

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**EVALUACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE  
GERMOPLASMA DE ARROZ EN COMPARACIÓN CON  
VARIETADES COMERCIALES**

**por**

**Natalia MIRABALLES MAZA**

**Trabajo final de grado  
presentado como uno de los  
requisitos para obtener el  
título de Ingeniero Agrónomo**

**MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2025**

Página de aprobación

Trabajo final de grado aprobado por:

Director:

\_\_\_\_\_  
Ing. Agr. Federico Molina

Tribunal:

\_\_\_\_\_  
Ing. Agr. Federico Molina

\_\_\_\_\_  
Ing. Agr. Guillermo Siri

\_\_\_\_\_  
Ing. Agr. Guillermina Cantou

Fecha: 10 de enero de 2025

Estudiante:

\_\_\_\_\_  
Natalia Miraballes Maza

### **AGRADECIMIENTOS**

Mi profundo agradecimiento a todas aquellas personas que han sido fundamentales en la realización de este trabajo final de grado.

Primero, quiero expresar mi gratitud hacia a mi familia, especialmente a papá, mamá, hermano y abuelos, por brindarme su apoyo incondicional a lo largo de toda mi carrera. Su cariño y motivación constante han sido la fuerza que me impulsó a superar cada desafío de este arduo camino académico.

A mi tutor de tesis Ing. Agr. Federico Molina, por el apoyo brindado y por guiarme durante todo este trabajo; valoro profundamente el aprendizaje en el ámbito profesional.

A todo el personal de INIA, especialmente al área de Mejoramiento Genético, por estar dispuestos a ayudarme en las tareas de campo y en todo momento. A Mabel Oxley, de laboratorio, por su generoso apoyo.

Al Ing. Agr. Oscar Bentancur en particular, por su indispensable colaboración en la realización de los análisis estadísticos de este experimento, así como por su apoyo constante, disposición y valiosas recomendaciones.

A mis amigos y compañeros por este camino compartido.

A la Facultad de Agronomía por todo lo brindado.

## TABLA DE CONTENIDO

PÁGINA DE APROBACIÓN.....	2
AGRADECIMIENTOS.....	3
LISTA DE TABLAS Y FIGURAS .....	7
RESUMEN.....	9
SUMMARY .....	10
1. INTRODUCCIÓN .....	11
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1 IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE ARROZ .....	13
2.2 EL CULTIVO DE ARROZ EN EL URUGUAY .....	13
2.3 ARROZ URUGUAYO EN EL MUNDO.....	14
2.4 PROYECTO DE MEJORAMIENTO GENÉTICO DE ARROZ .....	14
2.5 CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS .....	14
2.5.1 Rendimiento.....	15
2.5.2 Ciclo de vida y ciclo a floración .....	15
2.5.3 Enfermedades .....	15
2.5.5 Calidad industrial .....	19
2.5.6 Calidad culinaria .....	20
2.6 DESARROLLO Y ECOFISIOLOGÍA DE LA PLANTA DE ARROZ.....	22
2.6.1 Fase vegetativa.....	22
2.6.1.1 Emergencia .....	22
2.6.1.2 Etapa de plántula .....	23
2.6.1.3 Macollaje .....	23
2.6.2 Fase reproductiva .....	23
2.6.2.1 Alargamiento de entrenudos.....	23
2.6.2.2 Diferenciación del primordio floral.....	24
2.6.2.3 Desarrollo de la panícula .....	24
2.6.2.4 Floración .....	25
2.6.3 Fase de maduración .....	25

2.6.3.1 Etapa de llenado de granos.....	26
2.6.3.2 Etapa de maduración .....	26
2.7 CARACTERÍSTICAS GENOTÍPICAS.....	26
2.7.1 Subespecie japónica.....	27
2.7.2 Subespecie índica.....	28
2.7.3 Cultivares clearfield.....	29
2.7.3.1 Gurí INTA CL.....	29
2.7.4 Híbridos .....	30
2.8 FACTORES QUE AFECTAN EL CULTIVO DE ARROZ.....	31
2.8.1 Topografía .....	31
2.8.2 Suelo .....	31
2.8.3 Fecha de siembra .....	32
2.8.4 Riego .....	33
2.8.5 Temperatura .....	34
2.8.6 Radiación solar .....	35
2.8.7 Requerimientos nutricionales.....	35
2.9 MALEZAS .....	36
2.9.1 Malezas gramíneas anuales .....	36
2.9.2 Malezas gramíneas perennes.....	38
2.9.3 Malezas dicotiledóneas.....	38
2.9.4 Malezas ciperáceas .....	38
2.10 PLAGAS.....	39
2.11 LATENCIA DE SEMILLAS.....	40
3. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS .....	42
3.1 HIPÓTESIS .....	42
3.2 OBJETIVO GENERAL.....	42
3.3 OBJETIVO ESPECÍFICOS.....	42
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	43
4.1 LOCALIZACIÓN.....	43

4.2 SUELO .....	43
4.3 CARACTERIZACIÓN AGROCLIMÁTICA .....	43
4.3.1 Temperatura media.....	43
4.3.2 Temperatura mínima.....	43
4.3.3 Horas de sol.....	44
4.3.4 Radiación solar .....	44
4.3.5 Precipitaciones.....	44
4.3.6 Temperatura del suelo desnudo a 5 cm .....	44
4.3.7 Humedad relativa.....	44
4.4 MANEJO DEL CULTIVO .....	44
4.5 DISEÑO EXPERIMENTAL Y TRATAMIENTOS .....	45
4.6 DETERMINACIONES REALIZADAS.....	46
4.6.1 Características agronómicas.....	47
4.6.2 Componentes del rendimiento .....	48
4.6.3 Calidad industrial .....	48
4.6.4 Latencia de semillas .....	48
4.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	49
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	51
5.1 RENDIMIENTO .....	51
5.2 CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS .....	54
5.3 COMPONENTES DEL RENDIMIENTO.....	60
5.4 CALIDAD INDUSTRIAL.....	66
5.5 LATENCIA DE SEMILLAS.....	74
6. CONCLUSIÓN.....	76
7. BIBLIOGRAFÍA.....	79
10. ANEXOS.....	93

## LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla No.	Página
Tabla 1. Base de comercialización y tolerancia de recibo para los parámetros de calidad industrial de arroz .....	20
Tabla 2. Características agronómicas que diferencian el arroz tipo índica y japónica .....	27
Tabla 3. Características diferenciales entre el arroz japónica tropical y japónica templada.....	28
Tabla 4. Numeración de los tratamientos.....	46
Tabla 5. Representación de los cultivares en las parcelas en el campo experimental para la época temprana.....	46
Tabla 6. Representación de los cultivares en las parcelas en el campo experimental para la época tardía.....	46
Tabla 7. Escala de puntuación de enfermedades .....	47
Tabla 8. Rendimiento en grano seco y limpio (kg/ha SL) promedio de cada cultivar .....	51
Tabla 9. Rendimiento en grano seco y limpio (kg/ha SL) promedio de cada época de siembra .....	51
Tabla 10. Rendimiento medio en grano como porcentaje del testigo GURI INTA CL.....	53
Tabla 11. Características agronómicas según cultivar: ciclo a floración (días), altura (cm) e incidencia de enfermedades (1-9).....	55
Tabla 12. Fecha de 50% de floración según época de siembra y cultivar .....	57
Tabla 13. Componentes del rendimiento según cultivar.....	61
Tabla 14. Número de plántulas iniciales por metro cuadrado según época de siembra y cultivar.....	62
Tabla 15. Días con temperaturas mínimas inferiores a 15 °C entorno a floración y su amplitud (°C).....	64
Tabla 16. Calidad industrial por época de siembra y por cultivar.....	67
Tabla 17. Probabilidad de germinación a los 5 y 14 días según cultivar.....	75
Figura No.	
Figura 1. Rendimiento en grano (kg/ha SL) según época de siembra y cultivar.....	52
Figura 2. Rendimiento en grano como porcentaje del testigo GURI INTA CL según época y por cultivar .....	53

Figura 3. Intervalos de confianza para ciclo a floración entre los cultivares y el testigo para EP1.....	58
Figura 4. Intervalos de confianza para ciclo a floración entre los cultivares y el testigo para EP2.....	59
Figura 5. Intervalos de confianza para blanco total entre los cultivares y el testigo para época 1 .....	69
Figura 6. Intervalos de confianza para blanco total entre los cultivares y el testigo para época 2 .....	70
Figura 7. Intervalos de confianza para porcentaje de entero entre los cultivares y el testigo para EP1 .....	71
Figura 8. Intervalos de confianza para porcentaje de yeso entre los cultivares y el testigo para EP1.....	73



## RESUMEN

Se condujo un experimento en la Unidad Experimental Paso de la Laguna de INIA Treinta y Tres durante la zafra 2022-2023. Los objetivos fueron evaluar y caracterizar los materiales de arroz resistentes a imidazolinonas del Programa Arroz de INIA, con el fin de identificar variedades que puedan ser evaluadas a escala pre-comercial, por sus particulares características agronómicas y molineras. Se realizaron dos ensayos independientes, sembrados en dos fechas de siembra diferentes: época de siembra temprana (5 de octubre) y época de siembra tardía (7 de noviembre). Once líneas experimentales y cuatro testigos comerciales fueron asignados en bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Las variables de características agronómicas sobre las que se trabajó fueron rendimiento en grano, sus componentes, ciclo a floración, altura de planta e incidencia de enfermedades y, los parámetros de calidad molinera fueron porcentaje de blanco, porcentaje de entero y porcentaje de yeso. Además, se evaluó la latencia de las semillas. Los ensayos presentaron en promedio un rendimiento medio de 10,9 tt/ha, mientras que el testigo de referencia para las variedades (GURI INTA CL) obtuvo 10,3 tt/ha. En algunos materiales, la productividad estuvo por encima de 12 tt/ha, como es el caso de los híbridos INOV FP y XP 113 FP, y del cultivar CL 19244. Las líneas promisorias CL 19258, CL 19246 y CL 19231 se diferenciaron en rendimiento respecto al testigo principalmente en la época tardía (EP2), siendo 12%, 14% y 17% superiores respectivamente. En los parámetros de calidad molinera los valores en general superaron la base de comercialización para porcentaje de blanco y entero. No obstante, el porcentaje de yeso en general fue alto, por lo que en este parámetro el material CL 1294 se destacó. El cultivar CL 19265 presentó buenos valores calidad molinera en general. El material CL 19263 no se diferenció en rendimiento del testigo, sin embargo, en el yeso fue superior en la EP2 y CL 19219 lo fue en ambas épocas de siembra. La latencia de las semillas de algunos materiales fue corta, con probabilidades de germinación a los 5 días superiores a 0,8 en los materiales CL 19220, CL 19246 y CL 19219, mientras que a los 14 días en el testigo de referencia y en CL 19265 esta fue de 0,14 y 0,34 respectivamente.

*Palabras clave:* *Oryza sativa*, arroz, imidazolinonas, variedades

## SUMMARY

A trial was conducted at the Paso de la Laguna Experimental Unit of INIA Treinta y Tres during the 2022-2023 growing season. The objectives were to evaluate and characterize imidazolinone-resistant rice materials from the INIA Rice Breeding Program to identify varieties with unique agronomic and milling traits for pre-commercial scale evaluation. Two independent trials were carried out, sown on different dates: early sowing (October 5) and late sowing (November 7). Eleven experimental lines and four commercial checks were assigned to randomized complete block designs with four replicates. The agronomic traits evaluated included grain yield and its components, days to flowering, plant height, and disease incidence. Milling quality parameters included head rice yield, whole grain percentage, and chalkiness percentage. Additionally, seed dormancy was evaluated. The trials had an average yield was 10.9 t/ha, while the reference check (GURI INTA CL) achieved 10.3 t/ha. Some materials exceeded 12 t/ha in productivity, including the hybrids INOV FP and XP 113 FP, as well as the cultivar CL 19244. Promising lines such as CL 19258, CL 19246, and CL 19231 showed significantly higher yields compared to the check, particularly in the late sowing (EP2), with increases of 12%, 14%, and 17%, respectively. Milling quality parameters generally surpassed the commercialization base for head rice yield and whole grain percentage. However, chalkiness levels were generally high, with the cultivar CL 1294 standing out in this parameter. The cultivar CL 19265 demonstrated good overall milling quality values. The material CL 19263 did not differ in yield from the check but showed higher chalkiness in EP2, while CL 19219 exhibited superiority in chalkiness in both sowing periods. The seed dormancy of some materials was short, with germination probabilities at 5 days exceeding 0.8 in materials CL 19220, CL 19246, and CL 19219, while at 14 days, it was 0.14 and 0.34 for the reference check and CL 19265, respectively.

*Keywords:* *Oryza sativa*, rice, imidazolinones, varieties

## 1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de arroz en el país es uno de los principales rubros de exportación. Uruguay se posiciona séptimo en el ranking mundial de exportadores de arroz y es reconocido por la alta calidad de su producto (Ministerio de Turismo, 2021).

En la zafra 22/23, el área sembrada es de 159.700 hectáreas y la productividad es de 9.577 kg ha<sup>-1</sup>, siendo récord en el país (Almeida & Bica, 2023). En las últimas dos décadas la tasa de incremento en rendimiento se ha situado en 100 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>. Este aumento está sustentado por combinaciones de genética, manejo y tecnología (Molina, 2023).

Más del 60% de las variedades sembradas son generadas por el Proyecto de Mejoramiento Genético de Arroz perteneciente al Programa Nacional de Producción de Arroz del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA) (Almeida & Bica, 2023).

Mediante la evaluación de cultivares, año a año se llevan a cabo ensayos experimentales para predecir el comportamiento productivo de los cultivares en distintos ambientes, se seleccionan cultivares potenciales y se descartan otros menos productivos.

En el sector arrocero uruguayo, el uso de semilla certificada ha sido una práctica clave, ya que favorece la uniformidad del cultivo, impacta en el rendimiento y contribuye al control de arroz rojo, una maleza que históricamente ha estado presente a muy bajos niveles poblacionales y que, de un tiempo a esta parte, las poblaciones y cantidades de campos infestados de esta maleza se han incrementado notoriamente, convirtiéndose en un problema potencial para la producción de arroz (“Programa Nacional de arroz”, 2009).

Para abordar esta problemática, el Proyecto de Mejoramiento Genético realizó un acuerdo de investigación con BASF para el desarrollo de cultivares resistentes a imidazolinonas (CL), utilizando la segunda generación de resistencia a imidazolinonas desarrollada por Louisiana State University (LSU); esta tecnología que permite el control químico selectivo del arroz rojo y un amplio espectro de malezas, está basada en mutaciones inducidas propias del mejoramiento convencional, por lo que no implica organismos genéticamente modificados (Blanco et al., 2017).

En la zafra 22/23, el área ocupada por variedades e híbridos resistentes a imidazolinonas alcanzó en nuestro país un 26% de la superficie total cultivada, conformada principalmente por GURI INTA CL en un 22%. Este cultivar tiene como desventaja que es susceptible a brusone (*Pyricularia Oryzae*) (Almeida & Bica, 2023).

En función de lo mencionado anteriormente, los objetivos de este trabajo son encontrar líneas provisorias resistentes a imidazolinonas, con mayor potencial de

rendimiento que GURI INTA CL y con similares valores de los parámetros de calidad molinera. Además, caracterizar agronómicamente a esos cultivares y evaluar la probabilidad de germinación de las semillas en la panícula.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE ARROZ

El arroz (*Oryza sativa*) es uno de los principales alimentos para los seres humanos, siendo el alimento básico para más de la mitad de la población mundial. Además, tanto la fase de cultivo como las labores de post cosecha, ofrecen oportunidades de empleo a cientos de millones de personas en áreas rurales. Por todas estas razones es que desempeña un papel fundamental para abordar desafíos globales como la seguridad alimentaria, la mitigación de la pobreza, la preservación del patrimonio cultural y el desarrollo de la agricultura sostenible (Food and Agriculture Organization [FAO], 2004b). El cereal de arroz aporta el 20% de la energía alimentaria consumida en el planeta y a su vez constituye una importante fuente de vitaminas B1, B2 y B3, esenciales para el funcionamiento adecuado del cuerpo humano. Este cereal forma parte de las tradiciones culinarias de diversas culturas, y cada una tiene sus propias preferencias en cuanto a texturas, sabor, color y viscosidad del arroz que se consume (FAO, 2004a).

### 2.2 EL CULTIVO DE ARROZ EN EL URUGUAY

La introducción del cultivo de arroz al Uruguay se remonta a principios del siglo XX, asociado a la búsqueda de cultivos alternativos para la diversificación agrícola. El primer plantío se ubicó en Santa Rosa del Cuareim (hoy Bella Unión) en 1919 y el primer arrozal comercial en Paysandú en 1926. Desde 1927 se establecieron arroceras en la zona Este y es a partir de esta fecha que comenzó el registro de datos concretos. En esos años, se instalaron consecutivamente grandes empresas como CIPA y Arrozal "33". En 1935 se alcanzó el autoabastecimiento del consumo interno ("Hitos del cultivo de arroz", 2022). El área plantada ha aumentado de manera sostenida desde 1930 y se ha extendido a otras zonas del Uruguay, además de mantenerse la zona tradicional en la Cuenca de la Laguna Merín. El rendimiento por hectárea también ha aumentado debido a avances tecnológicos generados a través de la investigación por la Estación Experimental del Este (EEE), hoy INIA Treinta y Tres (Gamarra, 1996). Tradicionalmente el cultivo ha rotado con pasturas en un sistema arroz-ganadería que brinda sostenibilidad (Lombardo et al., 2024), aunque actualmente se ha incorporado el cultivo de soja al sistema y se busca la incorporación de otros cultivos de grano (Lima et al., 2023).

El cultivo de arroz hoy es una importante fuente de divisas y sus ventajas económicas se deben a que se exporta el 95% de lo que se produce (Almeida & Bica, 2023). En el último censo agropecuario el arroz representa un 34% de las exportaciones agrícolas en dólares del país (Oficina de Estadísticas Agropecuarias [DIEA], 2011).

En la zafra 22/23 se sembraron 159.700 hectáreas, divididas en un 71% en la zona este, 16% en la zona norte y 13% en la zona centro. El 80% está explicado por cuatro variedades: 44% INIA Merín, 22% Gurí INTA CL, 10% INIA Olimar y 4% Inov CL. La productividad fue récord a nivel país, siendo de 9.577 kg/ha (Almeida & Bica, 2023). El rendimiento aumentó 100 kg/ha/año en los últimos 20 años, y Molina menciona que “es bastante difícil de lograr, pero se puede combinando genética, tecnología y manejo” (Molina, 2023, p. 53).

### 2.3 ARROZ URUGUAYO EN EL MUNDO

El arroz uruguayo es altamente valorado a nivel mundial debido a su calidad reconocida, y también se destaca por la considerable cantidad que se exporta. Pese a que la producción del país es pequeña respecto a la producción mundial, ésta se exporta en su mayoría (95% a la fecha). Esto es de especial interés debido a que la mayoría de los países que producen arroz, lo hacen para autoabastecerse (Gamarra, 1996).

Uruguay ocupa el séptimo lugar en las exportaciones mundiales de arroz (Ministerio de Turismo, 2021). Se espera que Uruguay tenga mayor protagonismo en el mercado mundial del arroz, gracias a la calidad, a la sustentabilidad e inocuidad de su producto que lo ha destacado históricamente y a que, en la actualidad, estos atributos son los que tienen un mayor impacto. Esto se logra dadas las condiciones ambientales que se dan en el país, las cuales determinan que no se pueda producir arroz de manera continua, a diferencia de otras partes del mundo (“Arroz: Uruguay es único en calidad”, 2023).

### 2.4 PROYECTO DE MEJORAMIENTO GENÉTICO DE ARROZ

El Proyecto de Mejoramiento Genético de Arroz es un proyecto llevado a cabo por INIA corresponde al Sistema de producción arroz-ganadería (INIA, s.f.). El INIA señala que uno de los objetivos del proyecto es desarrollar variedades con mayor potencial de producción y características superiores a las disponibles, en los tipos de granos que demanda el sector, y que esas características superiores se refieren a variedades con mayor potencial de rendimiento que las tradicionales, incorporando a su vez genes de resistencia por un lado a *Pyricularia oryzae*, causal de la enfermedad brusone y por otro lado, cultivares con resistencia a herbicidas imidazolinonas, debido a la dispersión de la maleza arroz rojo.

### 2.5 CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS

Las características agronómicas abarcan el rendimiento, ciclo a floración, presencia de enfermedades, altura de planta, calidad industrial y culinaria (Instituto Nacional de Semillas [INASE] & INIA, 2011).

### 2.5.1 Rendimiento

El rendimiento promedio del cultivo de arroz en Uruguay, como ya se mencionó, es de 9.577 kg/ha (Almeida & Bica, 2023). El mismo se compone por el número de panojas/m<sup>2</sup>, granos llenos por panoja, peso de mil granos y porcentaje de esterilidad (INASE & INIA, 2011).

### 2.5.2 Ciclo de vida y ciclo a floración

De acuerdo con Meus et al. (2020), el ciclo de vida, desde la siembra a la madurez, es uno de los factores más importantes a la hora de seleccionar un cultivar y los mismos se clasifican como muy cortos, cortos, medios o tardíos. Los ciclos cortos duran 146-123 días, los ciclos medios 159-127 días y los ciclos largos 165-145 días. Así mismo, conforme se retrasa la fecha de siembra, el ciclo se acorta en todos los casos.

Según Cassou (s.f.), el ciclo desde emergencia a floración se clasifica como corto, medio y largo, con una duración de 80-90 días, 90-95 días y más de 95 días respectivamente. En lo que refiere al ciclo a madurez se clasifica como corto, medio y largo, con una duración de aproximadamente 127 días, 137 días y más de 137 días respectivamente.

### 2.5.3 Enfermedades

*Sclerotium oryzae* (So) y *Rizoctonia oryzae sativae* (Ros) son los agentes fúngicos patógenos responsables de las enfermedades denominadas Podredumbre del tallo y Mancha agregada respectivamente. Estos hongos presentan una estrategia reproductiva que implica la formación de estructuras de conservación capaces de sobrevivir libremente en el suelo o asociada a restos vegetales. Posteriormente, estas estructuras emergen en la superficie cuando el arroz es inundado, alcanzando a las plantas de arroz y convirtiéndose en la fuente de inóculo primaria cuando las condiciones son propicias. Estas estructuras, conocidas como esclerocios, germinan una vez en contacto con la planta, penetran en sus tejidos y los invaden (Krause & Webster, 1972; Webster & Gunnell, 1992). En los suelos con mayor intensidad de uso se encuentra una mayor densidad de inóculo de estos hongos en comparación a los suelos menos intensivos. Además, estos patógenos presentan variabilidad espacial, determinando que la aparición de las enfermedades sea en forma de agrupaciones o áreas localizadas, conocidas como manchones (Avila, 2001a; Beldarrain & Avila, 2002). Al concluir el ciclo de la enfermedad, se generan una gran cantidad de esclerocios, los cuales tienen la capacidad de permanecer viables en el suelo y/o en restos vegetales durante un período prolongado, el cual puede ser varios años (Avila, 2000). Webster et al. (1981) sugieren que el índice de severidad de So está asociada a la densidad de inóculos presentes en el suelo en el año anterior. Esto se relaciona con lo mencionado

por Beldarrain y Avila (2002), que sugieren que el índice de severidad se relaciona a la cantidad de inóculo del suelo al año siguiente, lo que determina uno de los factores principales que influyen, el nivel de inóculo inicial.

Los primeros síntomas de Podredumbre del tallo se manifiestan de forma superficial en las vainas inferiores, a partir de la etapa de fin de macollaje, aproximadamente a la altura del agua (Avila, 2000). La misma autora señala que a medida que la infección progresa, las lesiones se profundizan, alcanzando los tejidos interiores del tallo y se hacen visibles manchas negras, en forma de estrías. Al efectuar un corte longitudinal de los tallos, se puede observar la presencia del micelio de tonalidad blanco o grisáceo, con puntuaciones blancas cuando se están formando los esclerocios, que luego se tornan negros al madurar. Como consecuencia de esto se observa muertes de vainas y hojas, que avanzan hacia la parte superior del cultivo y que luego, al finalizar el ciclo del mismo, los tallos infectados generan vuelco de esas plantas enfermas (Avila, 2000). El momento de infección es un factor que influye en la incidencia y severidad de la enfermedad (Webster & Gunnell, 1992), el aumento de la intensidad de uso del suelo incrementa las posibilidades de que aparezcan ataques tempranos, los cuales tienen impacto en el rendimiento, disminuyéndolo entre un 2 y 24%, debido a que provoca esterilidad de los granos, pérdida de peso y yesado de los mismos. Según Avila (2000), otros factores que favorecen esta enfermedad son la excesiva fertilización nitrogenada, riego temprano y excesivas densidades de siembra, factores que se consideran de manejo y que el momento óptimo para la aplicación de los fungicidas es entre final de embarrigado y 20% de floración y hasta 10% de incidencia.

Según Avila (2001b), los primeros síntomas de Mancha agregada se observan desde final de macollaje, aunque es considerada una enfermedad de fin de ciclo. La autora explica que los síntomas consisten en manchas en las vainas de las hojas inferiores, de forma elíptica u ovalada y de colores grises, y que a medida que avanza el ciclo de la enfermedad, estas manchas se extienden hacia las vainas superiores y cambian a coloración castaña clara con bordes oscuros. Como consecuencia de esto ocurre muerte de vainas y hojas, donde son visibles los esclerocios dentro de la base del tallo, y cuando la infección llega al raquis de las panículas, puede provocar esterilidad parcial o total de los granos, dependiendo de la magnitud en la que el hongo interfiera en la traslocación de nutrientes. La autora señala que esto está asociado a factores como el nivel de inóculo inicial, momento de ocurrencia de la infección, condiciones climáticas y manejo, especialmente la fertilización con nitrógeno y densidad de siembra y, que se han encontrado disminuciones del rendimiento en grano entre 4 y 9%, sin embargo, no se encuentran pérdidas de calidad ni rendimiento industrial (INIA



Tacuarí). El momento de mayor susceptibilidad de la planta a esta enfermedad es cercano a la elongación del primer entrenudo, donde es de esperar que ocurran los mayores daños. El momento óptimo para el control químico es entre final de embarrigado y 30% de floración.

*Pyricularia oryzae*, conocida como brusone o quemado del arroz, es la forma asexual del hongo *Pyricularia grisea* que se propaga por la formación de conidias o esporas, que son estructuras microscópicas que se producen en grandes cantidades cuando la planta presenta lesiones; luego las mismas se diseminan por corrientes de aire (Avila, 2001a). Se considera la principal enfermedad fúngica del arroz, por su potencial destructivo y su distribución mundial (Ou, 1985). Las condiciones ambientales predisponentes son 90% de humedad relativa, días nublados, persistencia del rocío y alternancia de temperaturas entre el día y la noche (Avila, 2001a). La fuente de inóculo primaria son las conidias producidas en el rastrojo del cultivo anterior. La fuente de inóculo secundaria son las plantas infectadas que esporulan a una semana de la primera infección. En consecuencia, las primeras infecciones son plantas aisladas y luego manchones de plantas. Temperaturas entre 18-20°C y la hoja mojada favorecen esta enfermedad (Martínez et al., 2018). En nuestro país, factores de manejo que influyen en la aparición y evolución de la enfermedad son el uso de cultivares susceptibles, las altas pendientes, texturas livianas de suelo, dificultades en retener el agua de riego, excesivas fertilizaciones nitrogenadas y densidades de siembras altas (Avila, 2001a).

