañas y mariquitas) y entomopatógenos. El control químico, sólo se debe realizar cuando se ha pasado el límite del nivel crítico. Monitoreo constante.

8.3.3. Hiede vivo

Nombre científico: *Oebalus spp*., (Hemíptera: Pentatomidae),

Descripción y daños del insecto:

Las ninfas permanecen agrupadas, las cuales, junto a los adultos de color marrón claro, se alimentan del grano en desarrollo, lo que provoca vaneamiento. Además, las picaduras en los granos permiten la entrada de microorganismos patógenos, responsables del manchado de los mismos. Generalmente depositan los huevos (ovipositan) en las hojas.

Figura 36. Ataque de insecto chupador (*Oeballus spp*).

Período sensible del cultivo: estado de grano lechoso.

Recomendaciones de manejo:

Uso de variedades tolerantes. Mantener limpios los muros y carreteros. Destrucción de residuos de cosecha. Preservar los enemigos naturales como: parasitoides, depredadores y entomopatógenos. Rotación de cultivos. De ser necesario, usar de una manera racional insecticidas sistémicos. Monitoreo constante con red entomológica.

8.3.4. Tibraca

Nombre científico: *Tibraca limbativentris* (Stal), (Hemíptera: Pentatomidae).

Descripción y daños del insecto:

Realizan las posturas de huevos en las hojas; las ninfas son de un color amarillento; los adultos vistos desde arriba, tiene forma de escudo; mide 13 mm de largo por 7.5 de ancho. Causan el daño denominado "Corazón Muerto"; ya que, tanto las ninfas como los adultos, introducen el estilete en el tallo y dañan el pedúnculo de la panícula, a la cual causan estrangulamiento y más tarde vaneamiento (panículas blancas). Cuando no hay arroz utilizan algunas malezas como refugio y sobrevivencia.

Período sensible de la planta: Ahijamiento- embuchamiento y floración.

Recomendaciones de manejo:

Uso de variedades tolerantes. Adecuada época de siembra. Manejo de agua adecuado. Eliminación de malezas hospederas, principalmente *Echinochloa* y Ciperáceas. Destrucción de residuos de cosecha. Preservar los enemigos naturales como: parasitoides, depredadores y entomopatógenos. Rotación de cultivos. De ser necesario, usar de una manera racional insecticidas sistémicos. Monitoreo constante.

Figura 37. Daños de Tibraca en la hoja (A) y B) en ausencia de arroz se alimenta de malezas (*Echinoclhoa*).

8.3.5. Gusano pega hoja

Nombre científico: *Panoquina sp.*; (Lepidóptera: Hesperiidae).

Descripción y daños del insecto:

El adulto es una mariposa de color café oscuro, con manchas amarillentas en el primer par de alas y envergadura alar de 35 a 39 mm. La larva es de color verde claro y cabeza verde brillante, mide 30 mm de largo cuando está completamente desarrollada; se alimenta de las hojas. Se le encuentra en el tubo que forma al doblar los bordes de las hojas.

Período sensible del cultivo: no ha sido definido.

Recomendaciones de manejo:

Uso de variedades tolerantes. Densidad y época de siembra adecuada. Eliminación de malezas y buen manejo de agua. Rotación de cultivos. Uso de insecticida de ser necesario. Monitoreo rutinario

Figura 38. Punto de monitoreo para el registro del desarrollo de malezas y enfermedades.

8.4. Manejo de Malezas

Las malezas para fines de su control se clasifican en malezas de hojas anchas, hojas finas (gramíneas) y Ciperáceas. Las gramíneas son las malezas de mayor capacidad competitiva en cultivo del arroz, seguido por las ciperáceas y hojas anchas. El control de malezas ocupa entre el 20 y 40% del costo de producción, dependiendo del nivel de infestación del campo. En la figura 39 se muestra un gran número de obrero realizando labores de control manual de malezas después del uso del control químico en preemergencia y post emergencia.

El control de malezas a nivel de finca implica el establecimiento de un sistema integrado de manejo que incluye el control mecánico, control cultural y el control químico como la herramienta de mayor eficiencia en el control de las malezas. El control integrado desarrolla estrategias basadas en el conocimiento de las malezas a nivel de finca mediante la realización de un inventario a través de puntos de monitoreo y el conocimiento en estado de desarrollo temprano de las malezas, como se observa en las figuras 26 y 40, así como en la detección de la presencia de especies de malezas en el banco de semilla en el suelo.

Figura 39. Finca con alta demanda de mano de obra para el control de malezas de forma manual.

8.5. Pasos para realizar un buen control de malezas.

8.5.1. Identificación de especies en estado de desarrollo temprano.

El conocimiento de las especies presentes en la finca ayudará a elegir la mejor estrategia de combate, ya sea cultural como rotación de cultivo, barbecho, densidad de siembra, siembra en mínima labranza, uso de lámina de riego o bien el control químico; como el uso de moléculas químicas. En la figura 41 se muestran las principales malezas del cultivo de arroz en etapa de desarrollo temprano y momento oportuno para el control químico.

8.5.2. Momento oportuno para el control de malezas con moléculas químicas.

El momento oportuno para realizar el control químico es cuando las malezas están en un estado de desarrollo entre 3 y 5 como se aprecia en la figura 40-C en las especies gramíneas *Echinochloa sp* y *Leptochloa sp* y en hojas anchas en estado de roseta como se observa en la figura 40-F. Una de las causas de la baja eficacia de las moléculas herbicidas es debido a que una gran parte de los productores realizan el control químico cuando las malezas están en un estado de desarrollo avanzado, lo que pudiera a llevar a las malezas a desarrollar resistencia.