Los primeros síntomas de brusone en las hojas son manchas, circulares a ovaladas, castañas a café, de pequeño tamaño, que se tornan necróticas, romboidales, con tonos entre blanco y gris verdoso, con bordes oscuros conforme avanza la necrosis. En ataques severos, pueden provocar la destrucción de las plantas, quedando las mismas con aspecto “quemado”. También se puede ver afectada la hoja bandera en prefloración, donde al principio se observan lesiones castañas en la vaina que se tornan oscuras con el progreso de la enfermedad que fomenta la producción de estructuras de reproducción de la misma; posteriormente, la mancha se expande hacia la base de la vaina y al ápice de la hoja, donde la seca y la misma se cae. Las panojas se pueden ver afectadas, primeramente en el cuello de éstas y luego en la base sobre el nudo. Los síntomas en el cuello son manchas marrones que luego se convierten en grises, en consecuencia de esto, se ve interrumpido el flujo de nutrientes hacia las panojas, observándose los granos chuzos y de color gris. Cuando se afecta específicamente la panoja, se observan manchas marrones sobre los raquis, las glumas y pedicelos de algunos granos inferiores, los cuales quedan chuzos. En los nudos se observa coloración negra debido a la destrucción de los tejidos y hacia la parte superior del nudo la planta se seca y en casos muy severos ocurre vuelco. Las condiciones climáticas de

Uruguay, de tipo templado, son muy favorables para el desarrollo de esta enfermedad, porque las condiciones predisponentes para la misma casi siempre están presentes (Avila, 2001a). El hongo provoca daños diferentes según la etapa del cultivo que afecte, la fase vegetativa o la fase reproductiva (Bastiaans et al., 1993). Las lesiones en las hojas provocan pérdida de área foliar, y luego las hojas adquieren resistencia (Roumen et al., 1992; Yeh & Bonman, 1986). En consecuencia, el daño se produce cercano a la formación de granos de manera indirecta (Bastiaans et al., 1993). Las lesiones en las panojas y cuellos de éstas son las más importantes, ya que afectan el rendimiento de manera directa, debido a que impiden el llenado de granos o incluso la pérdida completa de la panoja respectivamente (Ou, 1985). En Uruguay, ocurren con mayor frecuencia ataques en la fase reproductiva del cultivo y los primeros síntomas observados generalmente son en la base de la hoja bandera, y en forma de manchones en la chacra. El control comienza al momento de la siembra, con la elección de cultivares resistentes. Cabe destacar que *Pyricularia oryzae* tiene amplia variabilidad genética por lo que la resistencia de los cultivares puede ser levantada en el tiempo, debido a la aparición de nuevas razas. Por esta razón es que se debe adoptar estrategias de selección con el fin de obtener resistencias más duraderas a esas razas. En el caso que no exista disponibilidad de cultivares resistentes, el control comienza con decisiones de manejo que no favorezcan a las condiciones predisponentes ya mencionadas. Cuando estas condiciones ocurren y aparecen los primeros síntomas, es necesario recurrir al control químico de forma preventiva. Si se observan ataques en hoja leves se recomienda una aplicación al final del embarrigado, con el fin de proteger la emergencia de las panojas. En situaciones de cultivares muy susceptibles se debe ser más cauteloso ante la posibilidad de un ataque severo en hojas durante la fase vegetativa, y posiblemente sean necesarias dos aplicaciones, una en cada etapa del cultivo. Avila (2001a) señala que dado el criterio de aplicar cuando aparecen los primeros síntomas, es fundamental realizar diagnósticos a tiempo en la chacra. La autora hace énfasis en que si bien el cultivo puede escapar de los ataques de hoja, por lo que no se presentan en Uruguay altos porcentajes de severidad, esto es una señal de que el patógeno está presente (Avila, 2001a).

#### 2.5.4 Altura de planta

La altura de plantas oscila entre 0,4-1 metro, variando según el tipo de variedades y las condiciones en que se desarrollan (Olmos, 2006). Los fitomejoradores seleccionan plantas de altura intermedia debido a que las plantas muy altas se encaman (Jennings et al., 1979). El Fondo Latinoamericano de Arroz para Riego (FLAR) y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) tienen como idiotipo plantas de arroz

de altura intermedia y aseguran que es uno de los caracteres que confieren alto rendimiento al cultivo (Edgar Torres, 2013).

#### 2.5.5 Calidad industrial

La integridad del grano durante el proceso de descascarado y pulido determina la calidad industrial, y el comportamiento del mismo al momento de cocción y luego de éste, determinan la calidad culinaria (Livore, 2004).

El proceso de descascarado y pulido se realiza mediante esfuerzos, tales como de fricción o abrasión sobre la superficie del grano, lo que determina que se obtengan granos blancos, tanto enteros como quebrados. De aquí es que surge el primer parámetro que se denomina porcentaje de blanco total. De acuerdo con el Decreto N° 544/987 (1987), éstos son todos los granos de arroz, tanto enteros como quebrados, a los cuales se les retiró la cáscara, el germen, las capas exteriores y gran parte de las interiores del tegumento y aún así hay estrías de tegumento en no más de 10% de los granos. En segundo lugar se determina el porcentaje de entero, el cual depende de variables tanto ambientales como genéticas. Dentro de las ambientales se pueden clasificar en estrés biótico (enfermedades) y en estrés abiótico (temperatura, humedad, déficit hídrico, etc). Dentro de las genéticas se encuentra la velocidad de llenado de grano, que cuanto más lenta sea y sostenida en el tiempo, el grano será más compacto y cristalino, por ende, será menos susceptible al quebrado (Livore, 2004). Según el Decreto N° 544/987 (1987), estos granos enteros son aquellos enteros o quebrados que presenten un largo igual o superior a las tres cuartas partes de la longitud media de los granos no quebrados. Otro parámetro que describe el mismo decreto es el denominado porcentaje de yesado, que refiere a los granos enteros y quebrados, con aspecto opaco, como yeso o tiza, en más de la mitad del grano. El resto de los parámetros que menciona son el porcentaje de humedad contenida en el arroz cáscara, porcentaje de verde, que refiere a los granos inmaduros de color verdoso, tanto enteros como quebrados, porcentaje de manchado, los cuales presentan alteración a su color natural, porcentaje de basura y porcentaje de rojo, que son los granos enteros o quebrados de color rojo.

Los tipos de granos se pueden clasificar como granos largos, medio o cortos, según su relación largo/ancho de “grano de arroz elaborado blanco” no quebrado. Las relaciones son mayores a 3:1, 2-2,9:1 y menor a 1,9:1 respectivamente (Decreto N° 544/987, 1987).

Según el Decreto N° 321/988 (1988), las bases de comercialización y de tolerancia de recibo para la compra-venta de arroz son las siguientes:

**Tabla 1**

*Bases de comercialización y tolerancia de recibo para los parámetros de calidad industrial en arroz*

<b>Parámetro</b>	<b>Base de comercialización</b>	<b>Tolerancia de recibo</b>
Basura (%)	0	15
Humedad (%)	13	14,4-25**
Blanco total (%)	70	-
Granos enteros (%)*	58	-
Granos verdes (%)	3	8
Granos rojos (%)	1	5
Granos manchados (%)	0,25	12
Granos yesados (%)	6	18

*Nota.* Elaborado a partir de Decreto N° 321/988 (1988). \*Para la variedad EEA 404 la base es 54%. \*\*Hasta 14,4% se recibe como seco.

### 2.5.6 Calidad culinaria

La calidad culinaria y de consumo hacen referencia a la facilidad de cocción y a características sensoriales, tales como textura, elasticidad, pegajosidad y sensación a la masticación luego de cocido (Paredes et al., 2021). Los parámetros de consumo son difíciles de estandarizar, debido a que dependen de las preferencias de los consumidores (Bao, 2014; Cheng et al., 2005; Tian et al., 2005). La calidad culinaria se ve afectada por las propiedades fisicoquímicas del almidón (Cruz et al., 2021). El almidón es un carbohidrato compuesto por dos polímeros de glucosa, amilosa y amilopectina (Li et al., 2015), que tienen efecto sobre la viscosidad de la pasta, temperatura de gelatinización, consistencia del gel y textura del grano cocido (Bao, 2012). El contenido de amilosa y la temperatura de gelatinización son los factores más comunes que determinan la textura del arroz y las propiedades de procesamiento (Chen et al., 2008). El contenido de amilosa es uno de los más utilizados en el proceso de selección para la calidad culinaria en los programas de mejoramiento del arroz, el mismo influye en la textura y retrogradación de los granos luego de la cocción (Calingacion et al., 2014).

Según el contenido de amilosa, la calidad del grano se puede clasificar en cerosa (0-2%) y no cerosa, esta última se subclasifica en bajo, intermedio y alto, según el contenido sea 12-20 %, 20-25 %, 25-33 % respectivamente (Lu et al., 2009). Las variedades tipo indica se caracterizan por presentar un alto contenido de amilosa, siendo arroces secos, duros y con granos que se separan y endurecen fácilmente luego de la cocción (Juliano, 1971). Las variedades tipo japónica presentan bajo a intermedio contenido de amilosa, granos más blandos, mayor cohesión, más pegajosos y cremosos (Biselli et al., 2014; Fasahat et al., 2014). Las variedades intermedias de amilosa son

blandas pero no pegajosas (Juliano, 1971). La síntesis de amilosa en el endospermo está catalizada por la enzima denominada almidón sintasa unida a gránulos (GBSS) la cual es codificada por el gen Ceroso ( $Wx$ ), que se localiza en el cromosoma 6 (Chen et al., 2008). Dos alelos del gen Ceroso,  $Wx^a$  y  $Wx^b$ , se han asociado tradicionalmente al contenido de la transcripción de la enzima GBSS y al contenido de amilosa en el endospermo del arroz, siendo el alelo  $Wx^a$  el que culmina sintetizando mayor cantidad (Chen et al., 2008). También se cree que tanto otros genes menores como el medio ambiente también tienen efecto sobre el contenido de amilosa del arroz (Bao et al., 2004).

La temperatura de gelatinización refleja el tiempo y la energía requerida para la cocción del arroz (Bao, 2014; Tian et al., 2005). La temperatura de gelatinización es a la cual se funde la parte cristalina de la estructura de la amilopectina. Este almidón característico se asocia con la proporción de amilopectinas de cadenas cortas A y B1, que está controlada principalmente por la enzima almidón sintasa IIa (SSIIa) (Umemoto et al., 2004; Umemoto & Aoki, 2005) que es codificada por el gen *alk* (alkali degeneration locus) (He et al., 2006; Umemoto et al., 2002; Wang & Shu, 2007). El grado de dispersión de los granos en una solución alcalina de hidróxido de potasio al 1,7% (KOH) está correlacionada con la temperatura de gelatinización (Graham, 2002), donde el mayor grado de dispersión está asociado a una menor temperatura de gelatinización (Pang et al., 2016; Tian et al., 2005). La temperatura de gelatinización se correlaciona positivamente con la cantidad de tiempo necesario para cocinar el arroz (Waters et al., 2006). La temperatura de gelatinización varía entre 55 y 85°C (Tian et al., 2005). Los cultivares de arroz con temperatura de gelatinización alta requieren más agua y tiempo de cocción que aquellos con temperaturas de gelatinización bajas o intermedias. Se desea una temperatura de gelatinización intermedia para cultivares de arroz de alta calidad (Pang et al., 2016).

Las variables contenido de amilosa y temperatura de gelatinización por sí solas no explican toda la variación de la calidad culinaria. Las propiedades del almidón medidas con un viscosímetro, RVA por su sigla en inglés "Rapid Visco-Analyser", también son factores importantes que afectan el consumo y la calidad culinaria (Balet et al., 2019; Pang et al., 2016). El RVA simula el proceso de cocción y establece la facilidad de ruptura de los gránulos de almidón hinchados (Bao, 2014). Los perfiles de viscosidad del arroz pueden establecer la capacidad de gelatinización del almidón y textura, lo que aumenta la rigidez del grano después de la cocción (Cozzolino, 2016; Yan et al., 2005). Las variables de viscosidad de ruptura, BDv por su sigla en inglés "breakdown", y la viscosidad de retroceso, SBv por su sigla en inglés "setback" son propiedades reológicas medidas con RVA, asociadas con la blandura del almidón y la calidad de cocción que

se utilizan como parámetros de calidad del grano. La variable BDv define la capacidad de absorción de agua durante la cocción (Bao et al., 2000; Pang et al., 2016). La variable SBv se define como la diferencia entre la viscosidad final y la viscosidad máxima del almidón luego de enfriarse. El arroz de buena calidad debe de presentar valores de BDv alto y SBv bajo (Yan et al., 2005). Esta información resulta complementaria al contenido de amilosa, ya que se relaciona directamente con la calidad de la cocción y con la calidad sensorial del arroz (Paredes et al., 2021). La textura y la soltura del arroz se correlacionan fuertemente con BDv y SBv (Pang et al., 2016). El estudio de asociación del genoma completo (GWAS) realizado sobre variedades indicas detectó seis QTL en los cromosomas 6, 7 y 11 asociados con BDv y SBv (Xu et al., 2016). Recientemente se ha demostrado que la estructura de la molécula del almidón se asocia también a la textura (dureza y glutinosidad) del grano cocido, más allá del contenido de amilosa. Siendo de esta manera que las variedades de arroz que poseen menores pesos moleculares de amilosa y mayores proporciones de cadenas largas de amilosa, tienen una textura más dura luego de la cocción que aquellas que presentan mayores pesos moleculares de amilosa y mayores proporciones de cadenas cortas (Li et al., 2017). La glutinosidad del arroz cocido se asocia a la amilopectina (Li et al., 2017). Una variedad glutinosa libera al agua más amilopectinas de cadenas cortas y mayor peso molecular (Li et al., 2016).

## 2.6 DESARROLLO Y ECOFISIOLOGÍA DE LA PLANTA DE ARROZ

### 2.6.1 Fase vegetativa

La fase vegetativa abarca desde la germinación hasta el comienzo de la diferenciación del primordio floral.

#### 2.6.1.1 Emergencia

La semilla comienza a germinar cuando desaparece la latencia, al exponerse a las condiciones de temperatura y humedad requeridas (10-40 °C y humedad de 30% del peso) (Chebataroff, 2012). Dos estructuras crecen en el embrión, la radícula y el coleoptile, este último es la cubierta que protege a la primera hoja. Cuando estas estructuras atraviesan la cubierta de la semilla es cuando se da la germinación propiamente dicha (Gamarra, 1996). El último autor menciona que posteriormente, estas estructuras continúan su crecimiento. Por su parte, el coleoptile necesita encontrar luz, y para facilitar esto es que aparece del embrión otra estructura denominada mesocotilo. Una vez que el coleoptile alcanza la luz, detiene su crecimiento y es cuando se considera que la planta emergió. El autor también define que la fecha de emergencia es cuando el 50% de las plántulas de una chacra tienen la primera hoja sobre la superficie del suelo y esta se vuelve verde (Gamarra, 1996).

### 2.6.1.2 Etapa de plántula

Gamarra (1996) explica que en este estado la planta usa las reservas del endosperma de la semilla hasta el desarrollo de 3 hojas, siendo la primera hoja no típica, por lo que el conteo de hojas completas comienza luego de ésta y, que la disposición de las hojas en el tallo se da de forma opuesta y alternas. El autor describe que el sistema radicular primario se conforma por la radícula principalmente y otras raíces que se originan del embrión, siendo su función suministrar nutrientes y agua específicamente a en el estado de plántula, por lo que se considera temporal. Además explica que el sistema radicular secundario se desarrolla a partir de la base del coleoptile y tiene la función de proveer nutrientes y agua en las etapas siguientes, razón por la cual se considera permanente.

### 2.6.1.3 Macollaje

La planta comienza a macollar cuando aparece la cuarta o quinta hoja (Chebataroff, 2012). Los macollos aparecen desde el interior de la vaina de las hojas completas, en la base de la planta. De esta manera, cada macollo se corresponde con la vaina de una hoja (Gamarra, 1996). El número de macollos/planta depende de características genotípicas y de manejo de la planta (Chebataroff, 2012). Según Gamarra (1996), el desarrollo de los macollos se da de igual manera que el del tallo principal, y al finalizar, los mismos se independizan de la planta madre; siempre están compuestos por menos hojas, alcanzan menor altura y la madurez es más tardía. Además menciona que el máximo número de hojas vivas maduras por planta es de 5-6 hojas.

Durante esta etapa se genera la distinción de la zona de corona, que es la zona de unión entre el tallo y las raíces, y es donde se originan los nudos. A su vez, en esta etapa se determina uno de los componentes del rendimiento, el número de panojas/hectárea (Gamarra, 1996).

## 2.6.2 Fase reproductiva

La fase reproductiva abarca desde el final de la fase vegetativa hasta la polinización de las flores.

En esta fase se determina otro de los componentes del rendimiento, el número de granos/panoja (Gamarra, 1996).

### 2.6.2.1 Alargamiento de entrenudos

Los nudos de la corona, al separarse por encima de la misma, dan lugar a la formación de entrenudos. Cuando se diferencia completamente el primero, el estado de la planta se denomina “primer entrenudo” y cuando lo hace el último, generalmente el quinto o el sexto, es cuando se determina el largo del tallo y la altura de la planta. La

longitud de estos entrenudos depende de la variedad y del manejo (Gamarra, 1996). El mismo autor indica que durante esta etapa las raíces maximizan su crecimiento, se detiene el macollaje e incluso mueren algunos macollos, y que una vez culminada, la aparición de hojas nuevas se da desde los nudos del tallo. La hoja bandera es la última hoja que se forma desde estos nudos.

#### 2.6.2.2 Diferenciación del primordio floral

El primordio floral se hace visible aproximadamente a los 2 mm de su desarrollo dentro del tallo principal, luego de la formación de entrenudos (Gamarra, 1996). Según Chebataroff (2012), un indicador para el comienzo de esta etapa es el alargamiento del entrenudo basal del tallo, de color verde (green ring), que está determinado por la acumulación térmica y depende del ciclo de las variedades. También menciona que durante esta etapa comienza a desarrollarse la hoja bandera.

Según Gamarra (1996), en este momento las condiciones ambientales y de manejo son muy importantes para la determinación del rendimiento a alcanzar. El autor considera que uno de los aspectos fundamentales a tener en cuenta en esta etapa es la elección del modo de acción de los herbicidas que se puedan implementar y hace énfasis en el daño irreversible de los herbicidas hormonales. También menciona que mantener el cultivo inundado con una lámina de agua entre 10-15 cm es crucial para moderar las temperaturas, ya que los fríos pueden causar esterilidad. Según el autor, las temperaturas óptimas en esta etapa rondan los 25 °C, y la radiación solar comienza en esta etapa a ser un factor crítico en el ciclo de la planta incluso hasta la fase de grano pastoso.

Chebataroff y Píriz (1990) como se cita en Chebataroff (2012) analizaron datos de cuatro zafra donde la radiación era decreciente en el período crítico, y concluyeron que por cada 1% de reducción de la radiación solar, el rendimiento disminuye 0,78 % (Blue Belle).

Según Fageria (1984), en esta etapa son eficientes las aplicaciones nitrogenadas debido al desarrollo radicular, que favorece la absorción, lo que resulta en el incremento de área foliar activa, incidiendo positivamente en el número de granos por espiga y en su peso. Sin embargo, el autor destaca que, si las aplicaciones son excesivas o no van acompañadas de condiciones climáticas favorables, el efecto podría ser negativo.

#### 2.6.2.3 Desarrollo de la panícula

Esta etapa comúnmente se conoce como “embarrigado” y va desde la diferenciación del primordio hasta el comienzo de la floración. Durante esta etapa la planta es muy vulnerable a las condiciones climáticas adversas (Gamarra, 1996).



En este momento es cuando se forma el polen. Como indicador de la media de este período se mide la distancia entre las dos lígulas superiores de un tallo (lígula de la hoja bandera respecto a la lígula de la segunda hoja), siendo indicadores distancias entre 0 a +5 cm (Tinarelli, 1988). Según este último autor, el período crítico abarca desde -5 cm a +5 cm de la lígula de la hoja bandera respecto a la segunda hoja. Chebataroff (2012) menciona que en esta etapa la planta es muy sensible a las temperaturas medias diarias menores a 17°C debido a que provocan esterilidad de los granos, según el origen genético de la variedad, y que las variedades japónicas son más tolerantes que las índicas, las cuales se ven más perjudicadas cuando los fríos ocurren durante tres días consecutivos o más.

Lin y Petersen (1972) como se cita en Chebataroff (2012), afirman que la esterilidad de los granos se relaciona con la esterilidad del polen, siendo la causa de esa esterilidad inducida por bajas temperaturas la hipertrofia de las células madres del polen. Además sugieren que esta situación se agrava con exceso de nitrógeno en la planta.

#### 2.6.2.4 Floración

La antesis ocurre conforme emerge la panoja a través de la vaina de la hoja bandera y la misma se hace visible. Esto ocurre debido al alargamiento de los entrenudos superiores (Gamarra, 1996). Este período tiene una duración de 7 a 10 días. Simultáneamente con la apertura lema y pálea, o inmediatamente posterior, ocurre la polinización (Chebataroff, 2012). En este momento se hacen notorias las anteras en las flores abiertas (Gamarra, 1996). Existe aproximadamente un 3% de cruzamientos, pese a ser una planta autógena, debido a la duración de la floración, que está estrechamente relacionada con las condiciones climáticas, y a la proximidad de las plantas. Tanto las bajas como las altas temperaturas pueden esterilizar al polen de diferentes maneras (Yoshida, 1981). Las temperaturas óptimas de fecundación son de 30-33 °C, con máxima de 35 °C y mínima de 22 °C (Chebataroff, 2012).

En esta etapa se determina el segundo componente del rendimiento, el número de granos/panoja debido a que este componente depende del número de flores producidas y del número de flores polinizadas (Chebataroff, 2012).

Una consideración que se debe de tener en cuenta en esta etapa es que la base de la panoja y el entrenudo superior se encuentran susceptibles a las condiciones adversas, especialmente a *Pyricularia oryzae* (Gamarra, 1996).

#### 2.6.3 Fase de maduración

La fase de maduración abarca desde el llenado de granos hasta la maduración de los mismos. Tiene una duración de 40-50 días en nuestras condiciones climáticas y

las temperaturas óptimas se ubican entre 20 y 22 °C, temperaturas que permiten una alta calidad de los granos (Chebataroff, 2012).

En esta fase se determina el último componente del rendimiento, el peso de los granos (Gamarra, 1996).

#### 2.6.3.1 Etapa de llenado de granos

Luego de la fecundación de la flor se inicia el desarrollo del grano: se desarrolla el ovario, aparecen granos de almidón en el endosperma, comienza la diferenciación del embrión y sus componentes, y los carbohidratos producidos por la alta actividad fotosintética de las tres hojas superiores son translocados hacia el grano (Gamarra, 1996). El autor describe la apariencia del grano al comienzo de esta etapa como “grano lechoso”, debido al aspecto del líquido dentro de él, y luego, en la medida que pierde humedad, lo describe como “grano pastoso”. Además, el autor indica que tanto las condiciones de baja luminosidad en esta etapa, debido a que reducen la síntesis de carbohidratos, como la presencia de enfermedades, son causantes de la brecha de rendimiento entre el potencial y el alcanzable, ya que reducen el tamaño de los granos, por ende afectan al peso, y en algunos casos incluso, los granos quedan chuzos.

El llenado se completa primero en el extremo superior de la panoja, por lo que los granos de ese tercio son más grandes y más pesados, siendo los responsables de que la panoja se doble hacia abajo (Gamarra, 1996).

En esta etapa, las temperaturas críticas rondan los 12 y 18 °C y la máxima es de 30 °C. Temperaturas superiores a esta última afectan la calidad del grano, debido a que fomentan el porcentaje de yesado (Chebataroff, 2012).

#### 2.6.3.2 Etapa de maduración

La madurez fisiológica se alcanza cuando el grano tiene 25-26 % de humedad (Chebataroff, 2012). En este momento se detienen los procesos fisiológicos asociados al llenado de grano. Posteriormente, en la medida que el grano pierde humedad se endurece y se torna traslúcido. Una vez que la humedad descendió a 18-20 %, es cuando está pronto para ser cosechado (Gamarra, 1996).

Existe una metodología que permite predecir la fecha esperada de eventos fenológicos para algunas variedades comerciales a partir de la fecha emergencia y de la acumulación de temperatura por encima de 10 °C, considerando la temperatura media como el promedio de temperatura media por día del período 1973/74-2020/21 y la acumulación térmica para cada variedad (Oxley & Roel, 2022).

## 2.7 CARACTERÍSTICAS GENOTÍPICAS

En el arroz asiático (*Oryza sativa* L.) podemos identificar dos subespecies principales, índica y japónica y cinco grupos de arroz: japónica tropical, japónica

templado, aromática, indica y aus (Civán et al., 2015; Garris et al., 2005; Zhao, 2010). Estas subespecies se distinguen por sus características morfológicas, hábitats/ecosistemas, distribución geográfica, cultura de cultivo, entre otros (Kim et al., 2016; Wang et al., 2014).

**Tabla 2**

*Características agronómicas que diferencian el arroz tipo indica y japónica*

<b>Características</b>	<b>Indica</b>	<b>Japónica</b>
Resistencia al frío en el estado de plántula	Bajo	Alto
Resistencia a la sequía en el estado de plántula	Alto	Bajo
Resistencia a la tendadura (variedades no mejoradas)	Bajo	Alto
Respuesta en el rendimiento a aplicaciones de nitrógeno (variedades no mejoradas)	Bajo	Alto
Absorción de nitrógeno en el estado de plántula	Alto	Bajo
Habilidad competitiva de la planta	Alto	Bajo
Temperatura mínima para germinar	Alta	Baja
Respuesta de la temperatura al estado de germinación y velocidad de crecimiento	Alta	Baja
Longevidad de la semilla en almacenaje	Larga	Corta

*Nota.* Extraída de Oka (1988).

### 2.7.1 Subespecie japónica

Huang et al. (2012), Kim et al. (2016), Molina et al. (2011) y Wang et al. (2014) señalan que la especie silvestre que dio origen a esta subespecie fue *Oryza rufipogon*. Esta subespecie predomina en regiones de latitudes altas, con temperaturas relativamente más frescas (Kovach et al., 2007; Vaughan et al., 2008).

**Tabla 3**

*Características diferenciales entre el arroz japónica tropical y japónica templada*

<b>Características</b>	<b>Japónica tropical</b>	<b>Japónica templada</b>
Primer largo del entrenudo (mesocótilo), crecimiento en la oscuridad	Largo	Corto
Digestión del endosperma en KOH	Fácil	Difícil
Relación largo/ancho de la espiguilla	Grande	Pequeño
Largo del tallo	Largo	Corto
Largo de la panícula	Larga	Corta
Panículas por planta	Pocas	Muchas
Diámetro del tallo	Grueso	Delgado
Hoja bandera	Larga, ancha	Corta, delgada
Período vegetativo	Largo	Corto
Largo de la segunda hoja	Larga	Corta

*Nota.* Extraído de Oka (1988).

El grupo de japónicas tropicales se adapta más a temperaturas más elevadas que el grupo de japónicas templadas (Garris et al., 2005; Wang et al., 2014).

Las japónicas tropicales se caracterizan por presentar el grano largo, con alto contenido de amilosa (20-25 %), escaso macollaje y hojas lisas. Las japónicas templadas se caracterizan por presentar grano medio y corto, con bajo contenido de amilosa (10-20 %). En lo que respecta a las características culinarias, tiene aspecto húmedo y pegajoso en la cocción. Estas subespecies japónicas son típicas de las variedades de Estados Unidos de grano largo y de grano corto y medio respectivamente (Hardke, 2018).

### 2.7.2 Subespecie índica

Varios autores señalan que la especie silvestre que dio origen a esta subespecie fue *Oryza nivara* (Huang et al., 2012; Kim et al., 2016; Molina et al., 2011; Wang et al., 2014). Otros autores señalan que *Oryza rufipogon* les dio el origen a ambas subespecies, derivando cada una de diferentes poblaciones (Cheng et al., 2003; Kim et al., 2016; Li et al., 2006; Zhu et al., 2007).

Esta subespecie predomina en regiones de latitudes bajas, como los trópicos y subtrópicos (Kovach et al., 2007; Vaughan et al., 2008). Presenta un tallo largo y grueso, la floración es tardía, las panojas son largas y con abundantes espiguillas por panoja (Wang et al., 2023). Esto explica en parte los mayores rendimientos de las subespecies índicas respecto a las japónicas (Shin et al., 2020). Además de las características ya mencionadas, el grano es largo, con alto contenido de amilosa, abundante macollaje, hojas pubescentes, y en lo que respecta a las características culinarias, tiene aspecto seco, suelto y esponjoso en la cocción (Hardke, 2018).

### 2.7.3 Cultivares clearfield

El arroz Clearfield (CL) es un organismo no transgénico perteneciente a la compañía BASF. Esta tecnología fue desarrollada inicialmente por el Dr. Tim Croughan en la Estación de Investigación en Arroz de la Universidad Estatal de Louisiana (Chebataroff, 2012).

Los cultivares con esta tecnología son cultivares con resistencia a herbicidas imidazolinonas que se han desarrollado por mutaciones inducidas, al exponer semillas de arroz a metanosulfonato de etilo (MSE), lo que resulta en la sustitución de una base por otra en diferentes posiciones de la secuencia nucleotídica del gen que codifica la enzima acetolactato sintasa (ALS), lo que determina a su vez distintas sustituciones de aminoácidos en la enzima ALS (Rosas et al., 2014).

Las imidazolinonas son herbicidas que se absorben tanto vía foliar como radicular, son traslocados por xilema y floema y se almacenan en los puntos de crecimiento. Desde ahí, llegan al tejido intervascular y penetran en células del parénquima. La enzima ALS tiene la función en el cloroplasto de que a partir de precursores como el piruvato, el 2-ketobutirato y el acetil CoA, y mediante vías metabólicas que comparten como primer paso la acción de la ALS, se produce la síntesis de valina, isoleucina y leucina. Cuando las imidazolinonas se unen a la ALS, causan inhibición de su actividad, lo que resulta en el agotamiento de las reservas de aminoácidos de cadenas ramificadas como la valina, isoleucina y leucina, lo que detiene el crecimiento celular (Duggleby et al., 2008). La ALS vegetal está formada por una subunidad reguladora que es sensible a la presencia de aminoácidos ramificados. Estos herbicidas actúan bloqueando el canal de acceso al sustrato sobre el que opera la enzima. Mediante mutagénesis inducida, se han identificado cinco sitios específicos de unión de herbicidas en la ALS, cuyas secuencias de aminoácidos se conservan a lo largo del tiempo. Estos sitios son A, C y D en el dominio alfa, B en el dominio delta y E en el extremo C-terminal de la secuencia de aminoácidos (Shivrain et al., 2010).

#### 2.7.3.1 Gurí INTA CL

El cultivar GURI INTA CL, liberado en 2011 por el INTA Concepción del Uruguay, es el resultado del cruzamiento entre Camba INTA Proarroz y Puita INTA CL. Es un tipo de arroz de grano largo-fino, perteneciente a la subespecie índica y además presenta resistencia a los herbicidas imidazolinonas. Se destaca por la alta productividad y calidad de grano (Fundación Proarroz, 2011).

En cuanto a las características agronómicas, se caracteriza por ser una planta semi-enana, con un alto vigor inicial, altamente macolladora y presenta buena

resistencia al vuelco. El largo de ciclo desde la siembra hasta 50% de floración es intermedio (95 días aproximadamente). Tiene un potencial de rendimiento de 220 bl/ha (11 t/ha). Por su parte, es moderadamente susceptible a la enfermedad Brusone (Fundación Proarroz, 2011).

Abarca el 22% del área sembrada de arroz en el país, ubicándose como el cultivar Clearfield más sembrado (Almeida & Bica, 2023).

#### 2.7.4 Híbridos

El arroz híbrido surge como una alternativa para incrementar el rendimiento en grano del cultivo que en las variedades aparentemente ha llegado a una meseta (Peng et al., 1999). Estos autores mencionan que el aumento en el rendimiento observado en los híbridos de arroz se atribuye a la heterosis, que se refiere a la superioridad de las plantas descendientes de variedades endogámicas en comparación con ambos progenitores. Esta ventaja se refleja en características como mayor rendimiento, mayor tamaño de panícula, mayor cantidad de granos por panícula, más tallos fértiles, tolerancia al estrés, entre otros aspectos (Molina & Blanco, 2018). Las hipótesis clásicas que explican este fenómeno son: la dominancia, el vigor híbrido surge cuando los alelos favorables de ambos progenitores endogámicos actúan de manera complementaria múltiples loci, superando los alelos desfavorables correspondientes (Jones, 1926 como se cita en Molina & Blanco, 2018); la sobredominancia, que sostiene que los híbridos heterocigotos (Aa) son superiores en uno o más loci en comparación con cualquiera de los homocigotos parentales (AA o aa) (Goff & Zhang, 2013); y la epístasis, que es la interacción entre y dentro de locis de alelos favorables, provenientes de ambos progenitores, donde cada gen puede manifestarse con efectos aditivos, dominantes o sobredominantes (Cao & Zhan, 2014).

Molina y Blanco (2018) explican que, como la planta de arroz se autopoliniza o autofecunda, para la producción de híbridos se utilizan generalmente líneas machoestériles. Los autores mencionan que los dos sistemas principales para la reproducción híbrida son un sistema de tres líneas o, un sistema de dos líneas (PTGMS). El primero utiliza una línea con machoesterilidad citoplasmática (CMS), una restauradora y otra mantenedora CMS. El segundo depende de la sensibilidad al fotoperíodo y la temperatura para alternar entre roles de producción y mantenimiento. Yuan (1990), como se cita en Molina y Blanco (2018) comenta que la misma línea actúa como productora de semilla híbrida en condiciones de días largos o cuando la temperatura está por encima de 28 °C o, como mantenedora, en condiciones de días cortos o cuando la temperatura está por debajo de 23 °C.

En Uruguay, el cultivar primer híbrido comercial de alto rendimiento fue Avaxi de RiceTec, en sus versiones convencional y Clearfield, pero tuvo poca prosperidad debido a problemas de calidad y vuelco. Posteriormente, la misma empresa introdujo Inov e Inov CL, cultivares con menor rendimiento que Avaxi pero con calidad industrial y culinaria aceptable para el mercado local y regional. Otro híbrido sembrado en el país es XP113 FP. En los últimos años, el área sembrada con híbridos ha disminuido, posiblemente a causa de los altos costos de producción, el buen rendimiento de las variedades convencionales y algunas diferencias en calidad (Molina & Blanco, 2018).

## 2.8 FACTORES QUE AFECTAN EL CULTIVO DE ARROZ

### 2.8.1 Topografía

El arroz necesita tierras de topografía planas que minimicen la cantidad de taipas a construir y faciliten el riego. Asimismo, una ligera pendiente es importante para un drenaje eficiente, siendo óptimas pendientes entre 0,5 y 1%. Sin embargo, en algunas zonas del país se utilizan áreas con pendientes más pronunciadas, las cuales aprovechan la ventaja de un drenaje más eficiente y permiten un riego continuo y una cosecha aceptable gracias al uso de taipas modernas (bajas, redondas y de base ancha). A pesar de estas ventajas, estas áreas presentan limitaciones como desuniformidad de la lámina de agua, mayor consumo de la misma durante el riego, dificultades en el control de malezas, menor rendimiento, desafíos en la cosecha y mayor riesgo de erosión del suelo (Gamarra, 1996).

### 2.8.2 Suelo

Debido a que el arroz es una planta semiacuática, requiere de suelos que estén inundados durante la mayor parte de su ciclo, lo que es crucial para obtener buenos rendimientos. Los suelos deben retener el agua de manera efectiva, lo que se logra mejor con la presencia de un horizonte arcilloso subsuperficial que permita una lenta percolación del agua. Por otra parte, este factor dificulta la preparación de suelos y el drenaje, razón por la que se recomienda acondicionarlos mediante sistematización que debe incluir canales, desgotes, nivelación del suelo y caminos. (Gamarra, 1996).

En lo que respecta al pH, entre 5 y 7,5 es un rango que permite el crecimiento normal del cultivo, ya que la disponibilidad de nutrientes es óptima y se evita la acumulación de iones problemáticos como el sodio en suelos alcalinos o el hierro, manganeso y aluminio en suelos ácidos. La aplicación de fertilizantes nitrogenados amoniacales, como la urea, pueden acidificar el suelo, por lo que es necesario monitorear y ajustar el pH según sea necesario, por lo que pueden requerir la aplicación de carbonato de calcio. Los suelos con un pH alto debido a carbonatos o sodio en

exceso, conocidos como “blaqueales”, pueden ser problemáticos para el crecimiento de las plantas debido a la reducción de la disponibilidad de nutrientes esenciales como el hierro o el zinc. Además, altas concentraciones de sodio pueden afectar negativamente la estructura del suelo, lo que dificulta la preparación y el manejo del mismo (Gamarra, 1996).

En la zona Este de Uruguay, donde se encuentra la mayor parte de la producción de arroz, los suelos predominantes son los Planosoles y Solods. En algunas áreas pueden estar asociados a Brunosoles, Solonetz y Solonetz solodizados. En áreas deprimidas se pueden encontrar Gleysoles, mientras que en los bordes de las principales vías de drenaje se encuentran los Fluvisoles. Estos suelos, retienen exceso de agua en invierno debido a su horizonte impermeable, pero sufren de sequía en verano debido a su horizonte superficial poco profundo. Son suelos difíciles de trabajar, especialmente los más pesados, ya que pasan rápidamente de estar saturados a quedar secos y compactados cuando mejora el clima. Un manejo recomendado es el laboreo de verano, cuando el suelo está en mejores condiciones, permite una preparación adecuada y facilita la siembra en el momento óptimo (Gamarra, 1996).

### 2.8.3 Fecha de siembra

La época óptima de siembra para la zona Este es entre el 15 de octubre y el 15 de noviembre. Durante este período, las variedades pueden interactuar con el clima y expresar su máximo potencial genético. Sin embargo, existen factores climáticos que lo afectan, como la dificultad de la implantación temprana debido a la preparación de suelos y las bajas temperaturas del mismo, así como la incidencia de fríos durante la floración. El objetivo principal de la época de siembra es lograr una buena población de plantas y una emergencia que permita la floración entre la última quincena de enero y la primera de febrero (Gamarra, 1996).

Según Deambrosi et al. (1997), lo ideal es hacer coincidir la floración de los cultivos con el período de mayor disponibilidad de luz, que en el Este se da en la primera década de enero. Los autores afirman que la producción de arroz en el país se ve limitada por la ocurrencia de fríos y la falta de radiación solar durante la etapa reproductiva y de llenado de grano, y que la magnitud de estos factores y su impacto en el rendimiento dependen de la época de siembra y del tipo de cultivar utilizado. Los mismos autores han evaluado la época de siembra necesaria para que el arroz comience su floración antes del 10 de febrero, ya que posteriormente a esta fecha hay una notable reducción en la disponibilidad diaria de horas de sol, según registros históricos. Los autores también mencionan que en la zona Este y Centro del país,



generalmente no se dan las condiciones adecuadas para la siembra antes del 20 de septiembre, y que, en siembras muy tempranas, la emergencia puede retrasarse, lo que expone la semilla a diversos factores que pueden afectar su viabilidad. Sin embargo, los autores destacan que en la zona Norte, donde las temperaturas son más altas y el ambiente es más propicio, las siembras tempranas son una posibilidad. Los autores concluyen que adelantar la fecha de siembra permite aprovechar mejor la luminosidad disponible en la zona Este.

Para una determinada variedad, la época de siembra adecuada se calcula posicionando la floración en la época deseada. Luego, considerando los días necesarios para alcanzar las sumas térmicas, se determina retroactivamente la fecha de siembra (Deambrosi et al., 1997).

#### 2.8.4 Riego

En Uruguay, el cultivo de arroz es completamente dependiente de riego y constituye el mayor usuario de agua (Blanco & Roel, 1993). Durante años, la cuenca de la Laguna Merín ha sido el epicentro de la producción arrocería debido a su abundante fuente de agua y suelos idóneos. Sin embargo, en los últimos tiempos, otras áreas se han sumado al cultivo, principalmente gracias a la proliferación de represas de agua en diversas regiones del país. En general, cuando las fuentes de agua son ríos, arroyos o lagunas, el riego es por bombeo (levantes a combustible o eléctricos) y cuando lo son represas o embalses, el riego es por gravedad (Gamarra, 1996).

Blanco y Roel (1993) destacan la importancia de nivelar el suelo y construir las taipas para facilitar el riego. Los autores también mencionan que en la mayoría de los casos el arroz se siembra sobre el suelo seco y cuando las plantas alcanzan unos 40 cm de altura, se lleva a cabo la inundación, que consiste en saturar al suelo con una lámina de agua que cubra aproximadamente 10 cm de la base de las plantas, lo que mejora la disponibilidad de nutrientes y regula la temperatura. Esta condición se mantiene hasta la cosecha o se retira 15-20 días antes para realizar cosecha en seco. Los mismos autores afirman que el momento óptimo de inundación varía según los cultivares y que la altura del agua no influye en el rendimiento siempre y cuando el suelo esté saturado. Sin embargo, destacan que inundaciones superiores a los 20 cm pueden afectar al cultivo y aumentan el consumo de agua. También mencionan que reducir el nivel del agua después de los 20 días posteriores a la floración no afecta la cosecha y facilita el secado del suelo para el paso de maquinaria. Los autores concluyen que si bien durante la etapa reproductiva el cultivo requiere un buen suministro de agua, en otras etapas se puede disminuir o eliminar el riego sin afectar el rendimiento, aunque esto depende de las variedades, ya que pueden responder de maneras diferentes.

El consumo de agua se estima entre 1,5 y 2 l/s/ha, por lo que si se utiliza una lámina de 10 cm de agua durante 100 días que aproximadamente dura la inundación, el consumo total sería de 15.000 m<sup>3</sup>/ha. Esto se ve afectado por las precipitaciones, las cuales pueden determinar un consumo de agua real menor (Gamarra, 1996).

A pesar de que el país es rico en recursos hídricos, tanto en calidad como en cantidad, el agua se ha convertido en un factor limitante para la expansión del cultivo de arroz en la actualidad. Esta situación ha impulsado la priorización del uso eficiente del agua (Cantou & Roel, 2010). Según Carracelas et al. (2019) se han desarrollado métodos alternativos de riego que, al mantener el suelo continuamente saturado, logran conservar el agua sin comprometer el rendimiento ni la calidad del grano. Esto significa que se puede ser más eficiente en el uso del agua, lo que indirectamente en algunos casos es un beneficio económico, debido a que permite la reducción de costos de riego. Estos últimos autores señalan que el éxito depende de restablecer rápidamente la lámina de agua y garantizar una distribución uniforme del riego.

#### 2.8.5 Temperatura

La temperatura afecta el crecimiento y el desarrollo de la planta de arroz. La temperatura óptima para el proceso de germinación está entre 25 y 30 °C (Chebataroff, 1993).

Durante el período reproductivo, las bajas temperaturas pueden afectar significativamente los rendimientos, específicamente en la zona Este del país son la causa de la inestabilidad del rendimiento (Blanco et al., 1993). Temperaturas por debajo de los 15 °C afectan negativamente el proceso de meiosis y la formación de granos de polen (Gamarra, 1996). Este período de máxima susceptibilidad ocurre aproximadamente ocho días antes del comienzo de la floración (Chebataroff, 2012). En enero y las primeras semanas de febrero, existe alrededor de un 20% de probabilidad de que las temperaturas mínimas promedio sean menor a esa temperatura, lo que podría causar esterilidad en el cultivo. Hacia fines de febrero y principios de marzo, esta probabilidad asciende al 30% (Blanco et al., 1993).

Las variedades de arroz muestran diferentes grados de resistencia o tolerancia al frío, lo que destaca la importancia de contar con variedades tolerantes, especialmente en siembras tardías (Blanco et al., 1993).

En contraparte, temperaturas en antesis superiores a los 38-40 °C también causan esterilidad debido a que pueden desecar los granos de polen (Chebataroff, 2012).

### 2.8.6 Radiación solar

Según Stansel (1975) como se cita en Chebataroff (2012), el período de máximo requerimiento de luz se extiende desde la diferenciación panicular hasta diez días antes de la madurez.

La disponibilidad de luz en la zona Este es mayor desde mediados de diciembre hasta fines de enero, posteriormente esta disponibilidad disminuye significativamente. Como ya se mencionó anteriormente, es deseable que esta situación coincida con la floración y ello depende de la fecha de siembra y del cultivar utilizado (Deambrosi et al., 1997).

Las mayores producciones a nivel mundial se registran en zonas de clima templado con baja nubosidad, días prolongados y noches frescas, lo que favorece el balance entre la fotosíntesis y la respiración y además prolonga la fase de llenado de granos (Chebataroff, 2012).

Gamarra (1996) considera que, en Uruguay, la radiación solar no está determinada tanto por la ubicación geográfica, sino por las condiciones climáticas dadas en cada región.

### 2.8.7 Requerimientos nutricionales

Investigadores japoneses citados por Atanasiu y Samy (1985), afirman que por cada tonelada de arroz cáscara se produce una extracción de 18,4 kg de nitrógeno (N), 3,8 kg de fósforo (P) y 21,9 kg de potasio (K). Asimismo, las extracciones pueden ser mayores para variedades de alto rendimiento, que en términos de hectárea/año se traducen en 200 kg de N, 50 kg de P y 270 kg de K (Atanasiu & Samy, 1985). Las cantidades de nutrientes que se encuentran en el suelo por lo general no son suficientes para satisfacer estas demandas, por lo que se vuelve necesario recurrir al uso de fertilizantes (Gamarra, 1996).

Gamarra (1996) considera que dada la peculiaridad del cultivo de arroz, en el cual ocurren dos fases en el suelo, primero seco y luego inundado, es relevante entender la dinámica de los nutrientes bajo la inundación del mismo. La inundación causa cambios en sus características físicas, químicas y microbiológicas que impactan en el crecimiento de las plantas, especialmente en la absorción y disponibilidad de nutrientes. El mismo autor explica que el agua sobre el suelo reduce el movimiento de oxígeno, lo que lleva a la formación de tres capas. La primera, superficial, delgada y aeróbica, donde el oxígeno llega por difusión. En esta capa las reacciones son similares a las de los suelos secos y aireados. La segunda, más profunda y espesa, conocida como "capa reducida", que es anaeróbica y sin oxígeno. Esta etapa es crucial, ya que alberga la mayoría de las raíces de las plantas de arroz. Por último, una capa aeróbica.

En la capa reducida, los microorganismos anaeróbicos descomponen la materia orgánica del suelo, utilizando sustancias oxidadas para su respiración, como nitratos, óxidos de manganeso, óxidos de hierros y los sulfatos. Como ya se mencionó anteriormente, el pH tiende a estabilizarse en la neutralidad, lo que nutricionalmente es beneficioso ya que aumenta la asimilabilidad del P, incrementa la tasa de mineralización de la materia orgánica del suelo y disminuye los ácidos orgánicos, también reduce las concentraciones de CO<sub>2</sub>, hierro y aluminio, siendo estos últimos dos nutrientes tóxicos para las plantas de arroz. Asimismo, cambia la dinámica del N estabilizando la forma amonio (NH<sub>4</sub>) y desestabilizando la forma nitrato (NO<sub>3</sub>), aumenta la disponibilidad de P, K, Silicio (Si), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), etc (Gamarra, 1996).

El nitrógeno es considerado el nutriente más importante y la planta lo requiere de manera constante a lo largo del ciclo (Gamarra, 1996). La fuente más importante es el N amoniacal (Méndez & Deambrosi, 2009). Ferres y Piriz (1989) establecieron que, en Uruguay, fraccionar la dosis de urea en tres aplicaciones 20 kg/ha cada una a siembra, macollaje y primordio resultó en mayores rendimientos en grano en comparación con una sola aplicación.

En lo que respecta al fósforo, la aplicación de fertilizantes fosfatados se realiza al momento de la siembra, utilizando fuentes solubles y dosis que oscilan entre 55 y 70 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Castillo, 2013). Estas contribuyen al desarrollo radicular, disminuyendo el riesgo de sequía (Atanasiu & Samy, 1985).

## 2.9 MALEZAS

### 2.9.1 Malezas gramíneas anuales

Desde el punto de vista económico son las malezas más importantes.

El género *Echinochloa*, conocido como “capín”, se compone, entre otras, por tres especies que son las principales malezas del cultivo a nivel mundial. Estas son *Echinochloa crusgalli*, *Echinochloa colona*, *Echinochloa crusgavonis*. En estado vegetativo se diferencian del arroz porque la lígula está ausente (Chebataroff, 2012; Gamarra, 1996). Por su parte, *E. crusgalli* es considerada la principal causante de los bajos rendimientos del cultivo, disminuyéndolo hasta un 80% (Gamarra, 1996). Esto se relaciona con el hecho de que compite con el cultivo durante todo su ciclo (Chebataroff, 2012) y con su gran capacidad de crecimiento y macollaje. Ésta se diferencia de las otras especies del género por la nervadura central color blanco (INIA, 2019). Con respecto a *E. colona*, ésta tiene menor incidencia debido a que presenta menor porte e interfiere con el cultivo mayoritariamente durante la etapa vegetativa debido a su ciclo más corto. Se la puede reconocer por la presencia de bandas transversales de color

rojizo en las hojas y vainas con la base púrpura (Chebataroff, 2012; Gamarra, 1996; INIA, 2019). En cuanto a *E. crusgavonis*, es una planta de mayor porte que puede alcanzar los 2 m. Se diferencia de *E. crusgalli* por la inflorescencia color púrpura con aristas largas y por la altura de los tallos (Chebataroff, 2012; Gamarra, 1996).

*Digitaria sanguinalis*, conocida como “pasto blanco”, se reconoce vegetativamente por las hojas y vainas pilosas y por la presencia de aurículas. La pilosidad dificulta la penetración de los herbicidas, lo que obliga el uso de coadyuvantes. Esta especie germina posteriormente al capín, por lo que en ocasiones escapa a los controles químicos que se realizan para dicha maleza. Además, la semilla es capaz de germinar desde 6 cm de profundidad. Por lo general, es una maleza problemática en el litoral y centro del país, donde las pendientes son mayores y el manejo del agua es más dificultoso. En esos casos puede llegar a formar un “colchón” de hasta 70 cm de altura. Se considera una maleza resistente al calor y a la sequía (Chebataroff, 2012; Gamarra, 1996; INIA, 2019).

*Panicum dichotomiflorum* presenta un comportamiento bienal o perenne en lo que respecta a los órganos de reservas (Chebataroff, 2012; Gamarra, 1996). Se distingue por la presencia de lígula ciliadas y por sus hojas lisas y cerosas. Compite inicialmente con el cultivo debido a su bajo porte. No es capaz de germinar ni emerger debajo del agua (INIA, 2019).

Otra especie que presenta lígula ciliada es *Bracharia platyphylla*, además, se caracteriza por presentar tallos cilíndricos. Aparece puntualmente en chacras en el norte del país (Gamarra, 1996; INIA, 2019).

*Oryza sativa* L, conocida como arroz maleza (arroz rojo o negro) es una planta exótica que tiene la particularidad de pertenecer a la misma especie y género que el arroz cultivado, lo que dificulta su control (Chebataroff, 2012; INIA, 2019). Se caracteriza por ser una planta vigorosa, de gran altura, color verde claro, pubescente, precoz, con tendencia al vuelco y capacidad de desgrane. Los granos tienen un pericarpio rojo, con alto porcentaje de yeso y alta dormancia, lo que permite que permanezcan viables en el suelo durante más de 10 años (INIA, 2019). Se identifican dos tipos de este arroz maleza, el “arroz rojo” debido al color de su pericarpio, con glumas claras color paja, es una planta vigorosa y abierta, con granos de tamaño medio y forma redonda, ásperos y con presencia de aristas. Por otro lado, el “arroz negro” debido al color de las glumas, es una planta de gran porte, con la base de vainas color púrpura. Panojas con pocos granos y aristas largas. La facilidad con la que es capaz de cruzarse con el arroz cultivado permite la aparición de diversos tipos y la mimetización con cultivares

utilizados durante muchos años. Además, ha demostrado adquirir resistencia a los herbicidas, lo que representa un desafío para su control (Chebataroff, 2012; INIA, 2019). Es aquí, donde la tecnología clearfield cobra importancia al ser muy eficiente en el control de arroz rojo (Chebataroff, 2012).

#### 2.9.2 Malezas gramíneas perennes

A este grupo constituye lo que se conoce como “gramas” y son las malezas más difíciles de controlar, luego del capín. Entre ellas se encuentran *Leersia hexandra* y *Luziola peruviana*, ambas conocidas como “gramas finas” que ofrecen forraje de alta calidad. Son problemáticas en las chacras porque invaden aguas poco profundas, tapando los canales, lo que se traduce en costos de limpieza y además son muy competitivas a la siembra (Chebataroff, 2012; INIA, 2019). Dentro del género *Paspalum* se encuentran las especies *Paspalum distichum* y *Paspalum hydrophilum*, conocidas como “pata de gallina” y “grama blanca” respectivamente. También encontramos a *Echinochloa helodes*, que se conoce como “capín azul” y a *Cynodon dactylon*, conocido como “gramilla”, este último, si bien no prospera en suelos inundados, dificulta el laboreo, nivelación y siembra, además de competir con el cultivo durante las primeras etapas (Chebataroff, 2012; INIA, 2019).

#### 2.9.3 Malezas dicotiledóneas

*Alternanthera philoxeroides*, conocida como “gambarusa” es una planta hidrófila, que se caracteriza por presentar tallos rojizos, con hojas opuestas, lanceoladas, glabras y cerosas. El hábito de crecimiento es rizomatoso, con porte erecto o postrado según las condiciones de agua en el suelo (Chebataroff, 2012; INIA, 2019).

*Poligonum punctatum*, conocida como “yerba del bicho” es una maleza común en los canales y drenajes de la chacra (Chebataroff, 2012).

*Sagittaria montevidensis*, conocida como “camalote” o “achira”, es una maleza acuática y emergente que invade canales y desgotes (Chebataroff, 2012; INIA, 2019).

También, otras como *Ludwigia peploides*, *Aeschynomene rudis* y *Portulaca oleracea* (Chebataroff, 2012; INIA, 2019).

#### 2.9.4 Malezas ciperáceas

Dentro de esta familia, el género *Cyperus* es el más común en las chacras de arroz. Estas malezas se reconocen vegetativamente gracias a la disposición de sus hojas en tres líneas o sentidos y a la forma del tallo triangular. Las especies más comunes son *Cyperus esculentus*, *Cyperus rotundus* y *Cyperus difformis* (Gamarra, 1996; INIA, 2019). En lo que respecta a *C. esculentus*, esta maleza interfiere menos que el capín, debido a los mayores requerimientos térmicos del suelo termina germinando

luego que el arroz. Tampoco germina bajo el agua. Además, presenta un ciclo más corto, por lo que al florecer se puede ver en la chacra, principalmente en las taipas, dándole un color amarillento rojizo a las mismas (Chebataroff, 2012). En cuando a *C. rotundus*, conocida como “pasto bolita”, ésta es capaz de prosperar tanto en sequías como en inundaciones. Por otra parte, *C. difformis* a diferencia de las anteriores, es una planta anual, por lo que se destaca la capacidad de producir semillas y además, con alto porcentaje de germinación. Las mayores interferencias con el cultivo se han encontrado en suelos fértiles y húmedos (Chebataroff, 2012; INIA, 2019). Existe evidencia de reducciones del rendimiento entre 23 y 43 % (Chebataroff, 2012). Por estas razones es considerada plaga del arroz en todo el mundo (Chebataroff, 2012; Gamarra, 1996).