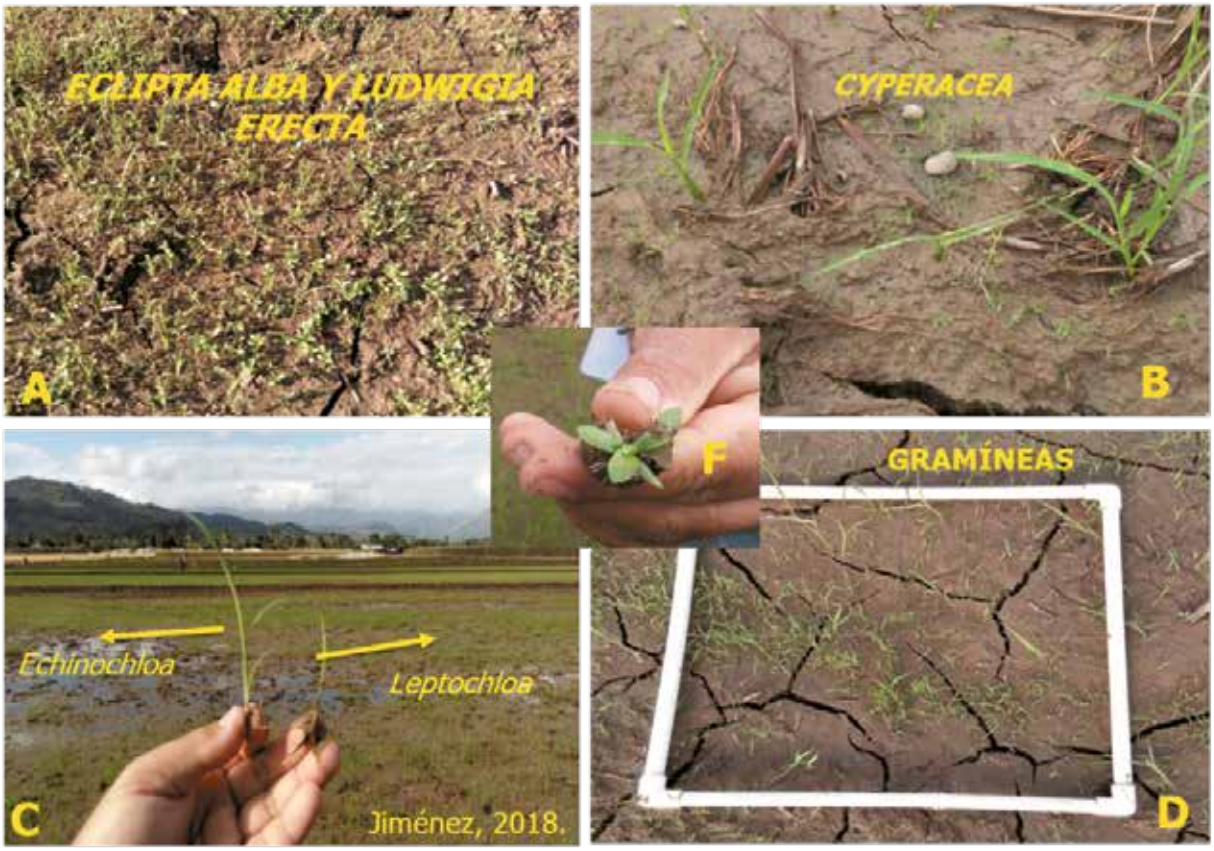


Figura 40. Monitoreo y determinación del momento oportuna para la aplicación del control químico. A) *Eclipta alba*, B) *Cyperácea*, C) *Echinoclhoa*, D) *Leptochola* y F) *Heterantera*, en fase de desarrollo apto para el control químico.

Es importante resaltar que la aplicación de plaguicida debe realizarse entre 7:00 y 10:00 de la mañana. Generalmente, en la hora de la mañana las hojas conservan la humedad del rocío por lo que es recomendable agregar a la mezcla un agente dispersante de manera que el producto aplicado no se escurra conjuntamente con el rocío.

8.5.3. Selección de las moléculas químicas.

La selección de la molécula a utilizar en el control químico está en función de las especies presentes en la finca. Como se muestra en la figura 40 es importante la identificación de las especies de malezas presentes, sean gramíneas, hojas anchas o ciperáceas. En muchos casos los productores utilizan más de una molécula herbicida con diferentes nombre comercial pero igual ingrediente activo en la mezcla que están dirigida al control de la misma maleza, lo que incrementa el costo de control químico.

Para la selección de la molécula es importante saber el historial de las moléculas utilizadas para evitar la repetición de moléculas con igual ingrediente activo y el mismo sitio de acción. En otra palabra, es importante evitar el uso repetitivo de una misma moléculas para evitar la aparición de resistencia en las especies malezas. Algunos herbicidas tienen diferentes ingredientes activos pero igual sitio de acción como son los que pertenecen a la familia de las Imidazolinonas (Imazamox, Imazaquín, Imazetaben, etc) que tienen en común el sitio de acción, la Enzima Acetolatato Sintasa (ALS). De igual forma la familia de sulfonilureas como nicosulfuron, primisulfuron, metsulfuron entre otros, los cuales actúan sobre la misma enzima. En una palabra tener en cuenta aplicar moléculas con diferentes sitios de acción dentro una mezcla y evitar el uso repetido cosecha tras cosecha.

8.5.4. Preparación de la mezcla.

Para la preparación de la mezcla importante tener en cuenta;

- **El agua**. Es importante la calidad del agua a utilizar en la preparación de la mezcla. El uso de agua de calidad favorece la eficiencia de las moléculas. Como se observa en la figura 41 la calidad física del agua es un indicador de la calidad química de la misma, que la convierte en una alta concentración de sólidos disueltos en la misma como la arcilla. La mezcla preparara con un agua de esta calidad reduce significativamente la eficacia de la molécula a utilizar. Es importante realizar mediciones de pH y la conductividad eléctrica (dureza del agua) a utilizar y utilizar mejoradores del pH y la dureza del agua, en caso de ser necesario.
- **Orden de la mezcla**. El orden de la mezcla está en función de la formulación del producto, el cual presenta un código que hace referencia a la formulación como por ejemplo; suspensión concertada que idéntica con la las letras SC y así sucesivamente como se puede apreciar en la tabla 11. El orden de la mezcla sugiere que los productos insolubles deben ser los primeros en ser utilizado, seguidos por los productos emulsionables y finalmente los productos solubles.
- **Seleccionar el tipo de boquilla adecuada y calibración.** Las moléculas de herbicidas están recomendadas para ser usados en un rango de volumen de derivación que no es más que el volumen de la mezcla por hectárea al que debe ser aplicado el producto. Los productores y/o los aplicadores toman decisiones por conveniencia sobre cual boquilla utilizar. Los productores para reducir el costo de aplicación y los aplicadores para realizar el trabajo en un tiempo lo más corto posible.

La mala calibración del equipo y del aplicador reduce significativamente la cantidad de ingrediente activo que debe llegar a las malezas y esto trae como consecuencia una baja eficacia del producto y a larga plazo resistencia de las malezas, debido a la sub dosificación del producto. De igual forma, al utilizar una boquilla cónica como se observa en la figura 42-C, que es la que se utiliza para control de insectos y enfermedades, en lugar de una boquilla de abanico como la que se muestra en la figura 42-D (para herbicida) la cantidad de ingrediente activo que hace contacto con las malezas también es muy reducido por lo que la eficacia del producto se reduce significativamente.

Figura 41. Momento en el que un aplicador toma agua de un drenaje para la preparación de la mezcla.

Tabla 11. Orden en el uso de los plaguicidas para la preparación de la mezcla según la formulación y código

Formulación	Código	Orden de mezcla
Suspensión concentrada	SC	Productos insolubles, primeros en la mezcla
Granulado	GR	
Granulado fino	FG	
Granulado o tableta dispersable	WG	
Granulado o tableta soluble	SG	
Gránulos encapsulados	CG	
Polvo mojable	WP	
Polvo soluble en aceite	OP+	
Granulado fumígeno	FW	
Suspensión en cápsulas	CS	
Concentrado emulsionable	EC	Productos emulsionable, segundos
Concentrado polifásico miscible en aceite	DF	
Emulsión, aceite en agua	EW	
Emulsión, agua en aceite	EO	
Polvo soluble	SP	Productos solubles últimos
Concentrado soluble	SL	

Figura 42. Calibración y uso de boquilla correcta en la aplicación del herbicida. A y B) Boquillas tipo abanico para control de malezas con problemas en la descarga, C) Boquilla cónica para control de insectos y enfermedades con buena calibración y D) Boquilla tipo abanico con buena calibración y buena descarga de mezcla.

En resumen, la utilización del control químico, como método de control de malezas, es de suma importancia tener en cuenta algunos aspectos que mencionamos a continuación:

1. Tipo de malezas (hojas anchas, ciperáceas o gramíneas) presente en el área de producción.
2. Moléculas utilizadas en controles previos (evitar repetir moléculas con el mismo ingrediente activo y sitio de acción del herbicida).
3. Si hay escape o sospecha de resistencia de las malezas a algunas moléculas herbicida.
4. Momento de aplicación del herbicida (malezas de 2 a 3 hojas).
5. Dosis de aplicación del herbicida.
6. Volúmen de derivación según recomendación del fabricante (volumen de mezcla/área).
7. Calibración del equipo pulverizador.
8. Calibración del aplicador.
9. Condiciones del tiempo.
10. Tipo de boquilla y cobertura.
11. Orden de la mezcla en el tanque.

Entre las malezas de mayor presencia y de mayor impacto en la producción arrocera podemos citar las siguientes;

- *Echiccloa crusgalli* (arrocillo, tumba crédito, semilla de María).
- *Leptochloa spp* (Yerba morada)
- *Ischaemun rugossum* (yerba popa).
- *Fimbristillis miliacea* (pelo e mico).
- *Commelina difusa* (suelda con suelda).
- *Heterantera reniforme* (Patico de agua o lila).

8.6. Estudio de caso: respuesta de *Leptochloa sp* moléculas herbicidas.

Uno de los impactos del uso inadecuado de las moléculas químicas (herbicidas) en el control de las malas hierbas lo constituye la aparición de biotipos de malezas con resistencia a las principales moléculas de uso común. Un biotipo se considera resistente cuando después de ser tratado a la dosis normal de campo éste se recupera y continúa su proceso de desarrollo normal y su reproducción. La aparición de biotipos con resistencia está muy asociado a los aspectos detallados anteriormente, en la figura 42 y además, al uso continuo de una misma moléculas con el mismo ingrediente activo y el mismo sitio de acción por largo período de tiempo.

En la figura 43 se muestra la respuesta de la arvense (maleza) *Leptochloa sp* conocida como morá, tratada con diferentes moléculas herbicida y a la dosis de campo recomendada. Se puede notar que la maleza escapa al control químico en algunas de las moléculas utilizadas como el Quinclorat con muy poco efecto de control y con Cyalofop Butil (con bajo efecto control).

Dentro de estos el mejor control lo muestra el Penoxulam y el Propanil. Estos tratamientos se compararon con el control no tratado. Este pequeño ejemplo es solo una muestra de lo que pudiera estar aconteciendo a nivel de fincas. Esta respuesta de las malezas en la mayoría de los casos está asociada a un mal uso de la molécula como; sub dosificación del producto, baja calidad del agua en la preparación de la muestra, no seguimiento del orden de mezcla de producto, mala calibración del equipo y del aplicador, y aplicación del producto en estado de desarrollo avanzado de las malezas.

La presencia de biotipos de malezas con tolerancia o resistencia a moléculas herbicidas impacta sensiblemente el medio ambiente; en primer lugar, por la incorporación nuevos especímenes a la flora arvenses lo que implica consecuentemente el uso grandes volúmenes de herbicidas, dada la imposibilidad de ser controladas a la dosis normal de campo recomendada, con el consecuente pasivo ambiental por los grandes volúmenes utilizados, lo que afectaría la flora y la fauna en el ecosistema agrícola, además del costo económico que representa la aplicación de varias veces la dosis normal de campo recomendada para poder hacer un control eficaz.

En la figura 44 destacamos una de las malezas de mayor importancia en el cultivo del arroz, después de *Echinoclhoa sp* (arrocillo), como es la *Leptochola sp* o hierba morá, la cual se ha diseminado rápidamente en todas las regiones arroceras del país. Es una malezas agresiva y que ha sido objeto de quejas por parte de los productores ya que escapa a la mayoría de las moléculas químicas y en muchos casos han tenido que incrementar la dosis poder controlarla. Lo que se observa en la figura 44 corrobora las quejas de los productores en la relación a la dificultad para su control.

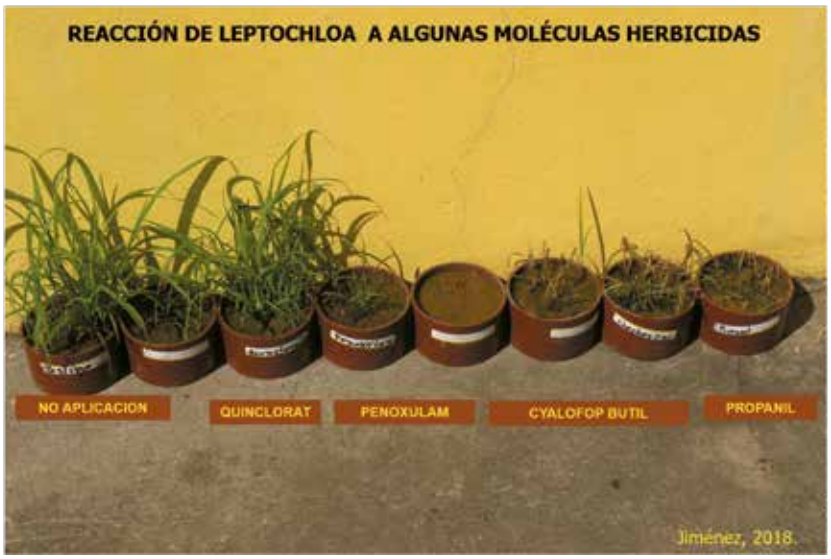


Figura 43. Repuesta de *Leptochloa sp* (La mora) a moléculas herbicida a la dosis de campo recomendada.

Figura 44. Repuesta de *Leptochloa sp* (La mora) a moléculas herbicida a la dosis de campo recomendada.

Otra de las características que hacen de esta maleza es el corto período de latencia de la semilla (capacidad para germinar desde el momento de la madurez). En la figura 44 en el círculo rojo se puede apreciar una espiga de *Leptochloa sp* recién desprendida de la planta con todas las semillas germinada, lo que pone en evidencia su alta capacidad germinativa, ato porcentaje de germinación y su rápida capacidad de dispersión.

Dada la actitud pasiva con que se ha venido tratando el fenómeno y los impactos negativos detallados anteriormente, se hace urgente que entidades de la investigación agrícola, empresas de agroquímicos, productores agrícolas y universidades, unifiquen sus esfuerzos para establecer un sistema de vigilancia para la detección y manejo del fenómeno, de manera que puedan ser minimizados los impactos previsibles de la resistencia, así como el establecimiento de medidas rigurosas para prevenir o retardar el surgimiento de resistencia en arroces salvajes como resultado de hibridaciones espontaneas en campos con variedades de arroz resistentes a herbicidas.