## 2.10 PLAGAS

### 2.10.1 Insectos

Los insectos que pueden afectar al cultivo se clasifican según la parte de la planta que dañan.

Por un lado están los insectos de tallo y vaina, donde se encuentran *Euetheloa humilis* conocido como “casarudo negro del arroz” y *Tibraca limbativentris* conocido como “chinche del tallo”. Estos insectos generalmente causan daño durante los momentos en que el cultivo no está inundado o en las taipas y puntos altos. En esas condiciones, los adultos de *E. humilis* se alimentan de los tallos al ras del suelo. Por su parte, los adultos y ninfas de *T. limbativentris* se alimentan del tallo succionando savia y además inyectan toxinas que causan muerte interna de la planta (Martínez et al., 2018).

Por otro lado están los insectos de raíz, donde se encuentra *Oryzophagus oryzae*, comúnmente conocido como “gorgojo acuático”. Luego de la inundación, comienzan a aparecer las larvas. La larva de primer estadio se sumerge hacia las raíces, de las cuales se alimentan y se mantienen adheridas a las mismas mediante espiráculos durante los siguientes estadios larvales, provocando daño al cultivo. La mayor incidencia se da tanto en zonas con mayor altura de lámina de agua como en bordes cercanos a vegetación arbórea donde los adultos pasan el invierno (Martínez et al., 2018).

Dentro de los insectos de hoja se encuentra la “lagarta cogollera” *Spodoptera frugiperda*. Esta plaga afecta inicialmente al cultivo y luego en zonas donde la inundación no es pareja. La etapa larval dura entre 15 y 30 días y los mayores daños se dan en los estadios más avanzados. Una vez que culmina esta etapa, bajan al suelo para pupar y continuar el ciclo, pero este proceso no se lleva a cabo si existe inundación

en el suelo, por lo que es crucial mantener un riego constante para impedir su ciclo de vida (Martínez et al., 2018).

Por último están los insectos de granos y panojas, donde la especie más frecuente es *Oebalus poecilus* conocida como “chinche del grano o de la panícula”. Los adultos y las ninfas se alimentan de las panículas, desde grano lechoso, donde provocan granos chuzos hasta grano duro, donde causan manchado de granos, disminución del porcentaje de entero y de germinación (en el caso de semilleros) (Martínez et al., 2018).

#### 2.10.2 Aves

Las aves capaces de causar daño al cultivo son dos, el pájaro negro y los patos. Ambos son perjudiciales durante la siembra y emergencia y los pájaros negros además atacan en la fase de grano lechoso, por lo que son la principal preocupación (Gamarra, 1996).

La especie predominante de pájaros negros en la zona Este es *Agelaius ruficapillus*, vulgarmente conocido como “garibaldino” y es proveniente del Sur de Brasil. Éstos han encontrado al grano de arroz como una fuente de alimento abundante y constante durante todo el año, desde grano lechoso donde causan daños abundantes en los bordes de la chacra y menos visibles en el resto de ésta, hasta incluso en invierno cuando no hay cultivos, continúan alimentándose del grano que queda en el rastrojo. La preferencia hacia el grano depende de las variedades en lo que respecta a la altura, disposición de las panojas, color de las glumas y largo del ciclo. Además, variedades con mayor capacidad de desgrane serán las más afectadas (Gamarra, 1996).

Las especies de patos que afectan al cultivo son abundantes pero no hay registros de una especie predominante. En siembras en línea, persiguen la misma desenterrando el grano y alimentándose de él. Además, no todas las especies tienen carácter migratorio, por lo que algunas especies permanecen en la zona y se alimentan de granos del rastrojo durante el invierno (Gamarra, 1996).

#### 2.11 LATENCIA DE SEMILLAS

La latencia de las semillas es un mecanismo biológico que no permite la germinación hasta que se presentan condiciones adecuadas para el crecimiento de la siguiente generación de plantas. Por ello, es fundamental que este mecanismo se desarrolle de manera efectiva durante la maduración de las semillas (Park et al., 2024). Un rasgo de latencia adecuado es crucial para evitar la brotación antes de la cosecha durante la etapa de maduración de la semilla, sobre todo en ambientes cálidos y



húmedos, lo que genera pérdidas de rendimiento, calidad y viabilidad del grano (Chuxin et al., 2021; Wang et al., 2018; Xu et al., 2019, 2022).

La dormancia y la germinación de las semillas son dos procesos fisiológicamente diferentes, la germinación de las semillas, está regulada por factores ambientales y fitohormonas, tales como el ácido abscísico (ABA) y las giberelinas (GA), las cuales son antagonicas entre sí. El pasaje de la latencia a la germinación es fundamental en la producción agrícola. Anomalías que puedan ocurrir tendrán efectos negativos sobre el rendimiento del cultivo (Chuxin et al., 2021; Finkelstein et al., 2008; Shu et al., 2016). El ABA es un inhibidor predominante que regula la germinación de las semillas. Su concentración aumenta durante la maduración, lo que evita que los granos germinen antes de la cosecha (Yan & Chen, 2017). Cuando se da la germinación de las semillas, esta acumulación de ABA endógeno se reduce y aumentan las GA. Las semillas deficientes en ABA tienen una latencia corta en el tiempo, lo que genera brotación precosecha. Por otro lado, las plantas que promueven el contenido de ABA endógeno, inhiben la germinación de semillas (Martínez-Andújar et al., 2011; Née et al., 2017; Nonogaki et al., 2014).

A través de la domesticación del arroz silvestre, varias características fisiológicas y morfológicas se han visto afectadas y la latencia es una de ellas (Sugimoto et al., 2010). Es fundamental identificar cultivares con latencia de semilla más prolongada (Guo et al., 2024).

### 3. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

#### 3.1 HIPÓTESIS

Se plantea que existe al menos un material genético con igual o superior potencial de rendimiento y parámetro de calidad industrial respecto al testigo comercial de referencia GURI INTA CL.

#### 3.2 OBJETIVO GENERAL

Evaluar y caracterizar germoplasmas de arroz del Programa Nacional de Producción de Arroz de INIA, con el propósito de identificar variedades que puedan ser evaluadas a escala pre-comercial.

#### 3.3 OBJETIVO ESPECÍFICOS

Evaluar las características agronómicas de los materiales, considerando aspectos como el rendimiento, sus componentes, ciclo a floración, altura de planta e incidencia de enfermedades, en diferentes fechas de siembra.

Analizar los parámetros de calidad molinera: porcentaje de blanco, porcentaje de entero y porcentaje de yeso.

Analizar la latencia de las semillas post cosecha.

## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 LOCALIZACIÓN

El ensayo fue instalado en la Unidad Experimental Paso de la Laguna (UEPL) de INIA Treinta y Tres en el año agrícola 2022-2023. Se ubica a 28 km al este de la ciudad de Treinta y Tres, en la 11ª sección policial del departamento.

Coordenadas geográficas:

- Latitud: 33°16' sur.
- Longitud: 54°09' oeste.
- Altitud: 21 m.s.n.m.

### 4.2 SUELO

El suelo pertenece a la Unidad de Suelos “La Charqueada” de acuerdo a la clasificación de suelos del Uruguay (Durán, 1979).

### 4.3 CARACTERIZACIÓN AGROCLIMÁTICA

La información climática diaria fue proporcionada por la Estación Meteorológica instalada en la UEPL (comunicación personal, 5 de diciembre, 2024). Los datos agroclimáticos corresponden a la zafra 2022-2023.

#### 4.3.1 Temperatura media

Las temperaturas medias en el período septiembre-octubre estuvieron por debajo del promedio histórico (Roel, 2023). Posteriormente, se notaron cambios a partir del mes de noviembre, los cuales se acentuaron desde mediados del mes hasta principios de diciembre, donde las temperaturas medias estuvieron por encima del promedio histórico. Luego, hasta mediados de enero se mantuvieron en el promedio y posteriormente estuvieron levemente por encima del promedio histórico hasta fines de febrero (anexo A).

#### 4.3.2 Temperatura mínima

Durante enero y febrero se registraron días con temperaturas mínimas inferiores a 15°C. En enero se registraron nueve días con temperaturas entre 10,6 y 14,4 °C. En febrero se registraron ocho días con temperaturas entre 6,4 y 14,4 °C. De estos, cinco ocurrieron de manera consecutiva durante en la segunda quincena del mes, destacándose tres días la ocurrencia de temperaturas muy bajas entre 6,4 y 6,8 °C (anexo B). En los últimos tres años anteriores no hay registros de temperaturas mínimas de esta magnitud en esos meses (Roel, 2023).

#### 4.3.3 Horas de sol

A inicios de la zafra, las horas de sol fueron similares a las del promedio histórico (Roel, 2023). En noviembre los registros estuvieron por encima de los valores normales (anexo C).

#### 4.3.4 Radiación solar

La radiación solar estuvo por encima del promedio histórico durante casi todo el periodo evaluado (Roel, 2023) (anexo D).

#### 4.3.5 Precipitaciones

El registro de precipitaciones fue inferior a las del promedio histórico para todo el periodo evaluado (Roel, 2023). Los meses más críticos fueron diciembre y enero, donde sólo se acumularon 7 y 8 mm respectivamente (anexo E).

#### 4.3.6 Temperatura del suelo desnudo a 5 cm

La temperatura del suelo desnudo a 5 cm fue en promedio 18,2 °C y 23,3 °C en los meses de octubre y noviembre respectivamente. Estos meses fueron en los que se realizaron las siembras del experimento, la época temprana se instaló a principios de octubre y la época tardía a principios de noviembre (anexo F).

#### 4.3.7 Humedad relativa

La humedad relativa (% HR) promedio en los meses entorno a la cosecha fue de 83,5% y 85% para marzo y abril respectivamente. (anexo G).

### 4.4 MANEJO DEL CULTIVO

La evaluación comprendió en dos ensayos sembrados el 5 de octubre de 2022 (época temprana) y el 7 de noviembre de 2022 (época tardía), a razón de 150 kg/ha para los cultivares y 50 kg/ha para los híbridos, sobre un retorno de pradera sembrada de tercer año, en el que se realizó un laboreo de verano y posterior siembra de trébol alejandrino (*Trifolium alexandrinum* L.). La fertilización se realizó acorde al análisis de suelo y se utilizó la aplicación Fertiliz-Arr de INIA. A la base se aplicaron 80 kg/ha de 2/20/30 de NPK. En macollaje se adicionaron 4 un. de nitrógeno (183 kg/ha de urea verde en seco). En primordio se adicionaron 50 kg/ha de urea blanca en agua. El control de malezas se realizó en preemergencia con herbicida Glifosato (3,0 l/ha) en ambas épocas de siembra y en postemergencia se realizaron manejos diferenciados, en la época temprana se aplicó una mezcla de herbicida Kifix (140 g/ha), Clomazone (400 cc/ha) y coadyuvante (200 cc) y posteriormente se realizó una segunda aplicación de herbicida Kifix (140 g/ha) con coadyuvante (250 cc/ha). En la postemergencia de la época tardía se realizó un control sólo con herbicida Kifix (140 g/ha) y coadyuvante (250

cc/ha). El riego se estableció definitivamente el 30 de noviembre de 2022. No se realizó aplicación de fungicida.

La profundidad de siembra de la época temprana fue superior a lo ideal (>2,5 cm). Esto afectó la implantación de esta época, por lo que fue necesario trasplantar plantas de los bordes de cada parcela hacia el centro de la misma. Durante el ensayo se detectó presencia de plagas roedores las cuales ocasionaron daño en algunas parcelas en las primeras etapas del cultivo, por esta razón es que se decidió no evaluar estadísticamente esas parcelas.

La cosecha se realizó el 15 de marzo de 2023 y el 3 de mayo de 2023 para la época 1 y época 2 respectivamente.

#### 4.5 DISEÑO EXPERIMENTAL Y TRATAMIENTOS

El diseño experimental fue en bloques completos al azar (DBCA) con cuatro repeticiones. La unidad experimental fue la parcela, estas se sembraron con la sembradora experimental Hege, con 6 hileras, una distancia de entre líneas de 20 cm y un largo de 3,5 m. Al momento de la cosecha se utilizaron las 4 hileras centrales y 3 m de largo, por lo que el área de cosecha fue de 2,4 m<sup>2</sup>.

Los tratamientos del ensayo fueron 15 cultivares, de los cuales 4 se evaluaron como testigos comerciales: Guri INTA CL, 7009 FP, XP 113 FP e Inov FP. Además, junto a los tratamientos también se sembró INIA Merín como testigo para evaluar el comportamiento del herbicida Kifix, pero éste no se evaluó estadísticamente en este experimento.

**Tabla 4***Numeración de los tratamientos*

Número	Cultivar
1	CL 1294
2	CL 1202
3	CL 19220
4	CL 19219
5	CL 19231
6	CL 19263
7	CL 19258
8	CL 19273
9	CL 19265
10	CL 19244
11	CL 19246
12	GURI INTA CL
13	7009 FP
14	XP 113 FP
15	INOV FP
16	INIA MERIN

**Tabla 5***Representación de los cultivares en las parcelas en el campo experimental para la época temprana*

Repetición	Cultivares															
4	8	10	3	12	16	6	2	15	4	11	7	14	9	13	1	5
3	3	2	12	13	9	5	8	10	11	14	15	6	7	16	1	4
2	15	13	9	14	3	4	5	16	6	10	8	7	1	11	12	2
1	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

**Tabla 6***Representación de los cultivares en las parcelas en el campo experimental para la época tardía*

Repetición	Cultivares															
4	8	10	3	12	16	6	2	15	4	11	7	14	9	13	1	5
3	3	2	12	13	9	5	8	10	11	14	15	6	7	16	1	4
2	15	13	9	14	3	4	5	16	6	10	8	7	1	11	12	2
1	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

#### 4.6 DETERMINACIONES REALIZADAS

A los 30 días post siembra se determinó el número de plantas (plantas/m<sup>2</sup>) que había en cada parcela. Para ello se contabilizó el número de plantas dentro de un gancho de 30 cm a lo largo de la línea en cuatro puntos diferentes dentro de la parcela.

#### 4.6.1 Características agronómicas

Dentro de las características agronómicas se determinó el ciclo a floración (días), altura de plantas (cm), incidencia de enfermedades y rendimiento en grano (kg/ha).

Para determinar el largo del ciclo desde siembra a floración se tomaron lecturas semanales luego de la fase de embarridado. La parcela se consideró florecida el día que el 50% de las plantas de la parcela estaban en ese estadio.

La altura de planta se determinó previo a la cosecha mediante la elección de al azar de 5 plantas por parcela y se calculó el promedio de éstas.

Para la evaluación de enfermedades se realizó una lectura por apreciación visual de enfermedades del tallo conocidas como Mancha agregada y Podredumbre del tallo, cuyos organismos causales son *Rhizoctonia oryzae* y *Sclerotium oryzae* respectivamente. Para cada una de ellas se utilizó una escala de clasificación que va desde 0 a 9 (International Rice Research Institute [IRRI], 2002). En cuanto a brusone (*Pyricularia grisea*), no se realizan evaluaciones en este experimento debido a que las mismas son realizadas por parte del equipo de Fitopatología de INIA en el Vivero de Evaluación de Resistencia de *Pyricularia grisea* en la UEPL (INASE & INIA, 2023).

#### Tabla 7

##### Escala de puntuación de enfermedades

Escala	Tasa de infección (%)
0	No infección
1	<1
2	1-3
3	4-5
4	6-10
5	11-15
6	16-25
7	26-50
8	51-75
9	76-100

Nota. Tabla extraída de IRRI (2002).

A la cosecha de cada parcela, con el fin de descartar posibles errores, se desbordó 0,25 m de cada cabecera y se cosecharon las 4 filas centrales. Las plantas de arroz se cortaron con hoz. Inicialmente se cortaron dos muestras de 30 cm lineales, las cuales se apartaron de la cosecha del resto de la parcela y se llevaron a laboratorio para evaluación. Posteriormente se cortó el resto de la parcela y se separó el grano de las plantas con una trilladora estacionaria. En INIA Treinta y Tres, el grano cosechado se pesó para determinar el rendimiento de cada parcela. Este rendimiento se corrigió en base a la humedad, para ello se determinó la humedad del grano y luego se secó hasta

14% de humedad, de esta manera se determinó el rendimiento en grano seco y limpio por hectárea.

#### 4.6.2 Componentes del rendimiento

En el laboratorio, se contabilizó el número de panojas de las muestras y se expresó como panojas por m<sup>2</sup>. Luego se tomaron 15 panojas al azar, se las trilló manualmente. Posteriormente, se llevaron las semillas a secar a 60°C durante dos horas. Mediante el uso de un separador de granos por viento “Kiya Seisakusho, Ltd” y seguido de un contador de granos electrónico “Pfeuffer” se determinó el número de granos llenos, semillenos y chuzos por panoja. Esto además permite determinar el número de granos totales por panoja, así como también el porcentaje de esterilidad.

Por último, se contabilizó el peso de 1000 granos a partir de la muestra seca y limpia extraída para determinar el rendimiento en grano. Para ello se utilizó el contador de granos mencionado y una balanza de precisión.

#### 4.6.3 Calidad industrial

De las muestras extraídas para la determinación del rendimiento en grano, se extrajo una submuestra de 100 g de arroz cáscara seco y limpio, para los análisis de calidad industrial. En este proceso, la submuestra se descascaró (se retiró lema y pálea) y se pulió (entre 37-40 de blancura) con un molinillo “Zaccaria”. Luego del pulido se pesaron los granos para determinar el blanco total como porcentaje del arroz cáscara.

Posteriormente, se separaron los granos enteros de los quebrados con un cilindro alveolar 3,5, se pesaron y se determinó granos enteros y granos quebrados como porcentaje del arroz cáscara.

Por último, mediante separación manual, se determinó granos yesosos como porcentaje del blanco total.

#### 4.6.4 Latencia de semillas

Para evaluar la dormancia de las semillas se realizó un experimento en el laboratorio de semillas de la Unidad de Semillas en INIA Treinta y Tres, para ello se seleccionaron 50 semillas de cada muestra tomada de las parcelas de los bloques 1 y 2. El criterio de selección fue granos llenos traslúcidos a contraluz, con el fin de seleccionar granos potencialmente viables, que no hubieran previamente removilizado almidón. Estas semillas luego fueron colocadas entre dos hojas de papel humedecido formando rollos. Posteriormente se colocaron los rollos en bolsas de nylon cerradas y se llevaron al germinador a 25°C. Se midió el porcentaje de germinación a los 5 y 14 días luego de la instalación del experimento que fue el 24 de marzo de 2023. Es de destacar que este ensayo se realizó para ambas épocas de siembra, pero solo se realizó análisis estadístico para la época de siembra temprana.



#### 4.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El ensayo se planteó como un arreglo factorial de los tratamientos, donde se estudian simultáneamente dos factores: cultivar y época de siembra. Cada uno de los tratamientos surge de las combinaciones de los diferentes niveles de los factores.

- Diseño: DBCA, 4 bloques, 15 tratamientos.
- Factores: cultivar, época de siembra.
- Niveles para:
  - Cultivar: 1-15.
  - Época de siembra: temprana y tardía.
- Unidad experimental: parcela.

El análisis estadístico se realizó a través del programa InfoStat versión 2008 y específicamente para el análisis de dormancia se estableció una conexión entre Infostat y R utilizando la función 'glm()' (logit) como nexo. El nivel de significancia (p-valor) que se utilizó fue de 0,05.

Para el análisis estadístico del rendimiento en grano (kg/ha), ciclo a floración, altura de plantas, componentes del rendimiento y calidad industrial se utilizó la técnica de Análisis de la Varianza (ANAVA) que consiste en la descomposición de la varianza total del conjunto de valores observados en partes de variación atribuibles a diferentes componentes del modelo propuesto:

$$Y_{ijk} = \mu + F_i + \beta_j(F_i) + C_k + (FC)_{ik} + \epsilon_{ijk}$$

$$i=2$$

$$j=4$$

$$k=15$$

Donde:

$Y_{ijk}$ : variable de respuesta.

$\mu$ : media general.

$F_i$ : efecto fecha de siembra (temprana/tardía).

$\beta_j(F_i)$ : efecto bloque anidado a fecha de siembra.

$C_k$ : efecto tratamiento (cultivar).

$(FC)_{ik}$ : efecto interacción (fecha de siembra por cultivar).

$\epsilon_{ijk}$ : error experimental.

Supuestos del modelo:

- Es correcto.
- Es aditivo.
- Son variables aleatorias.
- $\epsilon_{ijk} \text{ iid} \sim N(0, \sigma^2)$ .

Posteriormente al rechazo de la hipótesis nula ( $H_0$ ) en ANAVA se realizó la prueba de Tukey al 5% para realizar la separación de medias de los factores cultivar, época de siembra y su interacción. Además se efectuó otra prueba denominada test de Dunnett, que es una prueba post-hoc, donde se comparó todos los cultivares contra el testigo GURI INTA CL, este cultivar es el principal testigo y su importancia radica en que es el cultivar resistente a imidazolinonas más sembrado del país.

En el anexo H se presenta los resultados del ANAVA para cada una de las variables y en el anexo I los resultados de las pruebas de Dunnett.

Para el estudio del efecto de los tratamientos sobre la incidencia de enfermedades se utilizó una escala ordinal con distribución multinomial de 0-9. Para la evaluación de estas variables se utilizó una prueba no paramétrica denominada Friedman. Esta prueba consiste en comparar la mediana de los grupos. Para ello se ordenan los rangos por bloque: 1 al valor más pequeño, 2 al siguiente y así sucesivamente. En los casos donde se repite un mismo valor, se suman los números del orden que ocupan y se realiza un promedio y ese es el valor que les corresponde. Posteriormente se suman los rangos por cultivar y se realiza un promedio. En el anexo J se presentan los resultados.

El análisis estadístico de dormancia se realizó a la primera época de siembra, para ello se analizó la variable germinación ajustando un modelo lineal generalizado mixto asumiendo que el número de semillas germinadas en relación al número de semillas sembradas tiene distribución binomial. Se planteó el siguiente modelo:

$$\ln \left[ \frac{P_{ij}}{1-P_{ij}} \right] = B_0 + \beta_i + C_j$$

$$i=2$$

$$j=15$$

Donde:

$P_{ij}$ : probabilidad de germinación.

$B_0$ : coeficiente de regresión.

$\beta_i$ : efecto bloque.

$C_j$ : efecto tratamiento (cultivar).

Supuestos del modelo:

- $\hat{p} = Y_{ij}/n_{ij}$ .
- $Y_{ij} \sim \text{Binomial}(n=50, P_{ij})$ .
- Independencia de las variables.

Posteriormente al rechazo de la  $H_0$  en ANAVA se realizó una prueba de comparación LSD con corrección de Sidak. En anexo K se presentan los resultados del ajuste del modelo lineal generalizado y de las pruebas de hipótesis marginales.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 RENDIMIENTO

El rendimiento medio obtenido en este ensayo fue 10.926 kg/ha. No se detectó interacción cultivar por época de siembra por lo que los resultados se presentan por cultivar (tabla 8). Se detectó efecto época ( $p \leq 0,01$ ) que determinó que los cultivares sembrados en la época temprana lograron mayor rendimiento que los sembrados en la época tardía (tabla 9).

**Tabla 8**

*Rendimiento en grano seco y limpio (kg/ha SL) promedio de cada cultivar*

Cultivar	Rendimiento (kg/ha SL)
INOV FP	12.639 a
XP 113 FP	12.381 ab
CL 19244	12.026 abc
CL 19246	11.229 abcd
CL 19258	11.107 abcd
CL 19231	11.036 bcd
CL 19219	11.010 bcd
CL 19265	10.835 bcd
CL 19273	10.803 bcd
CL 19220	10.586 cd
CL 19263	10.329 d
GURI INTA CL	10.272 d
CL 1294	10.237 d
CL 1202	9.724 d
7009 FP	9.679 d
<b>Media del ensayo (kg ha<sup>-1</sup>)</b>	10.926
<b>MDS 5% (kg ha<sup>-1</sup>)</b>	1.594
<b>CV (%)</b>	8,3
<b>C.M.E.</b>	823.606
<b>Significancia (cultivar)</b>	***

*Nota.* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).

Significancia: \*\*\*:  $P < 0,0001$ , \*\*:  $P < 0,01$ , \*:  $P < 0,05$ , ns: no significativo.

**Tabla 9**

*Rendimiento en grano seco y limpio (kg/ha SL) promedio de cada época de siembra*

Época	Rendimiento (kg/ha SL)
1	11.698 a
2	10.178 b
<b>MDS 5% (kg/ha)</b>	605
<b>CV %</b>	8,3
<b>C.M.E.</b>	1.818.547
<b>Significancia (época)</b>	**

*Nota.* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ).

Significancia: \*\*\*:  $P < 0,0001$ , \*\*:  $P < 0,01$ , \*:  $P < 0,05$ , ns: no significativo.

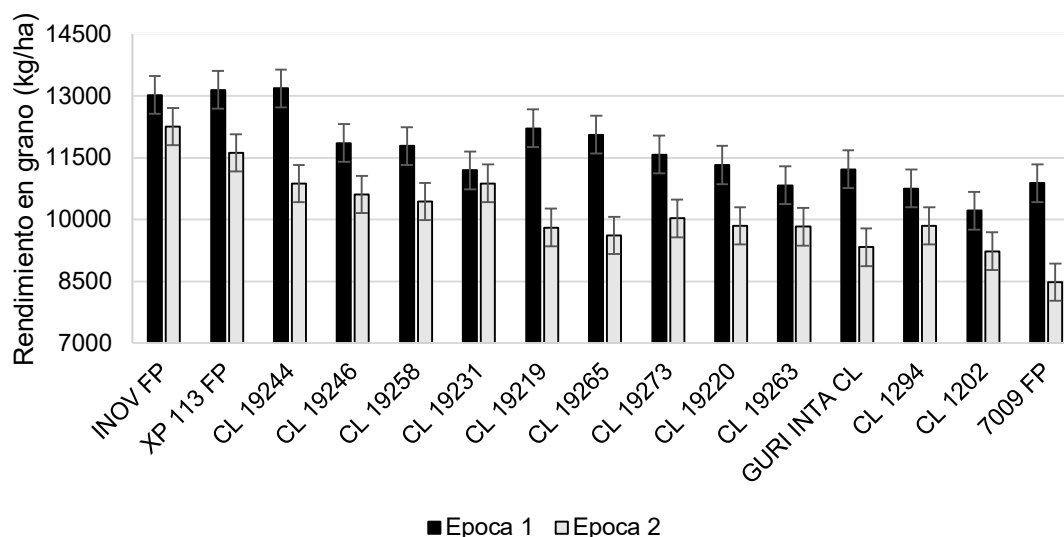
En lo que respecta a los testigos comerciales, los híbridos INOV FP y XP 113 FP obtuvieron un promedio de 12.639 y 12.381 kg/ha respectivamente, siendo los rendimientos más altos del ensayo. Por otro lado, GURI INTA CL obtuvo un promedio de 10.272 kg/ha, el cual fue estadísticamente igual al otro testigo 7009 FP, el cual rindió 9.679 kg/ha.