En la figura 45 se muestra uno de los impactos más dañinos a lo que la producción arrocera nacional se podría enfrentar en el futuro con el uso de las variedades con genes de resistencia a herbicida si la tecnología no usa de una manera sostenible y se aplica el protocolo que demanda este tipo de tecnología.

En esta figura se presenta una población de arroz maleza colectada en la línea noroeste; una parte tratada a la dosis normal de campo con el herbicida clearfield (imazamox) y la otra sin tratar. Es evidente que la tratada sufrió daños significativo, sin embrago esta población ya muestra un nivel de tolerancia que le permitirá reproducirse y dejar descendencia, con lo que se esperaría que los hijos dupliquen la tolerancia de los padres. En este tipo de plantas que son genéticamente emparentadas o sea pertenecen a la misma especie es muy fácil el cruce espontaneo entre una variedad de arroz cleafield (resistente a herbicida) y una maleza de arroz, ya sea flechú, no me tope o rojo, al recibir polen de una planta a otra o lo se conoce como flujo de genes.

Figura 45. Repuesta de arroz maleza al tratamiento con herbicida Clearfield Imazamox

8.7 Control mecánico de malezas

La utilización de medios mecánicos resulta en un avance en el desarrollo de estrategias para el control de las especies arvenses (malezas) en la producción arrocera. Esta tecnología se acopla muy bien en los sistemas de siembra directa en hileras en sus modalidades de siembra directa manual y mecanizada como se muestra en las figuras 13, 14, 15 y 16. Son implementos que están al alcance del productor de acuerdo al área de siembra. En la figura 46 se muestran las diferentes modalidades de equipos para el control mecánico de malezas utilizando medios mecánicos autopropulsados (motorizados) y de tracción manual (sigsua). Estos implementos son mucha utilidad en fincas con altas poblaciones de germinación de arroces y sobre todo en fincas contaminadas con arroces malezas “no me tope”, “flechú”, entre otros.

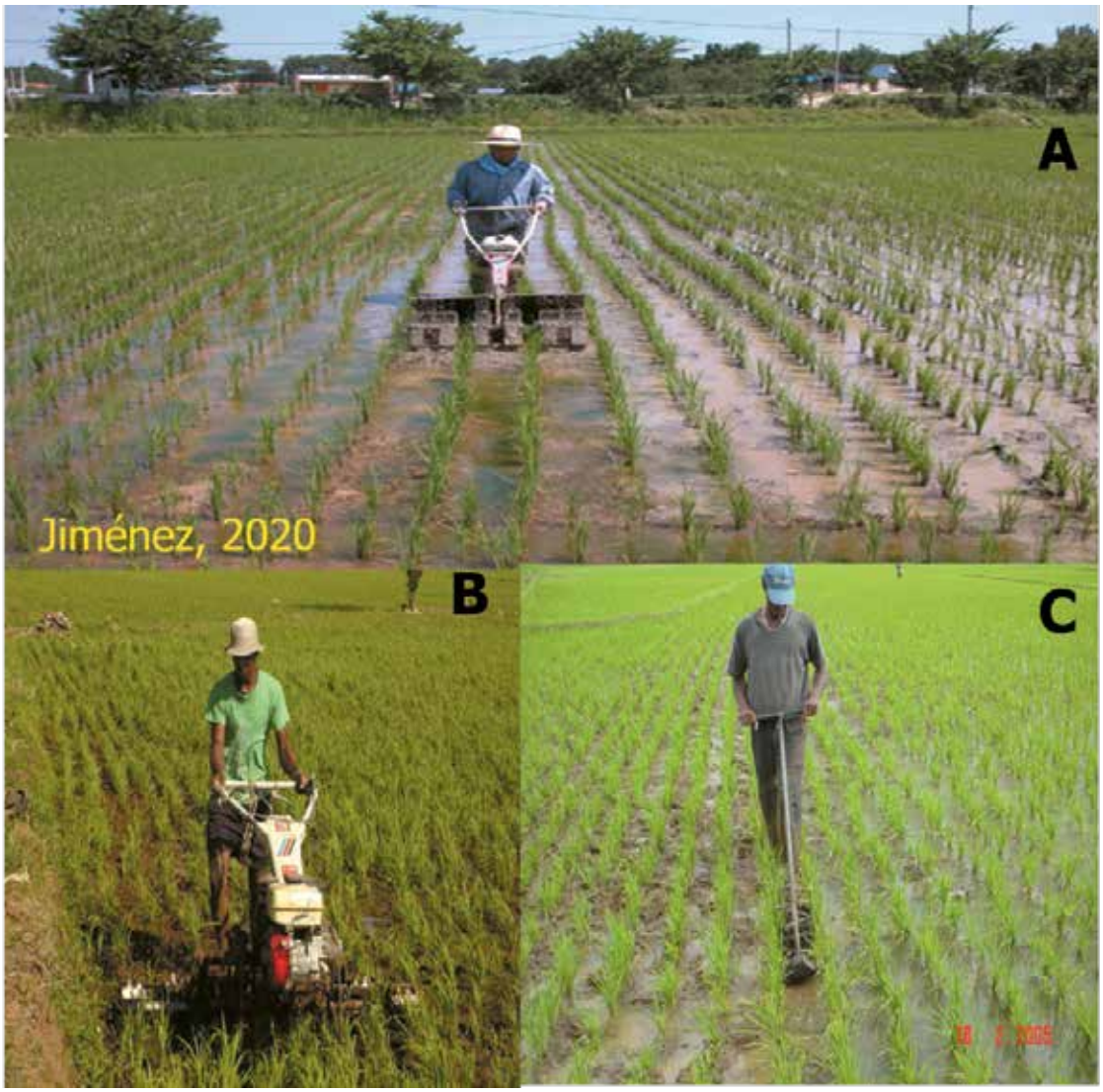


Figura 46. Modalidades de maquinarias para el control mecánico. A y B) implementos motorizados y C) implemento de fabricación artesanal (Sigsua).

9. MANEJO DEL AGUA

El uso de agua en la producción arrocera representa una amenaza para la sostenibilidad del cultivo debido que el agua está destinada en primer lugar, para el consumo humano, y en segundo lugar, para la agricultura. El manejo inadecuado del cultivo provoca un gran consumo de agua, entre 20 y 30 mil metros cúbicos por hectárea (m^3/ha) durante la cosecha. Sin embargo, en estudio realizado se ha logrado buena productividad con volúmenes durante el ciclo con riego de 8,700 m^3/ha durante el ciclo. Estudios realizados por Jiménez y Avilés, 2022 (presentado en congreso Sodiaf 2022) con los cultivares Índica 5 y japónica 4 se lograron rendimiento de 543 kg/ta (8,700 kg/ha) con volumen de 3800 m^3/ha durante el ciclo con intervalo de riego cada 10 días y una lámina de 5 cm.

Es importante que el productor arrocero entienda la dinámica que se desarrolla entre la planta y el suelo. El suelo es un ente vivo que contiene microorganismos, lombrices e insectos que le dan vida al suelo. Es este sentido, es importante realizar riego intermites para permitir que los organismos que viven en el suelo se desarrollen con normalidad y faciliten el desarrollo de la plantas. En la aplicación de agua para el riego es importante tener en cuenta; ***cuándo aplicar, con qué frecuencia y qué altura del agua utilizar (lámina de agua a aplicar)***. En la tabla 12 se muestran los resultado de rendimiento de los cultivares Índica 5 y Japónica 4 sometidas a diferentes intervalos de riego.

1. Cuándo aplicar; implica conocer la fase de desarrollo del cultivo en la que se encuentra el cultivo, ya que la demanda de agua varía de una fase a otra.

2. Con qué frecuencia aplicar; implica conocer el tipo del suelo sobre el cual se desarrolla el cultivo. Es importante conocer la velocidad de infiltración del agua para estimar el intervalo de riego. Además, es importante conocer el nivel de enmalezamiento de la finca, ya que una de la funciones del agua es la de impedir la germinación de las malezas.

3. Qué altura de la lámina de riego utilizar; el cultivo no distingue entre una lámina y otra. Los estudios realizados a diferentes alturas de lámina de agua no se han producido incremento en el rendimiento. Muestran igual rendimiento que cuando se ha usado una lámina de 5 cm.

Si nos detenemos a comparar en la tabla 12 los volúmenes de agua utilizados según el intervalo de riego y el rendimiento obtenido podríamos llegar a la conclusión de que el exceso en el uso del agua de riego en la producción arrocera no favorece la productividad del cultivo. Si tomamos en consideración las limitantes que tiene el agua en cuando a su disponibilidad para la agricultura y calidad, además del uso preferencial para el consumo humano, entonces tendremos que llegar a la conclusión de que debemos establecer un uso más racional a nivel de finca.

Tabla 12. Resultados de rendimiento de los cultivares Índica 5 y Japónica 4 sometidas a diferentes intervalos y volúmenes de riego.

Cultivares	Riego	Volúmen de agua (m^3/ha)	Productividad (kg/ha)
Índica 5	Riego continuo	38000	9050
	Riego cada 5 días	7600	9520
	Riego cada 10 días	3800	8700
	Riego cada 15 días	2533	7978
Japónica 4	Riego continuo	38000	8695
	Riego cada 5 días	7600	8860
	Riego cada 10 días	3800	7975
	Riego cada 15 días	2533	6375

Fuente: Informe final proyecto Mejoramiento de la productividad del cultivo del arroz en la República Dominicana mediante la introducción de cultivares coreanos y técnicas de cultivos.

Para un manejo sostenible del agua en el cultivo del arroz es importante conocer las fases de mayor demanda de agua por el cultivo. Como se puede observar en la figura 25, en el arroz se distinguen tres fases de desarrollo: la fase de semillero hasta el trasplante, la fase vegetativa y la fase reproductiva. Como se muestra en la figura 47, la siembra se realiza en el día 0 y el día 20 inicia el ahijamiento del arroz. Entre el día 0 y 20 se debe utilizar la menor lámina de agua posible, solo con el objetivo de impedir la germinación de las malezas.

En el momento del inicio del ahijamiento o 20 días después de la siembra se debe incrementar la lámina para favorecer la producción de hijos. Se recomienda mantener esta lámina de agua hasta el máximo ahijamiento, el cual se estima que ronda los 55 días después de la siembra. A partir de este momento se debe suspender el agua por un tiempo de 10 días. Pasado estos diez días se espera que el cultivo esté iniciando la fase reproductiva con la iniciación de panícula como se observa en la figura 20 A y B, en este momento se debe reestablecer la lámina de agua. Después del llenado del grano a los 40 días de iniciación de panícula, se recomienda aplicar el riego de forma intermitente retirando el agua unos 7 a 10 días antes de la cosecha.

Nota aclaratoria: Es importante recordar que el suelo es un ente vivo y que por tanto necesita el intercambio de gases como la oxigenación del mismo para la vida de los microorganismos y lombrices que en él coexisten. No permitir el intercambio de gases con el medio debido a la constante inundación reduce la salud y calidad de los suelos agrícolas. En término ecológico se producen gases como el metano que causan calentamiento global y el cambio climático.

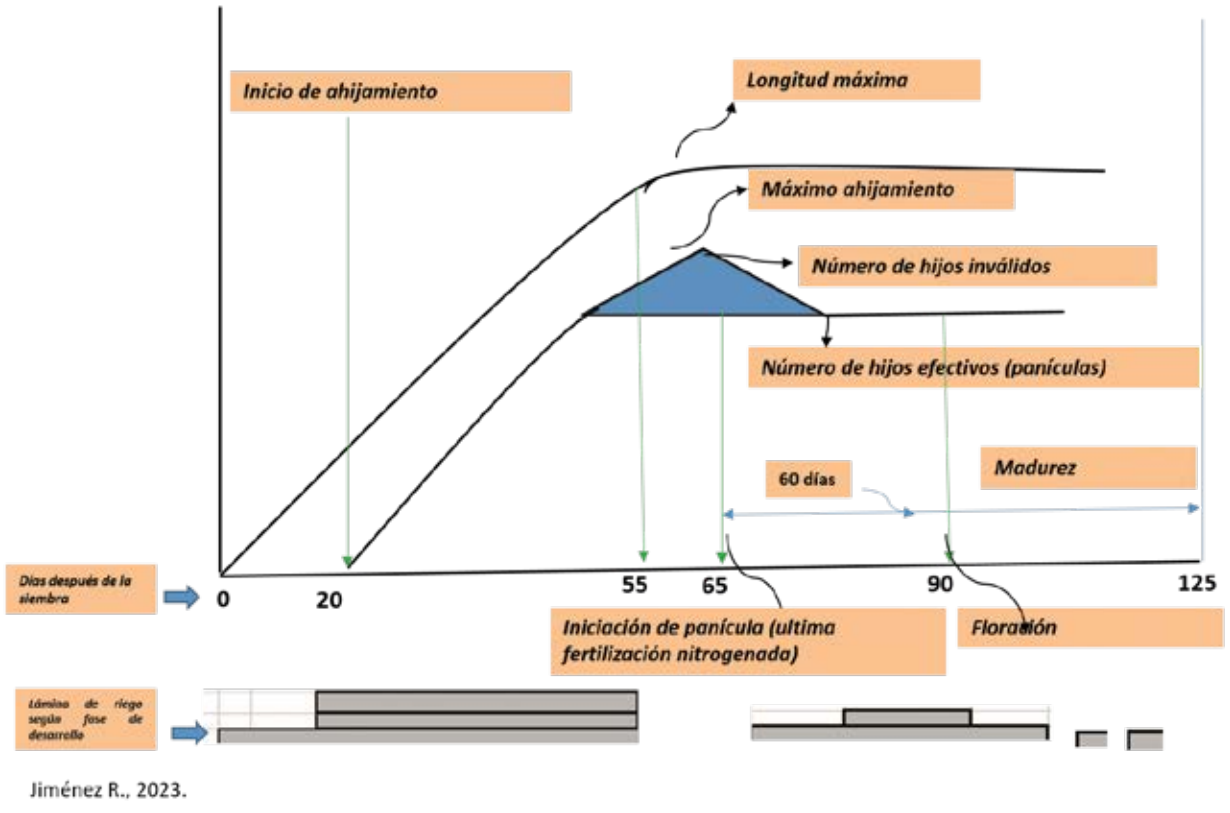


Figura 47. Esquema sugerido para el manejo sostenible del agua de riego en el cultivo del arroz, según fase de desarrollo del cultivo.