Se destacaron algunos cultivares, como es el caso de CL 19244 (12.026 kg/ha), CL 19246 (11.229 kg/ha) y CL 19258 (11.107 kg/ha), los cuales obtuvieron los rendimientos más altos y estadísticamente iguales a los testigos híbridos. De los materiales mencionados, únicamente el cultivar CL 19244 se diferenció estadísticamente de GURI INTA CL.

En la figura 1 se presenta el rendimiento de los cultivares en cada una de las épocas de siembra. Si bien en promedio no hubo interacción época de siembra por cultivar, se observa que en los materiales CL 19244, CL 19219, CL 19265, GURI INTA CL y 7009 FP, el rendimiento disminuyó considerablemente al sembrarlos en la época tardía. En contraposición, los materiales INOV FP y CL 19231 fueron los más estables entre fechas de siembra.

**Figura 1**

*Rendimiento en grano (kg/ha SL) según época de siembra y cultivar*



En la tabla 10 se presenta el rendimiento medio de los cultivares como porcentaje del rendimiento medio del material GURI INTA CL. Como ya se mencionó anteriormente, este material es el testigo comercial de referencia, por ser el más sembrado en el país dentro de los cultivares resistentes a imidazolinonas. Los materiales en evaluación que estuvieron por encima de la media de este cultivar fueron

CL 19244, CL 19246, CL 19258, CL 19231, CL 19219, CL 19265, CL 19273, CL 19220 y CL 19263.

**Tabla 10**

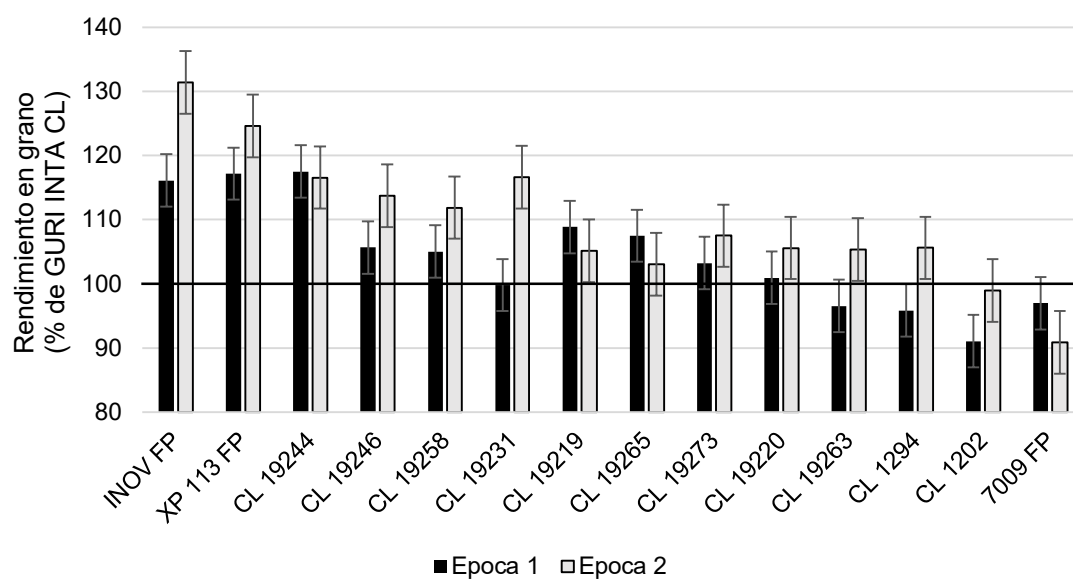
*Rendimiento medio en grano como porcentaje del testigo GURI INTA CL*

Cultivar	Rendimiento (% de GURI INTA CL)
INOV FP	123
XP 113 FP	121
CL 19244	117
CL 19246	109
CL 19258	108
CL 19231	107
CL 19219	107
CL 19265	105
CL 19273	105
CL 19220	103
CL 19263	101
CL 1294	100
CL 1202	95
7009 FP	94

En la figura 2 se presenta el rendimiento en grano de los cultivares como porcentaje del rendimiento de GURI INTA CL para cada una de las épocas de siembra.

**Figura 2**

*Rendimiento en grano como porcentaje del testigo GURI INTA CL según época y cultivar*



Se observa que, en gran parte de los materiales, la diferencia respecto a GURI INTA CL fue mayor en la época tardía. Para el caso de CL 19244 la diferencia se

mantuvo entre ambas épocas en un 17-18% superior. En el material CL 19231, si bien no se observa diferencias en rendimiento respecto a GURI INTA CL en la época temprana, en la época tardía el rendimiento fue 17% mayor, debido a que este material fue estable entre épocas mientras que el testigo reprimió su rendimiento en la segunda época. Para el caso de los cultivares CL 19219 y CL 19265 se observa, a diferencia del resto de los materiales, que si bien fueron superiores al testigo en ambas épocas, la mayor superioridad se da en la primera época. Los materiales CL 19263 y CL 1294 sólo fueron superior a GURI INTA CL en la segunda época y CL 1202 fue inferior en ambas épocas de siembra.

La prueba de Dunnett, al comparar el rendimiento de los cultivares con el testigo GURI INTA CL, no encontró diferencias significativas aparte de las ya mencionadas (anexo I).

## 5.2 CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS

En la tabla 11 se presentan las características agronómicas por cultivar. Posteriormente se detallan las variables por separado.

Tabla 11

*Características agronómicas según cultivar: ciclo a floración (días), altura (cm) e incidencia de enfermedades (1-9)*

Cultivar	Ciclo a floración		Altura Prom. cm	Enfermedades			
	Época 1	Época 2		Época 1		Época 2	
	Días	Días	IS Ros	IS So	IS Ros	IS So	
CL 1294	114 a	90 a	86 b	2,8 a	3,0 a	2,3 a	4,3 efg
XP 113 FP	116 ab	94 ab	89 ab	3,5 a	1,5 a	3,0 a	2,0 a
INOV FP	119 abc	94 ab	90 ab	2,0 a	2,5 a	3,5 a	3,8 def
CL 19244	119 abc	97 ab	90 ab	1,5 a	2,5 a	3,0 a	7,3 g
7009 FP	119 abc	98 b	87 b	2,0 a	2,5 a	3,5 a	3,8 def
GURI INTA CL	120 abc	98 ab	87 b	2,3 a	2,5 a	3,3 a	2,8 abcd
CL 19231	121 abc	97 ab	92 ab	2,3 a	3,5 a	3,8 a	4,8 fg
CL 19273	122 abc	97 ab	89 ab	2,3 a	2,8 a	3,3 a	3,3 cde
CL 19258	120 abcd	99 b	89 ab	1,3 a	1,8 a	3,3 a	3,0 bcd
CL 19265	121 abcd	99 b	95 a	2,5 a	1,5 a	4,0 a	2,3 ab
CL 19263	123 bcd	100 bc	92 ab	0,8 a	3,0 a	3,5 a	3,8 def
CL 19220	124 cd	108 cd	86 b	2,8 a	2,0 a	3,5 a	2,3 abc
CL 19246	124 cd	109 d	89 ab	2,5 a	2,0 a	3,8 a	3,0 bcd
CL 19219	126 cd	110 d	87 b	1,8 a	2,0 a	4,3 a	2,5 abc
CL 1202	129 d	109 d	92 ab	1,3 a	2,0 a	1,8 a	3,0 bcd
<b>Media del ensayo</b>	121	100	90	2,1	2,3	3,3	3,5
<b>MDS 5%<sup>1</sup></b>		8,1	7,1	22,3	22,8	23,1	13,4
<b>CV (%)<sup>2</sup></b>		2,7	4,5	-	-	-	-
<b>C.M.E.<sup>2</sup></b>		8,6	16,2	-	-	-	-
<b>Significancia (cultivar)</b>		***	**	ns	ns	ns	***

*Nota.* Medias con una letra común no son significativamente diferentes dentro de cada variable en cada época de siembra ( $p > 0,05$ ). Significancia: \*\*\*:  $P < 0,0001$ , \*\*:  $P < 0,01$ , \*:  $P < 0,05$ , ns: no significativo. 1. Enfermedades: mínima diferencia significativa entre suma de rangos. 2. Enfermedades: sin dato debido a que no se evaluó por medio de ANAVA.

En cuanto al ciclo de siembra a floración, éste fue de 121 y 100 días promedio para la época 1 y época 2 respectivamente. Se detectó interacción cultivar por época de siembra ( $p \leq 0,01$ ), por lo que los resultados se presentan por época de siembra (tabla 11). Se detectó efecto época ( $p \leq 0,0001$ ) que determinó que los cultivares sembrados en la época temprana tuvieron un ciclo a floración más largo que los sembrados en la época tardía.

El efecto época determinó que los cultivares sembrados el 7 de noviembre acortaron su ciclo 21 días en promedio respecto a los sembrados el 5 de octubre, esto ocurrió debido a que las temperaturas medias a las que ocurrieron los procesos

fisiológica de las plantas fueron mayores en esta época, por lo que se alcanzó en menos días la acumulación térmica requerida para cada proceso. En el mes de octubre la temperatura media fue de 16,3 °C y en el mes de noviembre de 20,0 °C (anexo A). Si bien todos los materiales acortaron su ciclo al sembrarse más tardíamente, no todos lo hicieron en la misma cantidad de días y esto es debido a la interacción. Los materiales que más acortaron su ciclo fueron INOV FP (25 días), CL 19273 (25 días), CL 1294 (24 días) y CL 19231 (24 días). Todos ellos en ambas épocas se ubicaron dentro del grupo de cultivares con el ciclo estadísticamente más corto, a excepción de CL 19273 en la época tardía, el cual fue intermedio. Los materiales que menos acortaron su ciclo fueron CL 19220 (16 días), CL 19219 (16 días) y CL 19246 (15 días), todos ellos se ubicaron dentro del grupo de materiales con el ciclo estadísticamente más largo en ambas épocas. Es importante destacar que estos datos corresponden al período que va desde siembra a floración, por lo que incluyen el tiempo de siembra-emergencia, el cual se ve afectado por las temperaturas del suelo al momento de la siembra. En octubre la temperatura promedio del suelo a 5 cm fue de 18,3 °C, que corresponde a 5,1 °C menos que el promedio de la temperatura del suelo en noviembre (anexo F).

En la tabla 12 se presenta la fecha de floración de cada cultivar en cada época de siembra. La fecha de floración permite conocer la temperatura promedio entorno al evento (anexo A), entonces, en la época temprana, los cultivares que florecieron primero lo hicieron a temperaturas mayores (27-25 °C) y los que lo hicieron por último a temperaturas promedio menores (25-24 °C). En la época tardía, los cultivares que florecieron antes lo hicieron a 25-24 °C y los que lo hicieron por último, lo hicieron a 24 °C. Cuando asociamos la fecha con la radiación solar promedio a la que sucedió el evento (anexo C), se conoce que, en la época temprana, los cultivares que florecieron primero lo hicieron con mayores radiaciones (22-20 MJ/m<sup>2</sup>/día) y los que lo hicieron por último lo hicieron a menores radiaciones (20 MJ/m<sup>2</sup>/día). En la época tardía, los materiales que florecieron primero lo hicieron a 20-21 MJ/m<sup>2</sup>/día y los que lo hicieron por último fue a 15 MJ/m<sup>2</sup>/día.



**Tabla 12**

*Fecha de 50% de floración según época de siembra y cultivar*

	<b>Época 1</b>	<b>Época 2</b>
<b>Cultivar</b>	<b>Fecha de floración</b>	<b>Fecha de floración</b>
CL 1294	27/1 a	5/2 a
XP 113 FP	29/1 ab	9/2 ab
INOV FP	1/2 abc	9/2 ab
CL 19244	1/2 abc	12/2 ab
7009 FP	1/2 abc	13/2 ab
GURI INTA CL	2/2 abc	13/2 ab
CL 19231	3/2 abc	12/2 ab
CL 19273	4/2 abc	12/2 b
CL 19258	2/2 abcd	14/2 b
CL 19265	3/2 abcd	14/2 b
CL 19263	5/2 bcd	15/2 bc
CL 19220	6/2 cd	23/2 cd
CL 19246	6/2 cd	24/2 d
CL 19219	8/2 cd	25/2 d
CL 1202	11/2 d	24/2 d
<b>Media del ensayo (fecha)</b>	3/2	14/2
<b>MDS 5% (días)</b>	8,1	
<b>CV (%)</b>	2,7	
<b>C.M.E.</b>	8,6	
<b>Significancia (cultivar)</b>	***	

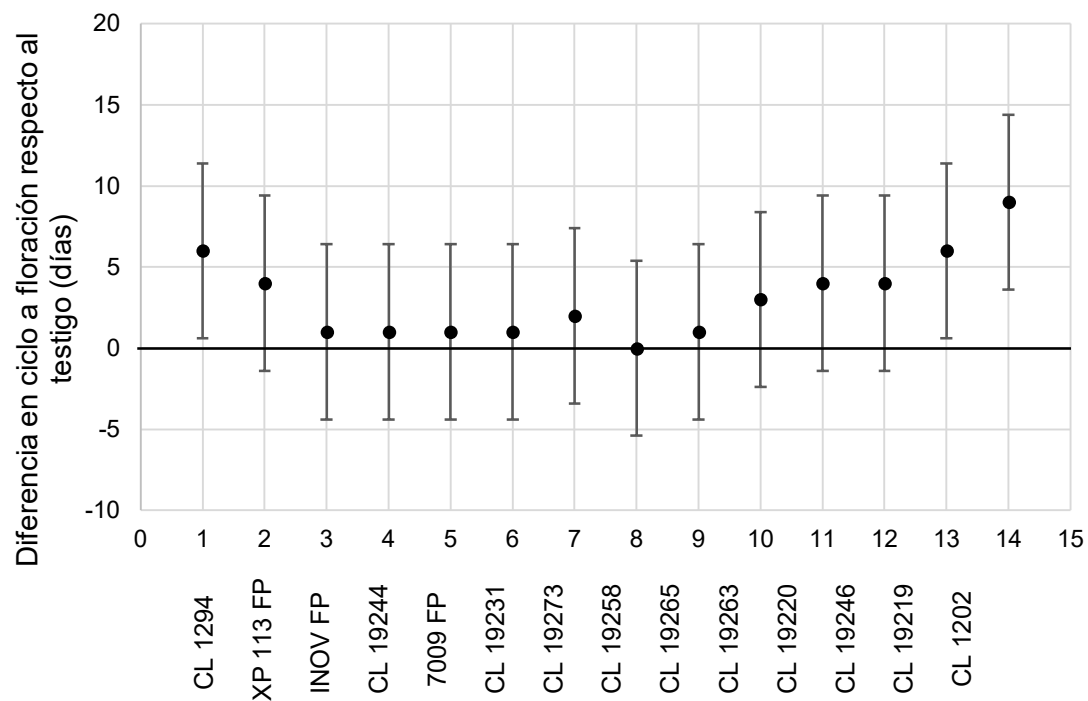
*Nota.* Medias con una letra común no son significativamente diferentes dentro de cada época de siembra ( $p > 0,05$ ). Significancia: \*\*\*:  $P < 0,0001$ , \*\*:  $P < 0,01$ , \*:  $P < 0,05$ , ns: no significativo.

El ciclo a floración de GURI INTA CL fue de 120 y 98 días en la época 1 y 2 respectivamente. En ninguna de las épocas de siembras se encontraron materiales con un ciclo a floración estadísticamente más corto que el testigo. Sin embargo, el material CL 1202 fue estadísticamente más largo (129 días) en la época temprana y, los materiales CL 19220 (108 días), CL 19246 (109 días), CL 1202 (109 días) y CL 19219 (110 días) fueron estadísticamente más largos en la época tardía.

En las figuras 3 y 4 se presentan los intervalos de confianza al 95% para ciclo a floración obtenidos con la prueba de Dunnett al comparar los materiales con el testigo GURI INTA CL, para la época temprana (EP1) y época tardía (EP2) respectivamente.

**Figura 3**

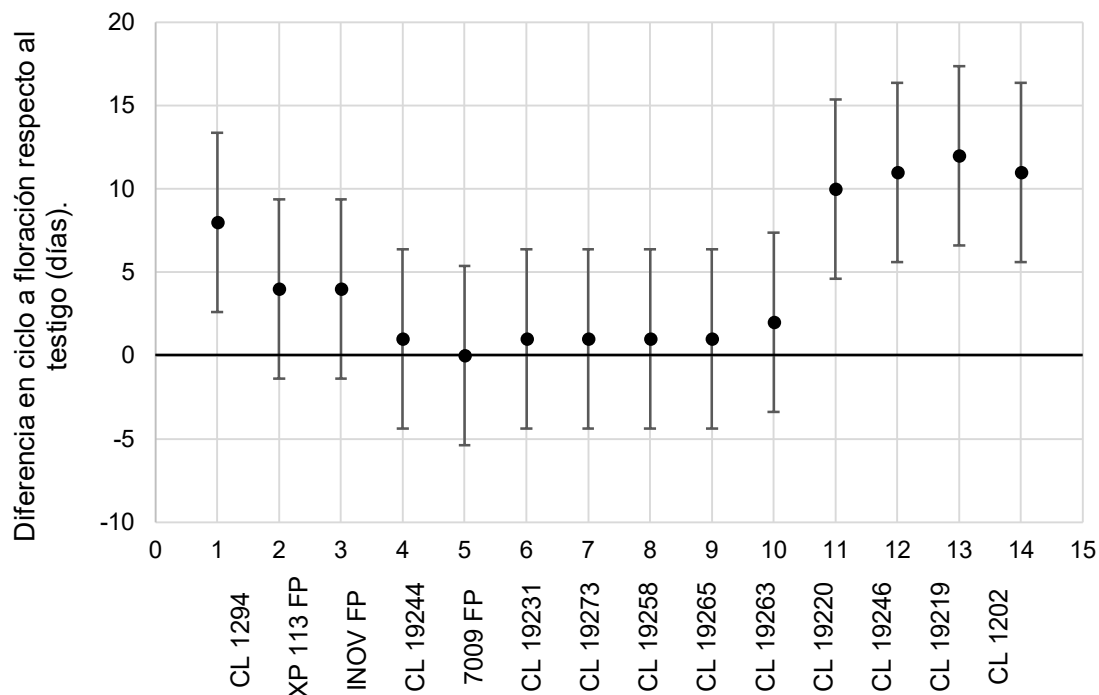
*Intervalos de confianza para ciclo a floración entre los cultivares y el testigo para EP1*



*Nota.* Si un intervalo no contiene cero significa que es significativamente diferente al testigo (95% de confianza).

**Figura 4**

*Intervalos de confianza para ciclo a floración entre los cultivares y el testigo para EP2*



*Nota.* Si un intervalo no contiene cero significa que es significativamente diferente al testigo (95% de confianza).

Si bien Dunnett determina si existen o no diferencias significativas entre los cultivares en evaluación y el testigo, no proporciona información de esas diferencias en el sentido de si son superiores o inferiores que el control. Por esta razón es que para analizar estos gráficos necesitamos complementarlos con los datos de la tabla 11. Cuando comparamos los resultados del test de Tukey con los de Dunnett encontramos que para la época temprana, CL 1294 y CL 19219 también son estadísticamente diferentes al testigo, el primero tiene un ciclo significativamente más corto y el segundo un ciclo significativamente más largo.

En lo que respecta a la altura de plantas, ésta fue en promedio fue 90 cm. No se detectó interacción cultivar por época de siembra, por lo que se presentan los resultados de la zafra por cultivar (tabla 11). No se detectó efecto época de siembra. Todos los cultivares tuvieron un porte intermedio.

Para esta variable la significancia de los cultivares fue  $p \leq 0,01$ . El bajo coeficiente de variación (4,5%) se debe a que en el mejoramiento genético de arroz se seleccionan plantas semi-enanas, con el fin de evitar problemas de vuelco de plantas en la fase de maduración, los cuales ocasionan problemas de pérdida de rendimiento.

Por último, en lo que respecta a las enfermedades, la incidencia de Mancha agregada (IS Ros) no fue significativa en ninguna de las dos fechas de siembra ( $p > 0,05$ ).

La incidencia de Podredumbre del tallo (IS So) no fue significativa en la época temprana ( $p > 0,05$ ), sin embargo, en la época tardía se encontraron diferencias significativas ( $p \leq 0,0001$ ) (tabla 11).

De todos los materiales evaluados, los únicos que tuvieron un comportamiento sanitario diferente a GURI INTA CL fueron CL 1294, CL 19231 y CL 19244, los cuales tuvieron mayor incidencia de Podredumbre del tallo en la época tardía. Así mismo, los tres materiales en esa época estuvieron por encima del rendimiento del testigo entre 6% (CL 1294) y 17% (CL 19231 y CL 19244).

Los factores que influyen en la incidencia de Podredumbre del tallo son: el momento de infección, excesivas fertilizaciones nitrogenadas, riegos tempranos, constantes, con alto nivel de agua, altas densidades de siembra y la susceptibilidad de los cultivares. En cuanto a las fertilizaciones y la densidad de siembra, estas fueron iguales entre épocas. El riego se estableció a fecha fija, por lo que para las plantas de la época tardía fue más temprano en el tiempo, lo que podría explicar esta diferencia entre cultivares entre épocas. De todas formas, el riego no fue constante debido a la escasez de agua en ese momento, lo que no contribuye a la expansión de los inóculos. Debido a todo esto, se puede decir que lo que marca la diferencia entre los cultivares es la susceptibilidad de los mismos.

### 5.3 COMPONENTES DEL RENDIMIENTO

En la tabla 13 se presentan los componentes del rendimiento de los cultivares ordenados de mayor a menor rinde. Los componentes son: número de panojas/m<sup>2</sup>, granos totales/panoja, porcentaje de esterilidad y peso de mil semillas (PMS) (g). Se presentan los resultados por época de siembra temprana (EP1) y época tardía (EP2).

Tabla 13

Componentes del rendimiento según cultivar

Cultivar	Panojas/m <sup>2</sup>		Granos/ panoja		Esterilidad (%)		PMS (g)	
	EP1	EP2	EP1	EP2	EP1	EP2	EP1	EP2
INOV FP	634 ab	773 ab	107 abc	60 ab	38 ab	51 cde	26,1 cde	27,2 cde
XP 113 FP	513 b	715 ab	116 ab	68 a	26 a	27 abc	24,7 fgh	26,0 efg
CL 19244	713 ab	736 ab	90 cd	53 ab	12 a	17 ab	27,1 bc	28,8 ab
CL 19246	700 ab	877 a	98 bc	53 ab	32 ab	32 abcd	25,2 efg	24,8 gh
CL 19258	711 ab	813 ab	116 ab	63 ab	21 a	29 abcd	25,8 def	27,4 cd
CL 19231	636 bc	735 ab	105 abc	61 ab	25 a	36 abcde	25,7 def	26,9 def
CL 19219	596 b	802 ab	125 a	60 ab	39 ab	48 cde	24,8 fgh	24,0 h
CL 19265	563 b	792 ab	123 a	64 ab	18 a	45 cde	24,6 fgh	25,9 fg
CL 19273	648 ab	688 ab	112 abc	65 a	30 ab	35 abcde	24,7 fgh	27,6 bcd
CL 19220	550 b	823 ab	111 abc	57 ab	35 ab	48 cde	24,4 gh	24,8 gh
CL 19263	646 ab	812 ab	120 ab	64 ab	30 ab	40 bcde	23,5 h	24,8 gh
GURI INTA CL	615 b	781 ab	107 abc	52 ab	23 a	41 bcde	23,7 h	25,4 g
CL 1294	650 ab	792 ab	72 d	62 ab	15 a	11 a	28,0 ab	29,1 a
CL 1202	525 b	569 b	108 abc	61 ab	54 b	55 de	28,9 a	28,1 abcd
7009 FP	902 a	833 ab	70 d	42 b	17 a	59 e	26,8 bcd	28,2 abc
<b>Media del ensayo</b>	640	769	106	59	28	38	25,5	26,6
<b>MDS 5%</b>	277		23		27		1,3	
<b>CV (%)</b>	14,2		10,0		29,3		1,7	
<b>C.M.E.</b>	10081		67,9		93,1		0,2	
<b>Significancia (cultivar)</b>	***		***		***		***	

Nota. Medias de cultivares con una letra común no son significativamente diferentes dentro de cada variable en cada época de siembra ( $p > 0,05$ ). Significancia: \*\*\*:

$P < 0,0001$ , \*\*:  $P < 0,01$ , \*:  $P < 0,05$ , ns: no significativo.

En cuanto al número de panojas por metro cuadrado no se encontró interacción cultivar por época de siembra, de todas maneras se presentan los resultados por época con el fin de comprender los rendimientos alcanzados (tabla 13). La media del ensayo fue de 705 panojas/m<sup>2</sup>. Se encontró efecto época ( $p \leq 0,01$ ) que determinó que los

materiales sembrados en la época tardía alcanzaron 129 panojas/m<sup>2</sup> más que los sembrados en la época temprana (769 y 640 panojas/m<sup>2</sup> respectivamente).

El efecto época mencionado anteriormente está condicionado por el número de plántulas iniciales. En la tabla 14 se presenta el número de plántulas por metro cuadrado en las parcelas.

**Tabla 14**

*Número de plántulas iniciales por metro cuadrado según época de siembra y cultivar*

<b>Cultivar</b>	<b>Época 1</b>	<b>Época 2</b>
CL 1294	238 ab	306 a
CL 1202	193 abcd	283 a
CL 19220	130 abcd	231 a
CL 19219	132 abcd	271 a
CL 19231	200 abcd	257 a
CL 19263	186 abcd	256 a
CL 19258	112 bcd	229 a
CL 19273	79 bcd	265 a
CL 19265	152 abcd	292 a
CL 19244	42 d	248 a
CL 19246	224 abc	232 a
GURI INTA CL	118 abcd	256 a
7009 FP	275 a	219 a
XP 113 FP	121 abcd	173 a
INOV FP	74 cd	167 a
<b>Media del ensayo (plántulas/m<sup>2</sup>)</b>	152	246
<b>MDS 5% (plántulas/m<sup>2</sup>)</b>	163	
<b>CV (%)</b>	30,0	
<b>C.M.E.</b>	3.544	
<b>Significancia (cultivar)</b>	***	

*Nota.* Medias con una letra común no son significativamente diferentes dentro de cada época de siembra ( $p > 0,05$ ). Significancia: \*\*\*:  $P < 0,0001$ , \*\*:  $P < 0,01$ , \*:  $P < 0,05$ , ns: no significativo.

Al analizar esta segunda variable se detectó interacción época de siembra por cultivar ( $p \leq 0,01$ ) (tabla 14) y efecto época ( $p \leq 0,01$ ) que determinó que la implantación, medido como número de plántulas/m<sup>2</sup>, fuera mayor que en la época tardía. Si bien no todas se afectaron de la misma manera, esto está asociado a problemas ocurridos durante la siembra, que determinaron que, en la época temprana, la profundidad de siembra fue mayor a la ideal ( $> 2,5-3$  cm), afectando la implantación. Este problema parece ser el principal responsable de los resultados de esta variable. Otro factor que también influye es la temperatura del suelo que, como ya se mencionó, fue más alta en noviembre respecto a octubre (anexo F). Para el caso de los híbridos particularmente, la menor cantidad de plántulas/m<sup>2</sup> se debe a que estos se siembran a menores densidades (45-50 kg/ha).

En síntesis, se puede decir que, la mayor cantidad de panojas/m<sup>2</sup> en la época tardía son resultado de una mayor emergencia que al macollaje de cada planta, el cual fue en promedio 4,2 y 3,1 tallos/planta para la época 1 y 2 respectivamente. De todas maneras, no se encontraron diferencias entre los cultivares y el testigo GURI INTA CL en el número de plántulas iniciales ni en las panojas/m<sup>2</sup>.

El alto número de panojas/m<sup>2</sup> de los cultivares CL 19244, CL 19273 y CL 19258, a pesar de la baja implantación, se explica en parte por el mayor espacio para que cada una de las plantas alcanzara mayor macollaje. Para el caso del híbrido INOV FP, el alto número de panojas/m<sup>2</sup> se explica por la heterosis, este material explotó en mayor medida la heterosis en la época temprana que en la tardía (8,6 y 4,6 panojas/planta respectivamente), asimismo, en la época tardía fue el cultivar que alcanzó mayor número de panojas/planta.

En lo que respecta al número de granos totales por panoja, este fue de 105 y 58 granos/panojas para la época 1 y 2 respectivamente. Se detectó interacción entre cultivar y época de siembra ( $p \leq 0,0001$ ) por lo que los resultados se presentan por época (tabla 13). Se encontró efecto época ( $p \leq 0,0001$ ) que determinó que los materiales sembrados en la época temprana alcanzaran mayor número de granos/panoja que los sembrados en la época tardía.

La diferencia promedio entre ambas épocas fue de 47 granos/panoja, sin diferenciar según el tipo de grano: lleno, semilleno y chuzo. Según Murta et al. (1991) como se cita en Cantou Mayol y Molina Casella (2002), el número de granos/panoja se define en el período que va desde 32 a 5 días antes del panojamiento y es el resultado de la diferencia de la cantidad de primordios diferenciados y de los que no se forman.

Se encontraron diferencias significativas en este componente respecto al testigo GURI INTA CL únicamente en la época temprana, en los materiales CL 1294 y 7009 FP. Estos cultivares alcanzaron menor cantidad de granos/panoja. En la época tardía ningún material presentó diferencias significativas respecto al testigo.

En cuanto al porcentaje de esterilidad de los granos, este fue de 28 y 38% para la época temprana y tardía respectivamente. Se encontró interacción cultivar por época de siembra ( $p \leq 0,01$ ), por lo que los resultados se expresan por época (tabla 13). Se observó efecto época de siembra ( $p \leq 0,01$ ) que determinó que los materiales sembrados en la época tardía alcanzaron mayor porcentaje de esterilidad que los sembrados en la época temprana.

En general, la esterilidad fue alta en ambas épocas de siembra. Esto está relacionado con los fríos ocurridos durante la floración. Las temperaturas críticas nocturnas para la inducción de la esterilidad son entre 10-15 °C. Este evento se acentúa cuando ocurre durante tres días o más (Chebataroff, 2012).

La fecha de floración permite determinar las condiciones de temperaturas mínimas a las que ocurrió este evento. En la tabla 15 se presentan el número de días con temperaturas iguales o inferiores a 15 °C en el período entorno a floración (10 días pre y post floración), y la amplitud de dichas temperaturas (°C), según época de siembra y cultivar.

**Tabla 15**

*Días con temperaturas mínimas inferiores a 15 °C entorno a floración y su amplitud (°C)*

	Época 1	Época 2
Cultivar	Días (amplitud °C)	Días (amplitud °C)
CL 1294	2 (12,6-14,4)	2 (13,8-14,4)
XP 113 FP	3 (12,6-14,4)	5 (6,8-14,4)
INOV FP	3 (12,6-14,4)	5 (6,8-14,4)
CL 19244	3 (12,6-14,4)	7 (6,4-14,4)
7009 FP	3 (12,6-14,4)	8 (6,4-14,4)
GURI INTA CL	3 (12,6-14,4)	8 (6,4-14,4)
CL 19231	3 (12,6-14,4)	7 (6,4-14,4)
CL 19273	2 (13,8-14,4)	7 (6,4-14,4)
CL 19258	3 (12,6-14,4)	8 (6,4-14,4)
CL 19265	3 (12,6-14,4)	8 (6,4-14,4)
CL 19263	2 (13,8-14,4)	8 (6,4-14,4)
CL 19220	2 (13,8-14,4)	6 (6,4-14)
CL 19246	2 (13,8-14,4)	6 (6,4-14)
CL 19219	2 (9,4-14,4)	6 (6,4-14)
CL 1202	7 (6,4-14,4)	6 (6,4-14)

En la época temprana, los materiales tuvieron un porcentaje de esterilidad estadísticamente igual entre ellos e iguales al testigo, a excepción de CL 1202 que tuvo un porcentaje significativamente más alto. La mayor esterilidad de este cultivar se debió a que por el largo de su ciclo, el período crítico (10 días pre y post floración) coincidió con los días de frío en febrero (anexo B), de los cuales cinco fueron consecutivos, con los últimos tres días entre 6,4 y 6,8 °C.

Por otro lado, en la época tardía, CL 1294 se diferenció del testigo, con un porcentaje de esterilidad estadísticamente más bajo y el resto de los materiales fueron estadísticamente iguales al testigo. Este material, al presentar el ciclo más corto en días, ubicó el período crítico antes de los fríos más severos que ocurrieron en febrero. En resto de los materiales, el período crítico coincidió con los fríos intensos mencionados.

El material CL 19244 si bien no se diferencia estadísticamente del testigo en ninguna de las dos épocas, es uno de los materiales que tuvo menores valores absolutos de este componente, donde en la época tardía alcanzó menos de la mitad de la esterilidad del testigo (17% respecto a 41%). Esto sugiere que este material se afecta



menos con las temperaturas bajas que el resto de los materiales. El material CL 19246, a diferencia del testigo, fue un material estable entre épocas, a pesar de los fríos de febrero. Esto sugiere que este material es muy sensible a las temperaturas inferiores a 15 °C, independientemente de la magnitud. En contraposición, tanto el material CL 19265 como el testigo aumentan considerablemente la esterilidad frente a mayores ocurrencias de días fríos y de menores grados, lo que sugiere que la sensibilidad se afecta según la cantidad de días consecutivos y/o la disminución de los grados.

El número de granos llenos y semillenos depende del número de flores producidas y del número de flores polinizadas. La polinización de las flores ocurre simultáneamente con la antesis, siendo el óptimo temperaturas de 30-33 °C, con máxima de 35 °C y mínima de 22 °C. Temperaturas de 12 °C impiden la descarga de polen (Chebataroff, 2012). Es de esperar que los materiales que florecen antes, a temperaturas mayores, alcancen mayor porcentaje de fecundación y que los que florecen más tarde, con menores temperaturas alcancen mayor porcentaje de esterilidad de granos. En enero la temperatura media fue de 24,9 °C y posteriormente en febrero disminuyó a 24,0 °C. La gran mayoría de los cultivares alcanzaron mayor cantidad de granos llenos y semillenos al sembrarse en la primera época, a excepciones de CL 1294 el cual fue estable entre épocas y CL 1202 que logró mayor cantidad de estos granos en la segunda época. Esto coincide con los resultados esperados.

Por último, el peso de mil granos fue de 25,5 y 26,6 g para la época 1 y 2 respectivamente. Se detectó interacción cultivar por época de siembra ( $p \leq 0,0001$ ), por lo que los resultados se presentan por época (tabla 13). Se observó efecto época ( $p \leq 0,01$ ) que determinó que los cultivares sembrados en la época tardía alcanzaron mayor peso que los sembrados en la época temprana.

Después de la antesis se da el comienzo del período de llenado de granos y posterior maduración. La temperatura en esta etapa es uno de los factores que influye en el peso de los granos. En la tabla 13 se observa que los materiales sembrados tardíos alcanzan mayor peso de mil semillas (PMS) debido a que ubican la floración más tarde que los sembrados tempranos, por lo tanto a menores temperaturas. Con esta lógica, es de esperar que los materiales que florecen más tarde en el tiempo (en una misma época) alcancen mayor PMS que los que florecen antes. Esto se cumple en el cultivar CL 1202, que fue el material de ciclo más largo y alcanzó alto PMS en ambas épocas de siembra y específicamente en la época temprana fue el más alto. Sin embargo, el cultivar CL 1294, de ciclo corto, por ende, diferentes fechas de floración, con diferentes condiciones, también se ubicó entre los materiales con mayor PMS en ambas épocas de siembra, esto sugiere que el PMS se debe a características intrínsecas de los materiales.

En este componente del rendimiento es en el que se encontró mayor cantidad de materiales en evaluación diferentes al testigo GURI INTA CL. En la época temprana, los materiales que fueron estadísticamente superiores al testigo (23,7 g) fueron CL 1202, CL 1294, CL 19244, CL 19258, CL 19231 y CL 19246 (28,9, 28,0, 27,1, 25,8, 25,7 y 25,2 g respectivamente). En la época tardía, los materiales que fueron estadísticamente superiores al testigo (25,4 g) fueron CL 1294, CL 19244, CL 19273, CL 19258, CL 19231 y CL 19219 (29,1, 28,8, 27,6, 27,4, 26,9 y 24,0 g respectivamente).

A modo de síntesis, debido al problema inicial de profundidad de siembra y a las menores temperaturas del suelo, en la época temprana hubo menor implantación que en la época tardía. Posteriormente, algunas plantas de la época temprana se recuperaron más que otras, aunque en general, esto determinó que en la época tardía hubiera 129 panojas/m<sup>2</sup> más que en la época temprana. El número de granos/panoja fue 47 granos mayor en la época temprana y la esterilidad fue 10% menos en la misma. La ocurrencia de fríos durante varios días consecutivos, con temperaturas de 6,8-6,4 °C en febrero aumentó considerablemente la esterilidad de la época tardía, resultando en un menor número de granos llenos y semillenos por panoja. El PMS fue mayor en la época tardía. Aun así, esta época fue la que alcanzó menor rendimiento, por lo que a pesar de tener 94 plantas/m<sup>2</sup> y 129 panojas/m<sup>2</sup> más, no logró compensar los rendimientos de la época temprana.

#### 5.4 CALIDAD INDUSTRIAL

Dado que el rendimiento de las líneas promisorias presentadas anteriormente fue corregido únicamente por humedad e impurezas (seco y limpio), es crucial analizar los datos relacionados a la calidad industrial. Este es un factor adicional que ajusta rendimiento (sano) por estar asociado a premios y castigos, los que bonifican o penalizan el rendimiento final obtenido.

En la tabla 16 se presentan los valores correspondientes a la calidad industrial de los cultivares, ordenados de mayor a menor rinde. Los parámetros evaluados incluyen: porcentaje de blanco total, porcentaje de entero y porcentaje de yeso. En todos los casos se detectó interacción época de siembra por cultivar, por lo que se presentan los resultados según época de siembra temprana (EP1) y época de siembra tardía (EP2).

Tabla 16

Calidad industrial según época de siembra y cultivar

Cultivar	Blanco total (%)		Entero (%)		Yeso (%)	
	EP1	EP2	EP1	EP2	EP1	EP2
INOV FP	70,3 bcd	71,1 bcd	59,8 de	56,0 e	17,7 fg	20,1 cd
XP 113 FP	72,6 a	72,8 a	67,2 a	65,3 ab	6,1 ab	6,6 a
CL 19244	69,5 cd	70,7 bcd	63,5 c	63,1 bcd	10,9 bcd	12,5 b
CL 19246	70,1 bcd	72,2 ab	62,8 cd	65,7 ab	16,7 ef	20,1 cd
CL 19258	71,0 bc	71,5 abc	64,9 abc	65,1 ab	12,5 cde	13,3 b
CL 19231	70,7 bcd	71,5 abc	63,7 bc	63,8 abcd	14,9 def	16,2 bc
CL 19219	71,3 ab	72,0 ab	63,0 cd	64,5 abc	16,7 ef	15,8 bc
CL 19265	71,4 ab	71,7 abc	67,0 ab	67,3 a	7,1 ab	7,2 a
CL 19273	70,7 bcd	71,5 abc	64,4 abc	64,2 abc	12,7 cdef	13,9 b
CL 19220	70,7 bcd	72,0 ab	59,3 e	61,6 cd	21,9 g	21,4 d
CL 19263	70,9 bc	71,0 bcd	64,1 abc	64,1 abcd	8,7 abc	13,9 b
GURI INTA CL	71,0 bc	71,3 abcd	64,5 abc	65,2 ab	9,0 abc	5,1 a
CL 1294	69,3 d	70,2 cd	63,2 c	64,6 abc	5,2 a	3,9 a
CL 1202	69,9 bcd	69,7 d	61,5 cde	60,7 d	8,5 abc	13,0 b
7009 FP	70,2 bcd	71,1 bcd	63,4 c	65,4 ab	4,5 a	3,3 a
<b>Media del ensayo</b>	70,7	71,3	63,5	63,8	63,5	63,8
<b>MDS 5%</b>		1,6		3,4		5,2
<b>CV (%)</b>		0,8		2,0		15,7
<b>C.M.E.</b>		0,35		1,55		3,48
<b>Significancia (cultivar)</b>		***		***		***

Nota. Medias de cultivares con una letra común no son significativamente diferentes dentro de cada variable en cada época de siembra ( $p > 0,05$ ). Significancia: \*\*\*:

$P < 0,0001$ , \*\*:  $P < 0,01$ , \*:  $P < 0,05$ , ns: no significativo.

En cuanto al porcentaje de blanco total, éste fue de 70,7 y 71,3% para la época 1 y 2 respectivamente. El resultado del análisis de varianza mostró diferencias significativas entre cultivares ( $p \leq 0,0001$ ), así como la interacción época de siembra por cultivar fue significativa ( $p \leq 0,05$ ), por lo que los resultados se presentan por época de

siembra (tabla 16). También se detectó diferencias entre épocas de siembra ( $p \leq 0,01$ ) que determinó que los cultivares sembrados en la época tardía alcanzaran mayor porcentaje de blanco que los de la época temprana.

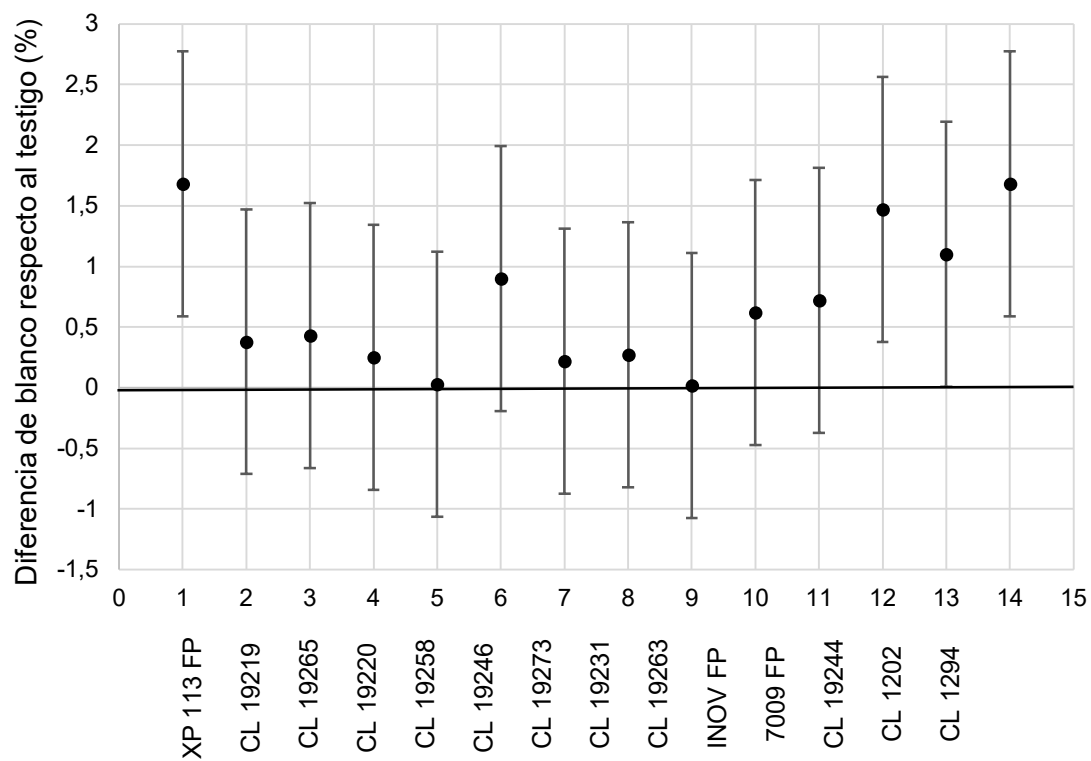
En general, el porcentaje de blanco total de muestras de arroz tomadas de las parcelas fue superior a la base de comercialización (70% de blanco total), a excepción de los cultivares CL 19244 y CL 1294 durante la época temprana (69,5 y 69,3% respectivamente) y CL 1202 en ambas épocas de siembra (69,9 y 69,7%). Los materiales que estuvieron por debajo de la base de 70% recibirán castigos por calidad y los que estuvieron por encima recibirán bonificaciones (bonifica o castiga 0,5% por 1% o fracción). Se encontraron materiales en evaluación con diferencias significativas respecto al testigo únicamente en la época temprana, estos fueron CL 19244 y CL 1294, en ambos casos el porcentaje de blanco fue significativamente menor.

El trabajo realizado por Cantou Mayol y Molina Casella (2002) explica que los granos más pequeños, con mayor proporción de cáscara, tienden a tener menores porcentajes de blanco debido a mayores pérdidas durante los procesos de descascarado y pulido, muchos de esos granos se pierden por molienda o trituración, disminuyendo el porcentaje de blanco. Esto no coincide con lo ocurrido en este ensayo, materiales como CL 1202 y CL 1294, con alto PMS, mostraron bajos porcentajes de blanco, mientras que otros cultivares de menor PMS, como CL 19219, CL 19220, CL 19246, GURI INTA CL, CL 19263 alcanzaron al menos 70% de blanco en ambas épocas de siembra.

En las figuras 6 y 7 se presentan los intervalos de confianza al 95% para porcentaje de blanco obtenidos con la prueba de Dunnett al comparar los materiales con el testigo GURI INTA CL.

**Figura 5**

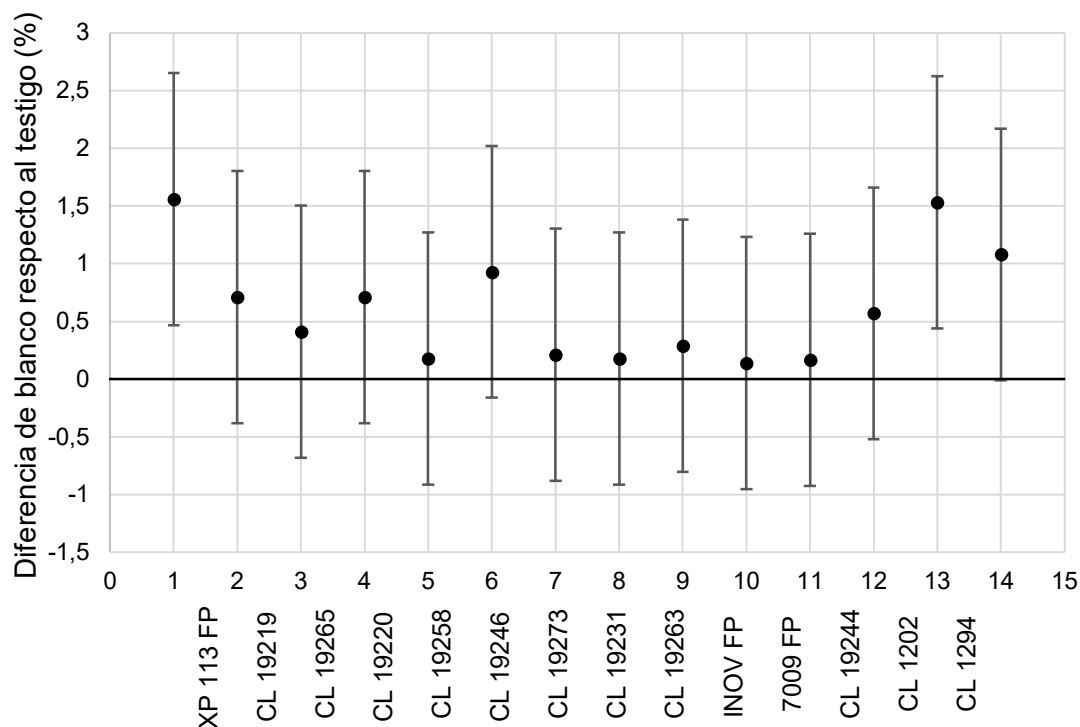
*Intervalos de confianza para blanco total entre los cultivares y el testigo para época 1*



*Nota.* Si un intervalo no contiene cero significa que es significativamente diferente al testigo (95% de confianza).

**Figura 6**

*Intervalos de confianza para blanco total entre los cultivares y el testigo para época 2*



*Nota.* Si un intervalo no contiene cero significa que es significativamente diferente al testigo (95% de confianza).

Cuando comparamos los resultados de la prueba de Dunnett con los del test de Tukey, se observan algunas diferencias. La prueba de Dunnett encontró, además de los ya mencionados, diferencias significativas entre el cultivar CL 1202 y el control en ambas épocas de siembra. En ambos casos este cultivar tuvo menor porcentaje de blanco que el testigo.

En lo que respecta al porcentaje de entero, éste fue 63,5 y 63,8% para la época 1 y 2 respectivamente. El resultado del análisis estadístico determinó diferencias entre cultivares ( $p \leq 0,0001$ ) y la interacción época de siembra-cultivar fue significativa ( $p \leq 0,01$ ), por lo que los resultados se presentan por época (tabla 16). No se observó efectos significativos de la época de siembra ( $p > 0,05$ ).

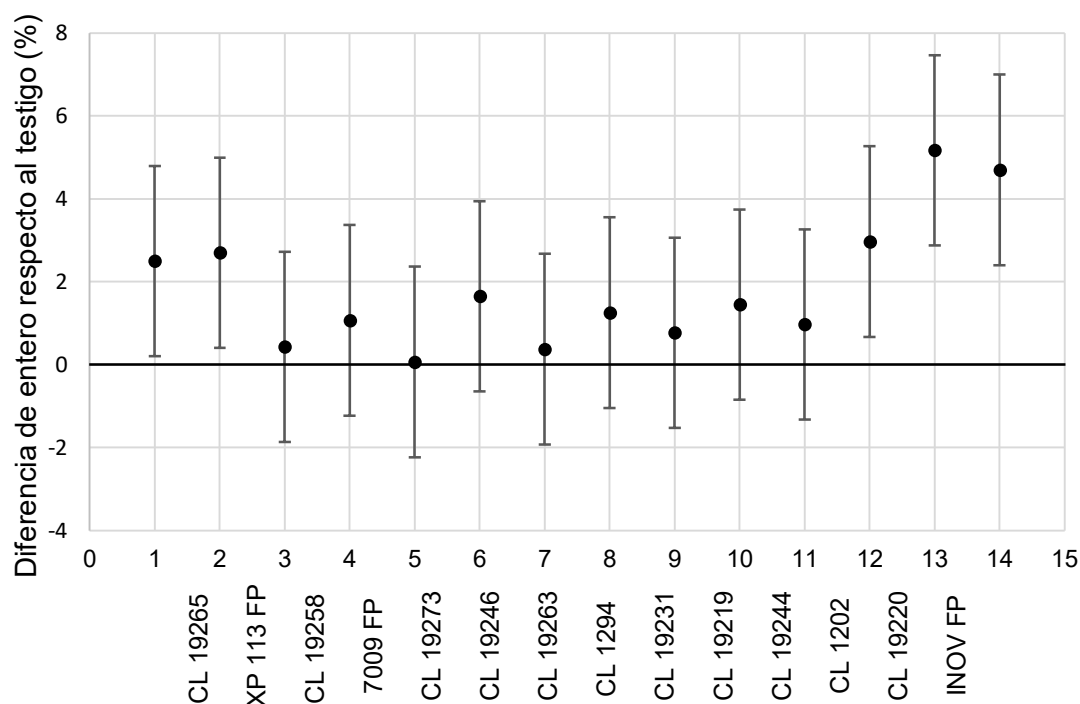
El porcentaje de entero fue superior a la base de comercialización de 58% en la mayoría de los casos, excepto en testigo comercial INOV FP en la época de siembra tardía (56%). Los materiales con valores inferiores al 58% recibirán castigos por calidad, mientras que los que estuvieron por encima recibirán bonificaciones (bonifica o castiga 0,5% por 1% o fracción).

No se encontró ningún material con diferencias significativas superiores a GURI INTA CL. En general, las líneas promisorias fueron estadísticamente igual al testigo a excepción de CL 1202 en la época tardía y CL 19220 en ambas épocas.

En la figura 8 se presentan los intervalos de confianza al 95% para porcentaje de entero, obtenidos con la prueba de Dunnett al comparar los materiales con el testigo GURI INTA CL para la época temprana (EP1).

**Figura 7**

*Intervalos de confianza para porcentaje de entero entre los cultivares y el testigo para EP1*



*Nota.* Si un intervalo no contiene cero significa que es significativamente diferente al testigo (95% de confianza).

La prueba Dunnett encontró otras diferencias significativas existentes entre algunos de los cultivares y el testigo en la época temprana. El cultivar CL 19265 fue significativamente superior a GURI INTA CL y CL 1202 fue significativamente inferior al mismo. En la época tardía no se encontraron otras diferencias significativas aparte de las ya mencionadas (anexo I).

García et al. (1997) como se cita en Cantou Mayol y Molina Casella (2002) consideran que los granos livianos, con mayores proporciones de cáscara y altos porcentajes de yeso, explican el menor rendimiento de entero. Esto explica los bajos rendimientos de entero de los materiales CL 19220, que tuvo un bajo PMS (24,4-24,6

g) y alto porcentaje de yeso (21,9-21,4%), y, de INOV FP, que tuvo un alto porcentaje de yeso (17,7-20,1%).

En lo que respecta al porcentaje de yeso, este fue de 11,6 y 12,1% para la época 1 y 2 respectivamente. El análisis estadístico mostró diferencias significativas entre cultivares ( $p \leq 0,0001$ ) y la interacción época de siembra-cultivar fue significativa ( $p \leq 0,01$ ), por lo que los resultados se presentan por época de siembra (tabla 16). No se observó diferencias significativas entre épocas de siembra ( $p > 0,05$ ).

A diferencia del porcentaje de blanco y de entero, en este parámetro son deseables los valores mínimos. El porcentaje de yesado de las muestras de arroz tomadas de la parcela fue inferior a la base de comercialización (6% de yeso) en los materiales 7009 FP y CL 1294 en ambas épocas de siembra, XP 113 FP en la época temprana y GURI INTA CL en la época tardía. La tolerancia de recibo de la industria molinera es de 18% de granos yesosos. Los materiales que estuvieron por encima de la base de comercialización pero dentro de este porcentaje de tolerancia fueron: CL 19265, CL 1202, CL 19263, CL 19244, CL 19258, CL 19273, CL 19231 y CL 19246 en ambas épocas de siembra, GURI INTA CL e INOV FP en la época de siembra temprana y XP 113 FP en la época tardía. Los materiales que superan la tolerancia de recibo del molino fueron INOV FP en la época de siembra tardía y CL 19220 en ambas épocas de siembra. Los materiales que estuvieron por encima de la base de 6% de granos yesosos recibirán castigos de 0,5% por 1% o fracción.

No se encontraron materiales con diferencias significativas inferiores a GURI INTA CL. Las líneas promisorias CL 19265 y CL 1294 fueron estadísticamente igual al testigo en ambas épocas de siembra. Por otra parte, las líneas CL 19244, CL 19258, CL 19273, CL 19263 y CL 1202 fueron estadísticamente iguales al testigo en la época temprana y significativamente superiores en la época tardía.