10. COMPORTAMIENTO DE LOS CULTIVARES EN LOS DIFERENTES ECOSISTEMAS

Los cultivares Índica 5 y Japónica 4 se sembraron las tres regiones productoras de arroz para el seguimiento de la adaptabilidad y tolerancia a las principales enfermedades. Como se puede apreciar en la figura 48 los cultivares muestran un buen nivel de tolerancia a las principales enfermedades del cultivo tanto en Juma, Bonao como en El Pozo, Nagua, que son las zonas de mayor presión de enfermedades. Para el control de enfermedades solo se realizaron dos aplicaciones para el control del manchado del grano; en la fase reproductiva y llenado del grano, los cuales mostraron buen estado fitosanitario.

10.1. Demostración de métodos en parcelas demostrativas de los cultivares Índica 5 y Japónica 4 establecidas en Juma, Bonao y El Pozo, Nagua.

Se realizaron dos actividades en Juma, Bonao y Nagua para mostrar las condiciones de los cultivares Índica 5 y japónica 4 bajo un manejo reducido de plaguicida. En Juma, Bonao, se realizó en el primer período de siembra con condiciones idónea para el cultivo (figura 49). Sin embargo, en Nagua la siembra se realizó en el segundo período de siembra que coincide con condiciones climáticas favorables para el desarrollo de plagas (figura 50). Como se puede apreciar en la figura 51, en Nagua se realizó la cosecha a máquina y se tomaron tres sacos para realizar el pesaje, resultando en total 326 kg con un promedio de 108.6 kg/saco de arroz paddy. En la figura 52 se muestra parcela establecida en Juma, Bonao, donde evaluó la productividad de la finca mediante la toma de muestras en diferentes puntos. Los rendimientos alcanzados fueron de 525 kg/tarea para la línea Japónica 4 y 625 kg/tarea para Índica 5. En estos cultivares, dado la alta eficiencia en el uso de N, solo fue necesario aplicar 80 kg/ha de N durante el ciclo y dos aplicaciones de fungicida e insecticida para protección del grano en el desembuche y estado lechoso del grano, en la zona de Nagua. En las figuras 49 y 50 se muestra el desarrollo, estado fitosanitario y limpieza del grano en los cultivares Índica 5 y japónica 4, tanto en Juma, Bonao como en Nagua.

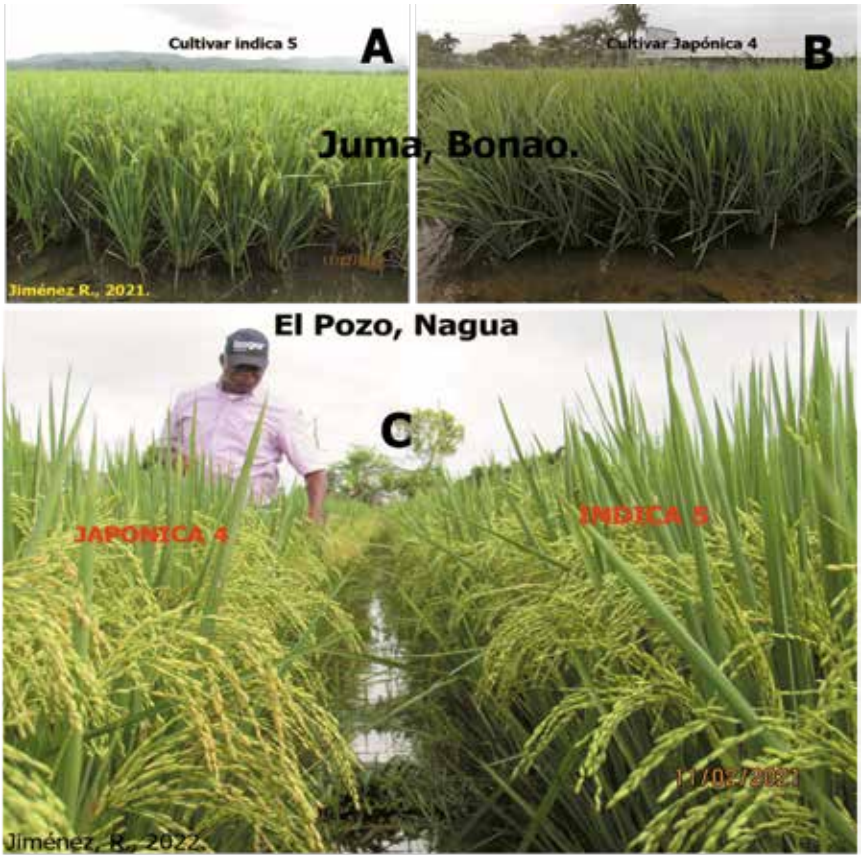


Figura 48. Estado fitosanitario de los cultivares Indica 5 y japónica 4 en las zonas de El Pozo, Nagua y Juma, Bonao.

Figura 49. Jornada de difusión para la demostración de métodos en la parcela demostrativa establecida en Juma, Bonao. A) Staff de kopia, Bioarroz e IDIAF, B) staff del departamento de semilla) y C y D) Líder del Proyecto kopia arroz detalla a los participantes sobre las características de los nuevos cultivares.