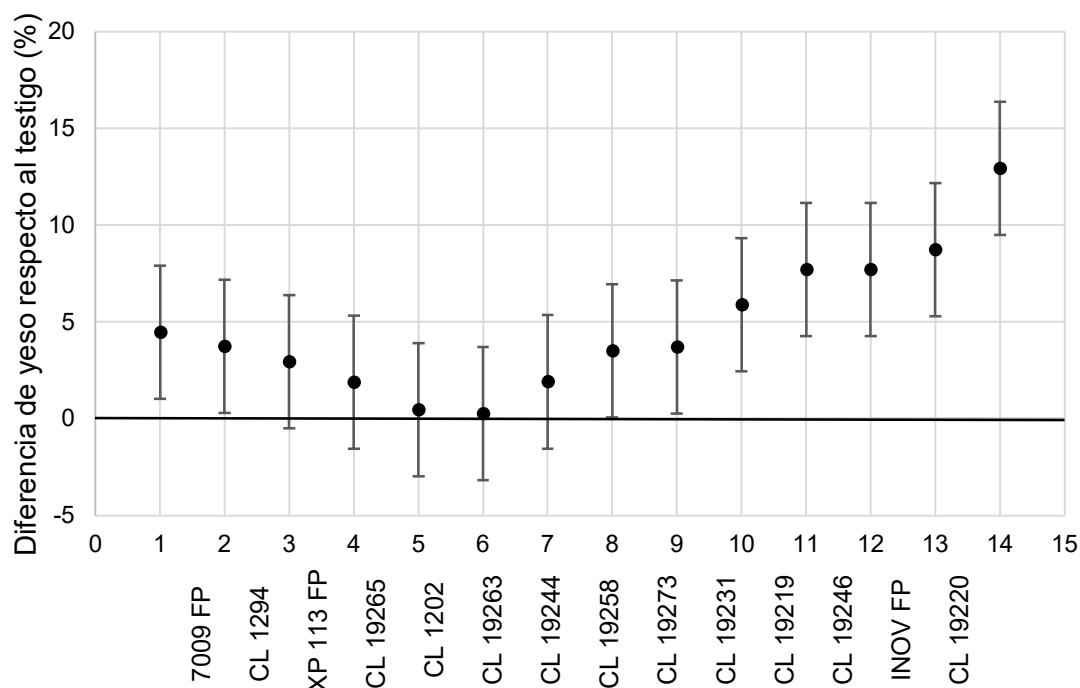
Si bien no se encontró efecto época de siembra, en el material GURI INTA CL, este parámetro fue mayor en la época temprana, y en los materiales CL 1202 y CL 19263, fue mayor en la época de siembra tardía. Esto se debe a factores intrínsecos a cada variedad y a la interacción.

En la figura 8 a continuación se presentan los intervalos de confianza al 95% para porcentaje de yeso obtenidos con la prueba de Dunnett al comparar los materiales con el testigo GURI INTA CL para la época temprana (EP1).



**Figura 8**

*Intervalos de confianza para porcentaje de yeso entre los cultivares y el testigo para EP1*



*Nota.* Si un intervalo no contiene cero significa que es significativamente diferente al testigo (95% de confianza).

La prueba Dunnett encontró nuevas diferencias significativas existentes entre algunos cultivares y el testigo en la época temprana. El cultivar CL 1294 fue significativamente inferior a GURI INTA CL y, los materiales CL 19273 y CL 19258 fueron significativamente superior al mismo. En la época tardía no se encontraron otras diferencias significativas aparte de las ya mencionadas (anexo I).

Este atributo se relaciona con características intrínsecas de cada variedad y en ocasiones son modificados por variables ambientales como la temperatura al momento del llenado de granos, temperaturas superiores a 30°C afectan el almacenamiento del almidón, dejando espacios vacíos que dan origen al yeso en los granos. Sin embargo, los datos meteorológicos de temperatura (anexo A), no evidencian valores superiores al mencionado durante este período, por lo tanto, las diferencias entre cultivares se deben a factores genéticos de los cultivares. Esto se evidencia claramente en la primera época, donde 7009 FP e INOV FP florecieron el mismo día, con las mismas condiciones, sin embargo 7009 FP alcanzó apenas un cuarto del yeso que alcanzó INOV FP.

A modo de síntesis, al analizar estos tres parámetros de calidad molinera utilizando el método de Tukey al 5%, no se identificaron líneas promisorias que superen al testigo en dichos parámetros. En general, fueron iguales o, en algunos casos, con

menor desempeño, principalmente en el porcentaje de yeso. Sin embargo, al aplicar la prueba de Dunnett, se encontraron dos materiales con un desempeño superior al testigo en un parámetro al menos. El primero, CL 19265, presentó un porcentaje de entero 2,5% superior al testigo en la época temprana, mientras que en los demás parámetros y épocas de siembra no presentó diferencias estadísticas. El segundo, CL 1294, se destacó porque tuvo un porcentaje de yeso 3,8% menos que el testigo en la época temprana. No obstante, este material presentó 1,7% menos de blanco en la primera época de siembra y 0,7% menos que la base de comercialización; en el resto de los parámetros y fechas de siembra fue estadísticamente igual al testigo.

#### 5.5 LATENCIA DE SEMILLAS

En la tabla 17 se presentan los resultados del análisis de latencia de las semillas luego de la cosecha. Las mediciones se realizaron a los 5 y 14 días posteriores a la instalación del experimento. El modelo indicó diferencias significativas entre cultivares ( $p \leq 0,0001$ ), tanto a los 5 como a los 14 días. Los resultados muestran un gradiente y una tendencia. Las medias ajustadas para los cultivares revelaron diferencias claras, algunos cultivares presentaron alta probabilidad de germinación a los 5 días, entre ellos CL 19220, CL 19246 y CL 19219 con probabilidades de 0,90, 0,88 y 0,80 respectivamente. En contraposición, los materiales 7009 FP, CL 19265 y GURI INTA CL presentaron baja probabilidad de germinación (0,15, 0,13 y 0,09 respectivamente). Si bien a los 14 días todos los materiales aumentaron la probabilidad, se mantuvo cierta tendencia. Los materiales CL 19220, CL 19246 y CL 19219 llegaron a 0,96, 0,89 y 0,87 respectivamente, y XP 113 FP y GURI INTA CL apenas lograron 0,24 y 0,14 respectivamente. En general, los testigos comerciales tuvieron baja probabilidad de germinación.

**Tabla 17***Probabilidad de germinación a los 5 y 14 días*

<b>Cultivar</b>	<b>Probabilidad a 5 días</b>	<b>Probabilidad a 14 días</b>
CL 19220	0,90 a	0,96 a
CL 19246	0,88 a	0,89 b
CL 19219	0,80 b	0,87 b
CL 19263	0,66 c	0,75 c
CL 1202	0,55 d	0,73 cd
CL 19258	0,54 d	0,71 cd
CL 1294	0,45 de	0,55 ef
CL 19231	0,43 ef	0,56 ef
CL 19273	0,39 efg	0,46 fg
CL 19244	0,33 fg	0,63 de
INOV FP	0,29 g	0,41 gh
XP 113 FP	0,18 h	0,24 i
7009 FP	0,15 hi	0,38 gh
CL 19265	0,13 hi	0,34 h
GURI INTA CL	0,09 i	0,14 j
<b>Significancia (cultivar)</b>	<b>***</b>	<b>***</b>

*Nota.* Medias con una letra en común no son significativamente diferentes dentro de cada columna (5 y 14 días) ( $p > 0,05$ ). Significancia: \*\*\*:  $P < 0,0001$ , \*\*:  $P < 0,01$ , \*:  $P < 0,05$ , ns: no significativo.

Los cultivares que alcanzaron alta probabilidad de germinación se pueden asociar a materiales que presentan una latencia corta en el tiempo, por lo que tienen altas probabilidades de germinar en la panícula si se dan condiciones de humedad y temperatura favorables como las ocurridas en el mes de marzo de 2023. En este mes las precipitaciones acumuladas fueron 189 mm, la temperatura media fue 24,5 °C y la humedad relativa fue 83,5%.

Los cultivares CL 19220, CL 19219 y CL 19263, son resultado del cruzamiento INIA MERÍN x GURI INTA CL. Por otro lado, CL 19246 es resultado de INIA MERIN x (INIA MERIN x CL 212). Si bien no se pueden hacer conclusiones, una observación es que los materiales que presentaron las medias más altas en valores absolutos, coinciden en que tienen como común denominador a INIA MERIN, variedad que en ese año se encontraron en chacras comerciales panículas con granos germinados debido a las condiciones ambientales ocurridas.

En síntesis, conocer esta característica intrínseca de los cultivares es importante al momento que se presenten años similares a ese.

## 6. CONCLUSIÓN

El rendimiento medio de los ensayos fue 10,9 tt/ha. El testigo de referencia GURI INTA CL estuvo por debajo de la media con 10,3 tt/ha. Las productividades más altas de estos ensayos superaron las 12 tt/ha y corresponden a los testigos comerciales INOV FP y XP 113 FP, los cuales son híbridos, y a CL 19244, el cual es una variedad. Estos tres materiales fueron estadísticamente diferentes y superiores al testigo de referencia en 23%, 21% y 17% respectivamente. Otros materiales, aunque no se diferenciaron estadísticamente del testigo, su rendimiento estuvo por encima de la media de los ensayos y del testigo, como es el caso de CL 19246, CL 19258, CL 19231 y CL 19219.

Respecto a los parámetros de calidad molinera, el porcentaje de blanco y de entero del ensayo estuvo por encima de la base de comercialización (70% y 58% respectivamente) en ambas épocas de siembra. El porcentaje de yeso del ensayo fue alto, superando la base de comercialización (6%) en ambas épocas.

En cuanto a la probabilidad de germinación, a los 5 días hay materiales como CL 19220, CL 19219 y CL 19246 que presentan altas probabilidades. Sin embargo, el testigo de referencia se mantiene con bajas probabilidades, incluso a los 14 días. De los materiales en evaluación, CL 19265 es el que presenta menor probabilidad de germinación.

No se encontró ningún material que fuera únicamente superior en todos los aspectos evaluados respecto al testigo de referencia.

Algunos materiales se destacaron por su rendimiento en ambas épocas de siembra, como es el caso de CL 19244, o materiales que lo hicieron por su rendimiento en la época tardía (EP2), tales como CL 19258, CL 19246 y CL 19231. Otros cultivares fueron mejor que el testigo en algún parámetro de calidad molinera, como es la situación de CL 19265 y CL 1294. También se encontraron combinaciones intermedias de rendimiento y calidad comparables con el testigo, como ocurrió en CL 19219 y CL 19263.

A continuación se detallan los materiales de posible interés que surgen a partir de este ensayo que corresponde a un año, en una localidad. Es importante destacar que para ser evaluados en la fase pre-comercial es necesario complementar estos datos con datos recabados en años anteriores y en diferentes localidades.

CL 19244 rindió al menos 17% más que GURI INTA CL en ambas épocas de siembra. Su rendimiento fue igual al de los testigos híbridos. En el porcentaje de blanco no se diferenció del testigo de referencia en ninguna de las dos épocas de siembra. En la época temprana (EP1) tuvo 0,5% menos que la base de comercialización (70%). En el porcentaje de entero no se diferenció del testigo y se ubicó por encima de la base de

comercialización (58%) en 5,5% y 5,1% para la EP1 y EP2 respectivamente. En el porcentaje de yeso fue igual al testigo en la EP1 y 7,4% superior en la EP2. En ambos casos estuvo por encima de la base de comercialización (6%) en 4,9% y 6,5% respectivamente.

CL 19246 no se diferenció en promedio del testigo, aun así rindió 14% más en la EP2. Su rendimiento tampoco se diferenció del de los híbridos. En el porcentaje de blanco este material fue estadísticamente igual al testigo en ambas épocas y superior a la base de comercialización 2,2% en la EP2. En el porcentaje de entero fue igual al testigo y 4,8% y 7,7% superior a la base de comercialización en la EP1 y EP2 respectivamente. Sin embargo, en el porcentaje de yeso fue diferente al testigo en ambas épocas de siembra y superior a la base de comercialización 10,7% y 14,1% para la EP1 y EP2 respectivamente. En la EP2 superó la tolerancia de recibo del molino de grano yesos (18%).

CL 19258 no se diferenció en promedio del testigo, aun así rindió 12% más en la EP2. Su rendimiento tampoco se diferenció del de los testigos híbridos. En el porcentaje de blanco fue igual al testigo en ambas épocas y superior a la base de comercialización 1% y 1,5% en la EP1 y EP2 respectivamente. En el porcentaje de entero fue igual al testigo y 6,9% y 7,1% superior a la base de comercialización en la EP1 y EP2 respectivamente. En el porcentaje de yeso fue diferente al testigo en ambas épocas de siembra y superior a la base de comercialización 6,5% y 7,3% para la EP1 y EP2 respectivamente.

CL 19231 no se diferenció del testigo pero rindió en 17% más en la EP2. En el porcentaje de blanco fue igual al testigo y superior a la base de comercialización 1,5% en la EP2. En el porcentaje de entero también fue igual al testigo y superior a la base de comercialización 5,7% y 5,8% en la EP1 y EP2 respectivamente. En el porcentaje de yeso fue diferente al testigo en ambas épocas de siembra y superior a la base de comercialización en un 8,9% y 10,2% para la EP1 y EP2 respectivamente.

CL 19265 no se diferenció del testigo pero rindió en promedio 5% más. En el porcentaje de blanco fue igual al testigo y superior a la base de comercialización 1,4% y 1,7% para la EP1 y EP2 respectivamente. En el porcentaje de entero fue superior a la base de comercialización en un 9% en ambas épocas de siembra, siendo superior al testigo de referencia en la EP1. En el porcentaje de yeso fue igual al testigo y 1,1% y 1,2% superior a la base de comercialización en la EP1 y EP2 respectivamente. Si bien este material no se destaca por su rendimiento, es uno de los que presenta mejores valores en los parámetros de calidad molinera.

CL 1294 no se diferenció estadística ni porcentualmente del testigo. En el porcentaje de blanco fue inferior al testigo y a la base de comercialización 0,7% en la

EP1. En la EP2 no se diferenci6 del testigo y alcanz6 la base de comercializaci6n. En el porcentaje de entero fue superior a la base de comercializaci6n 5,2% y 6,6% para la EP1 y EP2 respectivamente. En el porcentaje de yeso fue igual al testigo en ambas 6pocas, con 0,8% y 2,1% debajo de la base de comercializaci6n para la EP1 y EP2 respectivamente. En este 6ltimo par6metro este material es el 6nico que recibe bonificaci6n.

CL 19219 no se diferenci6 del testigo pero rindi6 en promedio 7% m6s. En el porcentaje de blanco fue igual al testigo y superior a la base de comercializaci6n 1,3% y 2% para la EP1 y EP2 respectivamente. En el porcentaje de entero fue igual al testigo y superior a la base de comercializaci6n 5% y 6,5% en la EP1 y EP2 respectivamente. Sin embargo, en el porcentaje de yeso fue estad6sticamente diferente al testigo en ambas 6pocas de siembra y superior a la base de comercializaci6n 10,7% y 9,8% para la EP1 y EP2 respectivamente.

CL 19263 no se diferenci6 en rendimiento promedio ni estadística ni porcentualmente del testigo. En el porcentaje de blanco fue igual al testigo y superior a la base de comercializaci6n 0,9% y 1% para la EP1 y EP2 respectivamente. En el porcentaje de entero fue igual al testigo y superior a la base de comercializaci6n en un 6,1% en ambas 6pocas de siembra. En el porcentaje de yeso fue igual al testigo en la EP1, con 2,7% sobre la base de comercializaci6n y en la EP2 fue diferente al testigo con 7,9% por encima de la base.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Almeida, M., & Bica, Ma. E. (2023). Uruguay: Medalla de Oro en producción. *Revista Arroz*, (107), 32–57. <https://www.aca.com.uy/revista-no-107/>
- Arroz: Uruguay es único en calidad y sustentabilidad. (2023, 1 de noviembre). *El País*. <https://rurales.elpais.com.uy/mercados/arroz-uruguay-es-unico-en-calidad-y-sustentabilidad>
- Atanasiu, N., & Samy, J. (1985). *Arroz: Uso eficaz de los fertilizantes*. Centro de Estudios del Nitrógeno.
- Avila, S. (2000). La podredumbre del tallo. *Revista Arroz*, (24), 44–48. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/5526/1/Revista-Arroz-2000-24-AVILA.pdf>
- Avila, S. (2001a). El quemado del arroz o brusone. *Revista Arroz*, (25), 31–36. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/5527/1/Revista-Arroz-2001-25-AVILA.pdf>
- Avila, S. (2001b). Mancha agregada o manchado confluyente de las vainas. *Revista Arroz*, (27), 41–45. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/5528/1/Revista-Arroz-2001-27-AVILA.pdf>
- Balet, S., Guelpa, A., Fox, G., & Manley, M. (2019). Rapid Visco Analyser (RVA) as a tool for measuring starch-related physiochemical properties in cereals: A review. *Food Analytical Methods*, 12(10), 2344–2360. <https://doi.org/10.1007/s12161-019-01581-w>
- Bao, J. (2012). Toward understanding the genetic and molecular bases of the eating and cooking qualities of rice. *Cereal Foods World*, 57(4), 148–156. <https://doi.org/10.1094/CFW-57-4-0148>
- Bao, J. (2014). Genes and QTL for rice grain quality improvement. En J. Bao & W. Yan (Eds.), *Rice: Germplasm, genetics and improvement* (pp. 239–278). IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/56621>
- Bao, J., Kong, X., Xie, J., & Xu, L. (2004). Analysis of genotypic and environmental effects on rice starch: 1. Apparent amylose content, pasting viscosity, and gel texture. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(19), 6010–6016. <https://doi.org/10.1021/jf049234i>

- Bao, J. S., Zheng, X. W., Xia, Y. W., He, P., Shu, Q. Y., Lu, X., Chen, Y., & Zhu, L. H. (2000). QTL mapping for the paste viscosity characteristics in rice (*Oryza sativa* L.). *Theoretical and Applied Genetics*, 100(2), 280–284.  
<https://doi.org/10.1007/s001220050037>
- Bastiaans, L., Rabbinge, R., & Zadoks, J. C. (1993). Understanding and modeling leaf blast effects on crop physiology and yield. En R. S. Zeigler, S. A. Leong, & P. S. Tengo (Eds.), *Rice blast disease* (pp. 357–380). CAB international; IRRI.  
<https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/216102>
- Beldarrain, G., & Avila, S. (2002). Comportamiento de los organismos causales de las enfermedades del tallo en distintas situaciones de chacra. En H. Saravia (Ed.), *Arroz: Resultados experimentales 2001-2002* (pp. 2-11). INIA.  
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/10250/1/SAD-292.pdf>
- Biselli, C., Cavalluzzo, D., Perrini, R., Gianinetti, A., Bagnaresi, P., Urso, S., Orasen, G., Desiderio, F., Lupotto, E., Cattivelli, L., & Valè, G. (2014). Improvement of marker-based predictability of apparent amylose content in japonica rice through GBSSI allele mining. *Rice*, 7(1), Artículo e1.  
<https://doi.org/10.1186/1939-8433-7-1>
- Blanco, F., & Roel, A. (1993). Riego en el cultivo de arroz. En Asociación de Ingenieros Agrónomos del Uruguay (Ed.), *VI Congreso Nacional de Ingeniería Agronómica* (pp. 25–28).
- Blanco, P., Molina, F., Pérez de Vida, F., Martínez, S., Carracelas, G., Pereira, A. L., Castillo, J., Saldaín, N., Vargas, J., Villaba, M., Escalante, F., Ferreira, A., & Sosa, B. (2017). Nuevos cultivares de arroz para el sistema Clearfield® INIA CL212 e INIA CL244. *Revista INIA*, (51), 20–24.  
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/8185/1/revista-INIA-51-diciembre-2017.-p.20-24.pdf>
- Blanco, P., Pérez de Vida, F., & Roel, A. (1993). Tolerancia a fríos de los nuevos cultivares precoces INIA Yerbál e INIA Tacuarí. En Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Ed.), *XX Reuniao Da Cultura Do Arroz Irrigado: Anais* (pp. 77–80).



- Calingacion, M., Laborte, A., Nelson, A., Resurreccion, A., Concepcion, J. C., Daygon, V. D., Mumm, R., Reinke, R., Dipti, S., Bassinello, P. Z., Manful, J., Sophany, S., Lara, K. C., Bao, J., Xie, L., Loaiza, K., El-hissewy, A., Gayin, J., Sharma, N., ... Fitzgerald, M. (2014). Diversity of global rice markets and the science required for consumer-targeted rice breeding. *PLoS ONE*, 9(1), Artículo e85106. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0085106>
- Cantou, G., & Roel, A. (2010). Manejo del riego: Productividad del agua. En E. Crossa (Ed.), *Arroz: Resultados experimentales 2009-2010*, (pp. 1-12). INIA. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/4109/1/ad-611.pdf>
- Cantou Mayol, M. G., & Molina Casella, F. (2002). *Efecto de la aplicación de hidrácida Maleica y Glifosato durante el llenado de grano en el rendimiento y la calidad industrial de la variedad INIA Tacuarí (Oryza sativa L.)* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.
- Cao, L., & Zhan, X. (2014). Chinese experiences in breeding three-line, two-line and super hybrid rice. En W. Yan & J. Bao (Eds.), *Rice: Germplasm, genetics and improvement*. InTechOpen. <https://doi.org/10.5772/56821>
- Carracelas, G., Hornbuckle, J., Rosas, J. E., & Roel, A. (2019). Manejo del riego y productividad del agua. En G. Carracelas, J. Hornbuckle, J. Rosas, & A. Roel, *Jornada Destacada de Arroz*, (pp. 1-18). Deakin University; INIA. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/13536/1/Destacada-Carracelas-2019.pdf>
- Cassou, S. (s.f.). *Descripción de variedades de arroz*. INASE. <https://www.inase.uy/files/docs2b9a2e9aed46cfef.pdf>
- Castillo, J. (2013). *Ajustes a la fertilización N-P-K en el cultivo de arroz*. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. <http://www.inia.org.uy/estaciones/ttres/actividades/2013/12Ajustes%20a%20la%20fert%20NPK.pdf>
- Chebataroff, N. (1993). Factores ambientales que influyen la estabilidad de los rendimientos del arroz en Uruguay. En N. Chebataroff (Ed.), *Encuentro Nacional Del Arroz*. ACA.
- Chebataroff, N. (2012). *Arroz uruguayo*. Hemisferio Sur.

- Chen, M.-H., Bergman, C. J., Pinson, S. R. M., & Fjellstrom, R. G. (2008). Waxy gene haplotypes: Associations with pasting properties in an international rice germplasm collection. *Journal of Cereal Science*, *48*(3), 781–788.  
<https://doi.org/10.1016/j.jcs.2008.05.004>
- Cheng, C., Motohashi, R., Tsuchimoto, S., Fukuta, Y., Ohtsubo, H., & Ohtsubo, E. (2003). Polyphyletic origin of cultivated rice: Based on the interspersed pattern of SINEs. *Molecular Biology and Evolution*, *20*(1), 67–75.  
<https://doi.org/10.1093/molbev/msg004>
- Cheng, F., Zhong, L., Zhao, N., Liu, Y., & Zhang, G. (2005). Temperature induced changes in the starch components and biosynthetic enzymes of two rice varieties. *Plant Growth Regulation*, *46*, 87–95.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10725-005-7361-6>
- Chuxin, W., Chengchao, Z., Yu, Z., Min, X., Jindong, W., Huang, B., Chenya, L., Changquan, Z., Qiaoquan, L., & Qianfeng, L. (2021). OsbZIP09, a UNique OsbZIP transcription factor of rice, promotes rather than suppresses seed germination by attenuating abscisic acid pathway. *Rice Science*, *28*(4), 358–367. <https://doi.org/10.1016/j.rsci.2021.05.006>
- Civáň, P., Craig, H., Cox, C. J., & Brown, T. A. (2015). Three geographically separate domestications of Asian rice. *Nature Plants*, *1*, Artículo e15164.  
<https://doi.org/10.1038/nplants.2015.164>
- Cozzolino, D. (2016). The use of the rapid visco analyser (RVA) in breeding and selection of cereals. *Journal of Cereal Science*, *70*, 282–290.  
<https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.07.003>
- Cruz, M., Arbelaez, J. D., Loaiza, K., Cuasquer, J., Rosas, J., & Graterol, E. (2021). Genetic and phenotypic characterization of rice grain quality traits to define research strategies for improving rice milling, appearance, and cooking qualities in Latin America and the Caribbean. *Plant Genome*, *14*(3), Artículo e20134.  
<https://doi.org/10.1002/tpg2.20134>
- Deambrosi, E., Méndez, R., & Roel, A. (1997). *Estrategia en la producción de arroz: para un mejor aprovechamiento de las principales variables climáticas*. INIA.  
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2995/1/111219240807103002.pdf>
- Decreto n° 321/988. (1988). IMPO. <https://www.impo.com.uy/bases/decretos-originales/321-1988>

- Decreto n° 544/987: *Reglamento para la comercialización del arroz cáscara*. (1987).  
 IMPO. <https://www.impo.com.uy/bases/decretos/544-1987>
- Duggleby, R. G., McCourt, J. A., & Guddat, L. W. (2008). Structure and mechanism of inhibition of plant acetohydroxyacid synthase. *Plant Physiology and Biochemistry*, 46(3), 309–324. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2007.12.004>
- Durán, A. (Coord.). (1979). *Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay escala*. MGAP. [https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/2020-02/Carta%20de%20Reconocimiento%20de%20Suelos%20del%20Uruguay%201.1.000.000\\_0.pdf](https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/2020-02/Carta%20de%20Reconocimiento%20de%20Suelos%20del%20Uruguay%201.1.000.000_0.pdf)
- Fageria, N. K. (1984). *Adubação e nutrição mineral da cultura de arroz*. EMBRAPA-CNPAF.
- Fasahat, P., Rahman, S., & Ratnam, W. (2014). Genetic controls on starch amylose content in wheat and rice grains. *Journal of Genetics*, 93(1), 279–292. <https://doi.org/10.1007/s12041-014-0325-8>
- Ferres, J. C., & Piriz, M. D. (1989). *Respuesta del arroz (var. Blue Belle) a fechas de aplicación y fraccionamiento de la fertilización nitrogenada en planosol ocre de la Unidad Río Branco* [Trabajo final de grado]. Universidad de la República.
- Finkelstein, R., Reeves, W., Ariizumi, T., & Steber, C. (2008). Molecular aspects of seed dormancy. *Annual Review of Plant Biology*, 59(1), 387–415. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092740>
- Food and Agriculture Organization. (2004a). *Año internacional del arroz 2004: El arroz es vida*. <https://www.fao.org/4/y4875s/y4875s02.pdf>
- Food and Agriculture Organization. (2004b, 22-27 de noviembre). *127º período de sesiones*. <https://www.fao.org/3/j2939s/j2939s.htm#:~:text=El%20arroz%20es%20el%20alimento,mayor%3%ADa%20en%20pa%C3%ADses%20en%20desarrollo>
- Fundación Proarroz. (2011). *Guri INTA CL*. <https://proarroz.com.ar/wp-content/uploads/2024/02/Ficha-Guri-INTA-CL.pdf>
- Gamarra, G. (1996). *Arroz: manual de producción*. Hemisferio Sur.