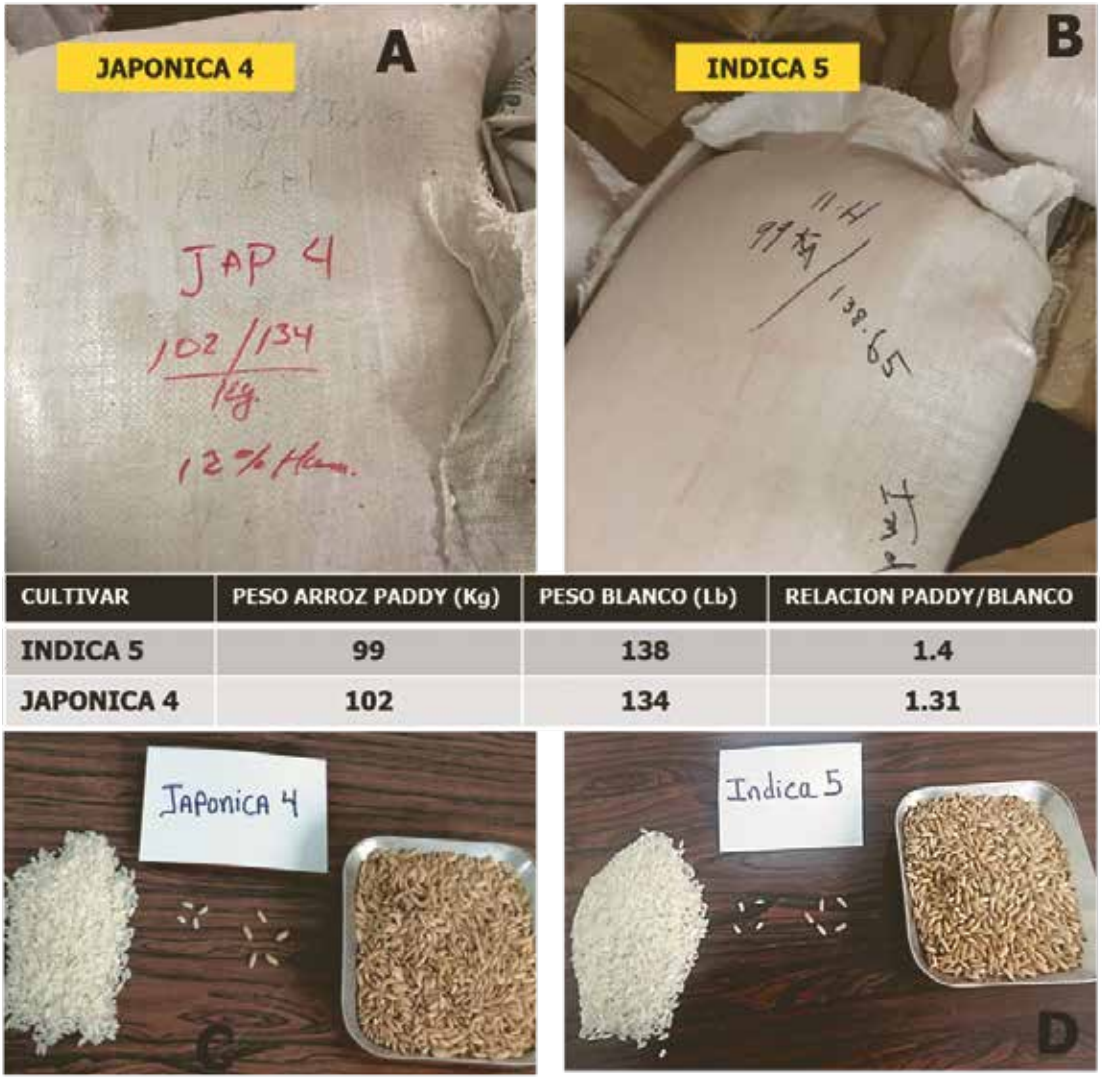
Figura 50. Jornada de difusión para la demostración de métodos en la parcela demostrativa establecida en El Pozo, Nagua. Se destaca las características de los nuevos cultivares en la zona de Nagua, con alta presión de enfermedades.

Figura 51. Pesaje de tres sacos de arroz paddy de la línea Indica 5 a nivel de campo en El Pozo, Nagua.

Figura 52. Toma de muestras para determinación de rendimiento a nivel de finca de los cultivares Indica 5 y japónica 4

11. CALIDAD INDUSTRIAL Y MOLINERÍA DE LOS CULTIVARES DE ARROZ

Para la evaluación de la calidad de molinería se tomaron cinco sacos de cada línea élite en cáscara se secaron al 11.0% de humedad y se pesaron antes de ir al molino para determinar la productividad de libras de arroz blanco por cada kilogramo de arroz en cáscara. En la figura 53 se aprecia el peso de la línea Japónica 4 con 102 kilogramos con 143 libras de arroz blanco después de molido e Índica 5 con 99 kilogramos y 138.65 libras de arroz blanco. Como se puede apreciar la productividad de arroz blanco fue de 1.4 libras por cada kilogramos de arroz cáscara. Mientras que, en Japónica 4 fue de 1.31 libras por cada kilogramo de arroz cascara.



CULTIVAR	PESO ARROZ PADDY (Kg)	PESO BLANCO (Lb)	RELACION PADDY/BLANCO
INDICA 5	99	138	1.4
JAPONICA 4	102	134	1.31

Figura 53. Evaluación de calidad de molinería de los cultivares Índica 5 y japónica 4 a nivel de factoría.

En la tabla 13, **se muestran las diferencias** de la calidad industrial de los cultivares Índica 5 y Japónica 4. El cultivar Japónica 4 obtuvo un porcentaje de granos partidos de 8.9% correspondiente a una escala de 5 (Bueno), mientras que el cultivar Índica 5 produjo solo 5.9% escala 3 (muy bueno). Con relación al centro blanco, el cultivar Índica 5 mostró un centro blanco intermedio (escala 3) en tanto que Japónica mostró un centro ligeramente opaco (escala 5). De acuerdo a etos datos los cultivares Índica 5 y Japónica 4 muestran muy buenas caracteristicas a nivel de molinería.

Tabla 13. Calidad industrial de los cultivares Índica 5 y Japónica 4 (CIAT 2005).

Características	Índica 5		Japónica 4	
	Escala	Clasificación	Escala	Clasificación
Arroz descascarado (%)	1	79.20%	1	78.70%
Arroz pulido (%)	5	Bueno 69.50%	5	Bueno 69.00%
Arroz entero en base a cáscara (%)	3	Muy bueno 63.1 %	3	Muy bueno 60.4 %
Longitud del grano pulido (mm)	3	Medio	3	Medio
Arroz partido (%)	3	Muy Bueno 5.9 %	5	Bueno 8.9 %
Centro blanco	5	Ligeramente opaco	3	Intermedio

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos el apoyo del gobierno de Corea del Sur a través de Rural Development Agriculture (RDA) y el Programa de Agricultura Internacional (Kopia), bajo la dirección del Dr. Jong Bun Kim, por su apoyo técnico financiero para el desarrollo de las investigaciones que permitieron lograr los resultados disponibles en la Guía de Manejo que hoy ponemos a disposición de técnicos y productores arroceros dominicanos.

Al staff de investigadores y colaboradores que trabajaron arduamente en la generación de las tecnologías para el manejo de los cultivares seleccionados.

De igual forma al Ing. Ángel Adames por sus aportes en los trabajos de caracterización morfológicas y agronómicas de los cultivares Índica 5 y Japonica 4.

CONCLUSIONES

1. Los cultivares seleccionados Índica 5 y Japónica 4 muestran buena adaptabilidad en las regiones del Nordeste y Norcentral.

2. Las pruebas culinarias para determinar el nivel de aceptación por parte de los consumidores, indican muy buena aceptación del cultivar Índica 5, tanto para el consumidor dominicano y asiático. En tanto que, el cultivar Japónica 4 tuvo muy buena aceptación para el consumidor asiático.

3. Estos cultivares representan una alternativa para la diversificación de la producción arrocera nacional, de manera que podamos incorporar nuevas variedades de arroz del tipo japónica, para suplir la demanda del consumidor asiático residente en la República Dominicana y en el entorno caribeño.

4. Estos cultivares, de acuerdo a los resultados obtenidos durante el desarrollo del proyecto, pueden ser considerados como cultivares de baja demanda de insumos por su eficiencia en el uso de agua, uso del nitrógeno y uso reducido de plaguicida.

5. Estos cultivares por sus características descritas anteriormente, sumado a buenas prácticas agrícolas como siembra directa mecanizada en hileras o en su modalidad de siembra directa manual en hileras a una densidad de siembra de 50 kg/ha (7 libras/tarea), dosis óptima de nitrógeno (100 y 120 kg/ha) y monitoreo para la toma de decisiones para el control de plagas, contribuirá a mejorar la sostenibilidad del cultivo de arroz, lo cual se traduce en una reducción del costo de producción, que es nuestra principal amenaza en el contexto del DR. Cafta.

RECOMENDACIONES

1. En el contexto del DR. Cafta, se recomienda la diversificación de la producción arrocera mediante el uso de variedades del tipo Japónica, como alternativa para suplir el nicho de consumidores asiáticos residentes en la República Dominicana y del entorno caribeño, aprovechando la ubicación estratégica del país.

2. Diversificar el consumo del arroz para la agregación de valor al producto final mediante la transformación en productos comercializables (producción de harina de arroz para la panificación y reducir la demanda de harina de trigo, meriendas para el desayuno escolar, bebidas refrescantes, entre otros.

BIBLIOGRAFÍA

Alberto, M.C.R., R. Wassmann, T. Hirano, A. Miyata, R. Hatano, A. Kumar, A. Padre, and M. Amante. (2011). Comparisons of energy balance and evapotranspiration between flooded and aerobic rice fields in the Philippines. Agric. Water Manage. 98:1417-1430.

Arregoces, O., J. Reyes, O. Parada y J. Urueta. (1983). Insectos y Ácaros Plagas y su Control en el Cultivo de Arroz en América Latina. Fedearroz, Bogotá, Colombia.

Belder, P., B. Bouman, R. Cabangon, L. Guoan, E. Quilang, L. Yuanhua, J. Spiertz, and T. Tuong. (2004). Effect of water-saving irrigation on rice yield and water use in typical lowland conditions in Asia. Agric. Water Manage. 65:193-210.

MA, 2022. Ministerio de Agricultura. Dirección del Arroz "Bio-Arroz". División Planificación y Estadísticas. Datos de producción de arroz del 2021.

Bouman, B. A. M. y Tuong, T. P. (2001). Field water management to save water and increase its productivity in irrigated rice. Agricultural Water Management, 49(1), 11–30.

Bueno, C. S., Bucourt, N., Nobayashi, N., Inubushi, K. y Lafarge, T. (2010). Water

Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT. (2005). Morfología de la Planta de Arroz. Cali, Colombia. Disponible en: http://www.ciat.cgiar.org/riceweb/esp/inicio.htm. Consultado el lunes 10 de mayo de 2021.

Centro de Investigación Agrícola Tropical (CIAT). Manual de Manejo Integrado de Malezas, Insectos y Enfermedades del Cultivo de Arroz. Santa Cruz, Bolivia.

Contreras, F., Viña, B. Sakdevan, K. Muraoka, T. (2015). Aprovechamiento de nitrógeno mineral (15N-urea) y eficiencia del fraccionamiento del fertilizante en el cultivo de arroz. Revista APF 4(2): 13-16. Santo Domingo, República Dominicana.

Diaz, K. (2018). Comunidad China en el país: turismo, negocios, población. Recuperado de: https://www.diariolibre.com/actualidad/comunidad-china-en-el-pais-turismo-negocios-poblacion-AI9802354.

González M., Saldarriaga G, Jaramillo O. (2010). Estimación de la demanda de agua: Conceptualización y dimensionamiento de la demanda hídrica sectorial. Estudio Nacional del Agua, Capítulo 5. IDEAM, Colombia.

IDIAF (Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales). (2014). Socialización de Resultados de Investigación: Identificación de Genotipos Tolerantes al Síndrome del Vaneamiento del Arroz; Generación de Tecnologías para el Manejo del Vaneamiento y Desarrollo de Métodos para el Manejo Integrado de Las Principales Plagas Asociadas al Vaneamiento del Arroz. Consejo Nacional de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (CONIAF). Santo Domingo. DO. 84 p.

IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). Consulado 07/03/2023. Online: https://www.iica.int/es/prensa/noticias/el-cultivo-del-arroz-en-republica-dominicana#:~:text=Las%20egiones%20agropecuarias%20con%20mayor,y% 20la%20Regi%C3%B3n%20Suroeste%2C%20con.

Informe final proyecto Generación y Validación de tecnologías para el Manejo sostenible de cultivares de arroz. Jiménez, F., López, J. C., Martínez, C., Vargas, C. y Avilés, A. D. (2023), 2021-2022. KOPIA-IDIAF.

Informe final del Proyecto: Reducción de manos de obras y mejoramiento de la productividad en la producción arrocera mediante la introducción de maquinaria agrícolas coreanas. Pérez, A., Núñez, P.A., Jiménez, F., Del Rosario, P.J., Avilés, E., López, G., Almonte, I., Martínez, C., Belliard, R., y López, J.C. (2022) 2021-2022. KOPIA-IDIAF.

Ministerio de Agricultura. 2021. Intervención del Gobierno incrementa productividad arroz; inicia cosecha 2021. Recuperado de: https://agricultura.gob.do/noticia/intervencion-del-gobierno-incrementa-productividad-arroz-inicia-cosecha-2021/

Meneses, R. 2008. Manejo Integrado de los principales insectos y ácaros plagas del Arroz. Instituto de Investigaciones del Arroz II Arroz. La Habana, Cuba.

Pantoja A.; A. Fischer; F. Correa; L.R. Sanint y A. Ramírez. (1997). Manejo Integrado de Plagas; artrópodos, enfermedades y malezas. Cali, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Publicación CIAT; no. 292). ISBN 958-9439- 58-6.

Rosario, J., A. Pujols, A.V., Núñez y O. Medina. 2009. Desarrollo de Métodos para el Manejo Integrado de las Principales Plagas Asociadas al Vaneamiento del Arroz. Consejo Nacional de Investigaciones Agropecuarias y Forestales CONIAF. Santo Domingo, República Dominicana.

Oficina Nacional de Meteorología de la República Dominicana (ONAMET).

Instituto Dominicano de investigaciones Agropecuarias y Forestales
(Idiaf)