- Garris, A. J., Tai, T. H., Coburn, J., Kresovich, S., & McCouch, S. (2005). Genetic structure and diversity in *Oryza sativa* L. *Genetics*, *169*(3), 1631–1638. <https://doi.org/10.1534/genetics.104.035642>
- Goff, S. A., & Zhang, Q. (2013). Heterosis in elite hybrid rice: Speculation on the genetic and biochemical mechanisms. *Current Opinion in Plant Biology*, *16*(2), 221–227. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2013.03.009>
- Graham, R. (2002). *A proposal for IRRI to establish a grain quality and nutrition research center*. IRRI. [http://books.irri.org/DPS44\\_content.pdf](http://books.irri.org/DPS44_content.pdf)
- Guo, N., Tang, S., Wang, Y., Chen, W., An, R., Ren, Z., Hu, S., Tang, S., Wei, X., Shao, G., Jiao, G., Xie, L., Wang, L., Chen, Y., Zhao, F., Sheng, Z., & Hu, P. (2024). A mediator of OsbZIP46 deactivation and degradation negatively regulates seed dormancy in rice. *Nature Communications*, *15*(1), Artículo e1134. <https://doi.org/10.1038/s41467-024-45402-z>
- Hardke, J. T (Ed.). (2018). *Arkansas rice production handbook*. University of Arkansas.
- He, Y., Han, Y., Jiang, L., Xu, C., Lu, J., & Xu, M. (2006). Functional analysis of starch-synthesis genes in determining rice eating and cooking qualities. *Molecular Breeding*, *18*(4), 277–290. <https://doi.org/10.1007/s11032-006-5505-7>
- Hitos del cultivo de arroz. (2022). *Revista Arroz*, (105), 88-89. <https://www.aca.com.uy/revista-no-105/>
- Huang, X., Kurata, N., Wei, X., Wang, Z.-X., Wang, A., Zhao, Q., Zhao, Y., Liu, K., Lu, H., Li, W., Guo, Y., Lu, Y., Zhou, C., Fan, D., Weng, Q., Zhu, C., Huang, T., Zhang, L., Wang, Y., ... Han, B. (2012). A map of rice genome variation reveals the origin of cultivated rice. *Nature*, *490*, 497–501. <https://doi.org/10.1038/nature11532>
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. (s.f.). *Mejoramiento genético de arroz*. <https://www.inia.uy/proyectos/mejoramiento-genetico-de-arroz-1#:~:text=El%20proyecto%20de%20Mejoramiento%20Gen%C3%A9tico,de%20Alta%20calidad%20industrial%20y>
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. (2019). *Ficha técnica N°49: Descripción de las principales malezas del arroz en el Uruguay*. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/12896/1/Ficha-tecnica-49.pdf>

- Instituto Nacional de Semillas & Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. (Eds.). (2011). *Evaluación Nacional de Cultivares de Arroz: Zafra 2010/2011*. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/10989/1/Eval-Cult-Arroz-2011.pdf>
- Instituto Nacional de Semillas & Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. (Eds.). (2023). *Resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de arroz: Zafra 2022-2023*. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/17954/1/inase-inia-Evaluacion-CV-PubArrozPeriodo2022.pdf>
- International Rice Research Institute. (2002). *Standard evaluation system for rice (SES): Find out how the qualities of rice are evaluated and scored in this authoritative sourcebook*. <http://www.knowledgebank.irri.org/images/docs/rice-standard-evaluation-system.pdf>
- Jennings, P. R., Coffman, W. R., & Kauffman, H. E. (1979). *Rice improvement*. IRRI. [http://books.irri.org/9711040034\\_content.pdf](http://books.irri.org/9711040034_content.pdf)
- Juliano, B. O. (1971). A simplified assay for milled rice amylose. *Cereal Science Today*, 16(10), 334–340. [https://www.researchgate.net/publication/275886661\\_A\\_Simplified\\_Assay\\_for\\_Milled-Rice\\_Amylose](https://www.researchgate.net/publication/275886661_A_Simplified_Assay_for_Milled-Rice_Amylose)
- Kim, H., Jung, J., Singh, N., Greenberg, A., Doyle, J. J., Tyagi, W., Chung, J.-W., Kimball, J., Hamilton, R. S., & McCouch, S. R. (2016). Population dynamics among six major groups of the *Oryza rufipogon* species complex, wild relative of cultivated Asian rice. *Rice*, 9(1), Artículo e56. <https://doi.org/10.1186/s12284-016-0119-0>
- Kovach, M. J., Sweeney, M. T., & McCouch, S. R. (2007). New insights into the history of rice domestication. *Trends in Genetics*, 23(11), 578–587. <https://doi.org/10.1016/j.tig.2007.08.012>
- Krause, R. A., & Webster, R. K. (1972). Sclerotial production, viability determination and quantitative recovery of *Sclerotium oryzae* from soil. *Mycologia*, 64(6), 1333–1337. <https://doi.org/https://doi.org/10.2307/3757971>
- Li, C., Zhou, A., & Sang, T. (2006). Genetic analysis of rice domestication syndrome with the wild annual species, *Oryza nivara*. *New Phytologist*, 170(1), 185–194. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2005.01647.x>

- Li, E., Chi Wu, A., Li, J., Liu, Q., & Gilbert, R. G. (2015). Improved understanding of rice amylose biosynthesis from advanced starch structural characterization. *Rice*, 8(1), Artículo e20.  
<https://thericejournal.springeropen.com/articles/10.1186/s12284-015-0055-4>
- Li, H., Fitzgerald, M. A., Prakash, S., Nicholson, T. M., & Gilbert, R. G. (2017). The molecular structural features controlling stickiness in cooked rice, a major palatability determinant. *Scientific Reports*, 7(1), Artículo e43713.  
<https://doi.org/10.1038/srep43713>
- Li, H., Prakash, S., Nicholson, T. M., Fitzgerald, M. A., & Gilbert, R. G. (2016). The importance of amylose and amylopectin fine structure for textural properties of cooked rice grains. *Food Chemistry*, 196, 702–711.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.09.112>
- Livore, A. (2004). Calidad industrial y culinaria del arroz. *Idia XXI*, 4(6), 190–193.
- Lima, R., Gonnet, D., Roel, A., Terra, J., Oxley, M., Gigena, F., García, A. & Zorrilla, G. (2023). *Revista arroz*, (108), 36-39.
- Lombardo, A., Armentano, S., Almeida, M., Fariña, F. & Gussoni, A. (2024). *Revista arroz*, (109), 48-51.
- Lu, Z.-H., Sasaki, T., Li, Y.-Y., Yoshihashi, T., Li, L.-T., & Kohyama, K. (2009). Effect of amylose content and rice type on dynamic viscoelasticity of a composite rice starch gel. *Food Hydrocolloids*, 23(7), 1712–1719.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2009.01.009>
- Martínez, S., Bao, L., & Escalante, F. (2018). *Manual de identificación de enfermedades y plagas en el cultivo de arroz*. INIA.  
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/8259/1/Bd-116-2018.pdf>
- Martínez-Andújar, C., Ordiz, M. I., Huang, Z., Nonogaki, M., Beachy, R. N., & Nonogaki, H. (2011). Induction of 9-cis-epoxycarotenoid dioxygenase in *Arabidopsis thaliana* seeds enhances seed dormancy. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(41), 17225–17229.  
<https://doi.org/10.1073/pnas.1112151108>
- Méndez, R., & Deambrosi, E., (2009). *Coberturas nitrogenadas para la producción de arroz*. INIA.  
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/3015/1/18429021009101838.pdf>

- Meus, L. D., Rocha da Silva, M., Ghisleni Ribas, G., Zanon, A. J., Guedes Rossato, I., Fogliato Pereira, V., Bulegon Pilecco, I., San Martín Rolim Ribeiro, B., Mazzuco Souza, B., de Freitas do Nascimento, M., Haas Poersch, A., Duarte Junior, A. J., Quintero, C. E., Carracelas Garrido, G., de Campos Carmona, L., & Streck, N. A. (Eds.). (2020). *Ecophysiology of rice: For reaching high yields*. FieldCrops.
- Ministerio de Turismo. (2021, 7 de mayo). *Uruguay es el 7º exportador mundial del Arroz: Te invitamos a conocer su ruta*. <https://www.gub.uy/ministerio-turismo/comunicacion/noticias/uruguay-es-7o-exportador-mundial-del-arroz-te-invitamos-conocer-su-ruta>
- Molina, F. (2023). La zafra de arroz 2022-2023 marcó un récord productivo. *Revista Arroz*, (107), 52–53.
- Molina, F., & Blanco, P. (2018). Híbridos de arroz. En Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (Ed.), *Arroz: Alternativas tecnológicas para el sector arrocero en un escenario desafiante* (pp. 29–31). <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/11123/1/Molina-ST-246-p.29-31.pdf>
- Molina, J., Sikora, M., Garud, N., Flowers, J. M., Rubinstein, S., Reynolds, A., Huang, P., Jackson, S., Schaal, B. A., Bustamante, C. D., Boyko, A. R., & Purugganan, M. D. (2011). Molecular evidence for a single evolutionary origin of domesticated rice. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(20), 8351–8356. <https://doi.org/10.1073/pnas.1104686108>
- Née, G., Xiang, Y., & Soppe, W. J. (2017). The release of dormancy, a wake-up call for seeds to germinate. *Current Opinion in Plant Biology*, 35, 8–14. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2016.09.002>
- Nonogaki, M., Sall, K., Nambara, E., & Nonogaki, H. (2014). Amplification of ABA biosynthesis and signaling through a positive feedback mechanism in seeds. *The Plant Journal*, 78(3), 527–539. <https://doi.org/10.1111/tpj.12472>
- Oficina de Estadísticas Agropecuarias. (2011). *Anuario Estadístico Agropecuario 2011*. MGAP. <http://www.mgap.gub.uy/dieaanterior/anuario2011/diea-anuario-2011-web.pdf>

- Oka, H. I. (1988). *Origin of cultivated rice*. Elsevier.  
<https://books.google.com.uy/books?hl=es&lr=&id=wcZAAQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Origin+of+cultivated+rice+oka&ots=lfidZ5XGV0D&sig=6ZYKBIztzvpvMEC3ZW5K5RHLEFNw#v=onepage&q=Origin%20of%20cultivated%20rice%20oka&f=false>
- Olmos, S. (2006). *Apunte de morfología, fenología, ecofisiología, y mejoramiento genético del arroz*. UNNE.  
<https://www.acpaarrozcorrientes.org.ar/academico/Apunte-MORFOLOGIA.pdf>
- Ou, S. H. (1985). *Rice diseases* (2<sup>nd</sup> ed.). CAB.  
<https://books.google.com.uy/books?hl=es&lr=&id=-k3mewv9nMoC&oi=fnd&pg=PR1&dq=rice+diseases+ou&ots=ZmqTuCthdl&sig=HmLcqf8DzgU4xwS4PTTEab8Pxp4#v=onepage&q=rice%20diseases%20ou&f=false>
- Oxley, M., & Roel, A. (2022). *Boletín Periódico Arroz Zafra 2021-2022*. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. <https://www.aca.com.uy/wp-content/uploads/2014/07/Boletin-clima-3ra-decada-Abril-2022.pdf>
- Pang, Y., Ali, J., Wang, X., Franje, N. J., Revilleza, J. E., Xu, J., & Li, Z. (2016). Relationship of rice grain amylose, gelatinization temperature and pasting properties for breeding better eating and cooking quality of rice varieties. *PLOS ONE*, 11(12), Artículo e0168483. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0168483>
- Paredes, C. M., Becerra, V. V., Donoso, Ñ. G., & Loaiza, K. (2021). Calidad del grano de arroz. En M. Paredes, V. Becerra, & G. Donoso (Eds.), *100 años del cultivo arroz en Chile: En un contexto internacional 1920-2020* (pp. 257–268). INIA. [https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/114881/Calidad\\_Paredes\\_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/114881/Calidad_Paredes_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Park, M., Shin, S.-Y., Moon, H., Choi, W., & Shin, C. (2024). Analysis of the global transcriptome and miRNAome associated with seed dormancy during seed maturation in rice (*Oryza sativa* L. cv. Nipponbare). *BMC Plant Biology*, 24(1), Artículo e215. <https://doi.org/10.1186/s12870-024-04928-6>
- Peng, S., Cassman, K. G., Virmani, S. S., Sheehy, J., & Khush, G. S. (1999). Yield potential trends of tropical rice since the release of IR8 and the challenge of increasing rice yield potential. *Crop Science*, 39(6), 1551–1559. <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2135/cropsci1999.3961552x>



- Programa nacional de arroz. (2009). *Revista INIA*, (19), 28–31.  
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/6925/1/revista-INIA-19-p.28-31.pdf>
- Roel, A. (2023). *Boletín Periódico Arroz: Zafra 2022-2023: Febrero – 3ª década*. INIA.
- Rosas, J. E., Bonnacarrère, V., & Pérez de Vida, F. (2014). One-step, codominant detection of imidazolinone resistance mutations in weedy rice (*Oryza sativa* L.). *Electronic Journal of Biotechnology*, 17(2), 95–101.  
<https://doi.org/10.1016/j.ejbt.2014.02.003>
- Roumen, E. C., Bonman, J. M., & Parlevliet, J. E. (1992). Leaf age related partial resistance to *Pyricularia oryzae* in tropical lowland rice cultivars as measure by the number of sporulating lesions. *Phytopathology*, 82(12), 1414–1417.  
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1094/Phyto-82-1414>
- Shin, D., Lee, S., Kim, T.-H., Lee, J.-H., Park, J., Lee, J., Lee, J. Y., Cho, L.-H., Choi, J. Y., Lee, W., Park, J.-H., Lee, D.-W., Ito, H., Kim, D. H., Tanaka, A., Cho, J.-H., Song, Y.-C., Hwang, D., Purugganan, M. D., ... Nam, H. G. (2020). Natural variations at the Stay-Green gene promoter control lifespan and yield in rice cultivars. *Nature Communications*, 11(1), Artículo e2819.  
<https://doi.org/10.1038/s41467-020-16573-2>
- Shivrain, V. K., Burgos, N. R., Agrama, H. A., Lawton-Rauh, A., Lu, B., Sales, M. A., Boyett, V., Gealy, D. R., & Moldenhauer, K. A. K. (2010). Genetic diversity of weedy red rice (*Oryza sativa*) in Arkansas, USA. *Weed Research*, 50(4), 289–302. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.2010.00780.x>
- Shu, K., Liu, X., Xie, Q., & He, Z. (2016). Two faces of one seed: Hormonal regulation of dormancy and germination. *Molecular Plant*, 9(1), 34–45.  
<https://doi.org/10.1016/j.molp.2015.08.010>
- Sugimoto, K., Takeuchi, Y., Ebana, K., Miyao, A., Hirochika, H., Hara, N., Ishiyama, K., Kobayashi, M., Ban, Y., Hattori, T., & Yano, M. (2010). Molecular cloning of Sdr4, a regulator involved in seed dormancy and domestication of rice. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(13), 5792–5797.  
<https://doi.org/10.1073/pnas.0911965107>

- Tian, R., Jiang, G.-H., Shen, L.-H., Wang, L.-Q., & He, Y.-Q. (2005). Mapping quantitative trait loci underlying the cooking and eating quality of rice using a DH population. *Molecular Breeding*, *15*, 117–124.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s11032-004-3270-z>
- Tinarelli, A. (1988). *El arroz*. Mundi-Prensa.
- Torres, E. (2013). *Evolución del tipo de planta, potencial de rendimiento y ganancia genética en el Programa de Arroz del CIAT*. CIAT; CGIAR.  
<https://www.inia.org.uy/estaciones/ttres/actividades/2013/3Evolucion%20del%20Tipo%20de%20Planta%20y%20potencial.pdf>
- Umemoto, T., & Aoki, N. (2005). Single-nucleotide polymorphisms in rice starch synthase IIa that alter starch gelatinisation and starch association of the enzyme. *Functional Plant Biology*, *32*(9), 763–768.  
<https://doi.org/10.1071/FP04214>
- Umemoto, T., Aoki, N., Lin, H., Nakamura, Y., Inouchi, N., Sato, Y., Yano, M., Hirabayashi, H., & Maruyama, S. (2004). Natural variation in rice starch synthase IIa affects enzyme and starch properties. *Functional Plant Biology*, *31*(7), 671–684. <https://doi.org/10.1071/FP04009>
- Umemoto, T., Yano, M., Satoh, H., Shomura, A., & Nakamura, Y. (2002). Mapping of a gene responsible for the difference in amylopectin structure between japonica-type and indica-type rice varieties. *Theoretical and Applied Genetics*, *104*(1), 1–8. <https://doi.org/10.1007/s001220200000>
- Vaughan, D. A., Lu, B.-R., & Tomooka, N. (2008). The evolving story of rice evolution. *Plant Science*, *174*(4), 394–408. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2008.01.016>
- Wang, C., & Shu, Q. (2007). Fine mapping and candidate gene analysis of purple pericarp gene Pb in rice (*Oryza sativa* L.). *Chinese Science Bulletin*, *52*(22), 3097–3104. <https://doi.org/10.1007/s11434-007-0472-x>
- Wang, C.-H., Zheng, X.-M., Xu, Q., Yuan, X.-P., Huang, L., Zhou, H.-F., Wei, X.-H., & Ge, S. (2014). Genetic diversity and classification of *Oryza sativa* with emphasis on Chinese rice germplasm. *Heredity*, *112*(5), 489–496.  
<https://doi.org/10.1038/hdy.2013.130>

- Wang, M., Huang, L., Kou, Y., Li, D., Hu, W., Fan, D., Cheng, S., Yang, Y., & Zhang, Z. (2023). Differentiation of morphological traits and genome-wide expression patterns between rice subspecies Indica and Japonica. *Genes*, *14*(10). <https://doi.org/10.3390/genes14101971>
- Wang, M., Li, W., Fang, C., Xu, F., Liu, Y., Wang, Z., Yang, R., Zhang, M., Liu, S., Lu, S., Lin, T., Tang, J., Wang, Y., Wang, H., Lin, H., Zhu, B., Chen, M., Kong, F., Liu, B., ... Tian, Z. (2018). Parallel selection on a dormancy gene during domestication of crops from multiple families. *Nature Genetics*, *50*(10), 1435–1441. <https://doi.org/10.1038/s41588-018-0229-2>
- Waters, D. L. E., Henry, R. J., Reinke, R. F., & Fitzgerald, M. A. (2006). Gelatinization temperature of rice explained by polymorphisms in starch synthase. *Plant Biotechnology Journal*, *4*(1), 115–122. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7652.2005.00162.x>
- Webster, R. K., & Gunnell, P. S. (1992). *Compendium of rice diseases*. APS.
- Webster, R. K., Wick, C. M., Brandon, D. H., Hall, D. H., & Bolstad, J. (1981). Epidemiology of stem rot disease of rice: Effects of burning vs. soil incorporation of rice residue. *Hilgardia*, *49*(3), 1–12.
- Xu, F., Bao, J., He, Q., & Park, Y.-J. (2016). Genome-wide association study of eating and cooking qualities in different subpopulations of rice (*Oryza sativa* L.). *BMC Genomics*, *17*(1), Artículo e663. <https://doi.org/10.1186/s12864-016-3000-z>
- Xu, F., Tang, J., Gao, S., Cheng, X., Du, L., & Chu, C. (2019). Control of rice pre-harvest sprouting by glutaredoxin-mediated abscisic acid signaling. *The Plant Journal*, *100*(5), 1036–1051. <https://doi.org/10.1111/tpj.14501>
- Xu, F., Tang, J., Wang, S., Cheng, X., Wang, H., Ou, S., Gao, S., Li, B., Qian, Y., Gao, C., & Chu, C. (2022). Antagonistic control of seed dormancy in rice by two bHLH transcription factors. *Nature Genetics*, *54*(12), 1972–1982. <https://doi.org/10.1038/s41588-022-01240-7>
- Yan, A., & Chen, Z. (2017). The pivotal role of abscisic acid signaling during transition from seed maturation to germination. *Plant Cell Reports*, *36*(5), 689–703. <https://doi.org/10.1007/s00299-016-2082-z>
- Yan, C.-J., Li, X., Zhang, R., & Sui, J. M. (2005). Performance and inheritance of rice starch RVA profile characteristics. *Rice Science*, *12*(1), 39–47.

Yeh, W. H., & Bonman, J. M. (1986). Assessment of partial resistance to *Pyricularia oryzae* in six rice cultivars. *Plant Pathology*, 35(3), 319-323.

<https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.1986.tb02021.x>

Yoshida, S. (1981). *Fundamentals on Rice Crop Science*. IRRI.

Zhao, Z. (2010). New data and new issues for the study of origin of rice agriculture in China. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 2(2), 99–105.

<https://doi.org/10.1007/s12520-010-0028-x>

Zhu, Q., Zheng, X., Luo, J., Gaut, B. S., & Ge, S. (2007). Multilocus Analysis of nucleotide variation of *Oryza sativa* and its wild relatives: Severe bottleneck during domestication of rice. *Molecular Biology and Evolution*, 24(3), 875–888.

<https://doi.org/10.1093/molbev/msm005>

## 10. ANEXOS

**Anexo A***Temperatura media diaria del período octubre-marzo (°C)*

<b>Día</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>
1	14,8	10,9	26,6	26,7	25,9	26,6
2	15,9	13,1	23,0	24,6	23,5	27,1
3	12,3	14,7	20,2	22,3	23,1	25,7
4	11,8	14,2	24,3	22,5	23,1	25,7
5	14,0	16,7	22,6	21,1	25,1	24,2
6	17,3	17,0	21,8	22,5	24,5	21,7
7	18,4	17,3	23,7	23,5	24,7	26,2
8	19,6	17,3	27,0	24,1	25,5	27,1
9	11,4	16,0	28,8	22,6	25,7	25,6
10	9,4	18,3	25,8	25,2	27,3	24,9
11	12,9	20,8	26,1	26,8	29,0	28,4
12	17,6	21,2	23,9	25,4	29,0	27,2
13	15,7	22,1	19,0	21,9	29,1	27,5
14	10,1	21,4	21,4	23,2	27,5	28,2
15	14,0	21,0	21,0	24,5	23,6	27,9
16	15,9	20,9	17,8	24,6	24,8	25,0
17	16,7	20,7	17,8	23,8	22,3	25,1
18	17,1	22,5	20,1	24,5	16,4	25,6
19	20,1	24,9	23,1	24,9	16,2	27,1
20	19,2	25,1	23,0	25,8	17,3	23,3
21	19,8	20,8	23,4	28,3	18,3	20,1
22	19,2	20,8	22,8	27,3	23,2	19,8
23	16,8	18,1	23,3	26,5	22,2	23,8
24	17,7	22,7	21,8	23,6	23,4	24,0
25	17,0	24,2	21,4	26,7	24,9	21,8
26	19,5	22,3	20,7	27,4	25,2	22,0
27	20,4	24,2	19,7	28,0	25,5	18,5
28	20,0	23,3	24,1	26,1	26,9	20,7
29	21,3	23,5	20,9	25,4		23,9
30	16,9	24,5	24,9	27,3		20,8
31	12,0		27,4	26,1		22,6
Promedio	16,3	20,0	22,8	24,9	24,0	24,5

*Nota.* M. Oxley (comunicación personal, 5 de diciembre, 2024).

**Anexo B**

*Días con temperatura mínima igual o inferior a 15°C para el período de enero-febrero de 2023*

<b>Enero</b>									
Fecha	3	4	5	6	9	14	15	16	24
Temperatura (°C)	11,6	14,3	10,6	14	14,2	13,5	13,9	14,4	12,6
<b>Febrero</b>									
Fecha	6	7	17	18	19	20	21	23	
Temperatura (°C)	14,4	13,8	12,4	9,4	6,8	6,6	6,4	14	

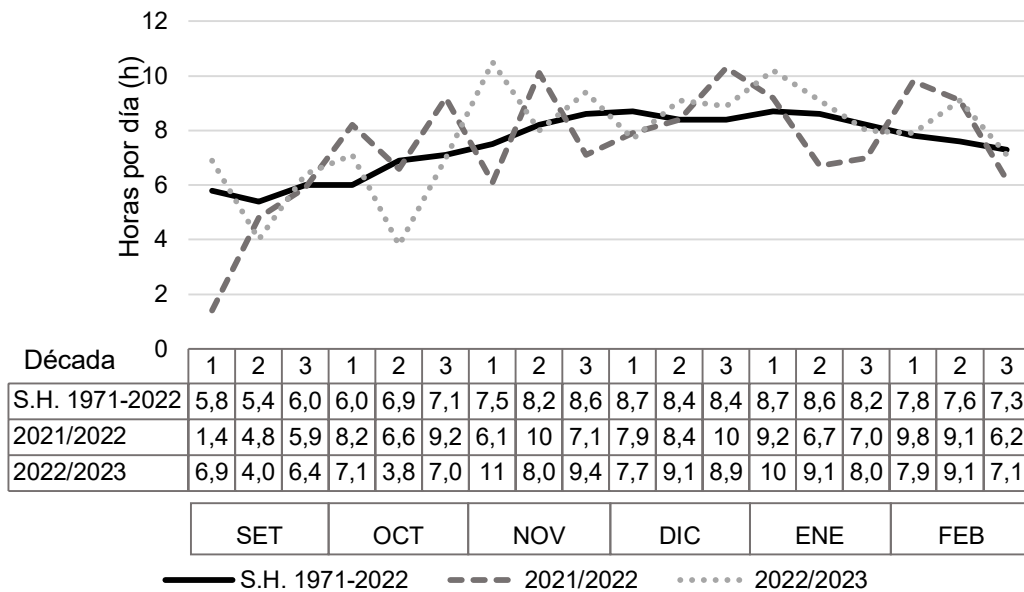
*Nota.* Adaptado de Roel (2023).

Bibliografía Anexo B

Roel, A. (2023). *Boletín Periódico Arroz: Zafra 2022-2023: Febrero – 3ª década*. INIA.

**Anexo C**

*Horas de sol (promedio cada 10 días)*



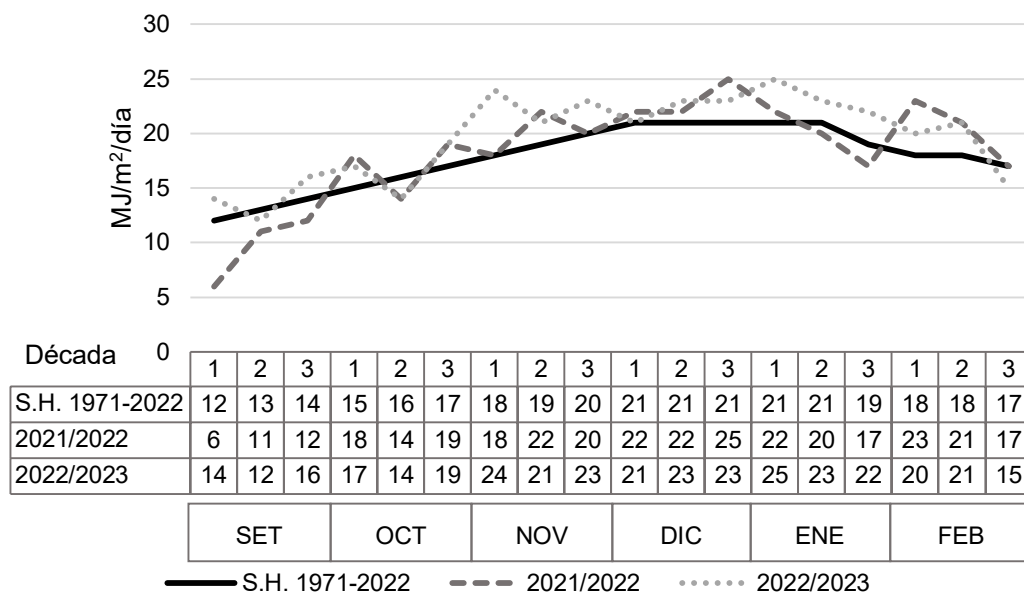
*Nota.* Tomado de Roel (2023).

**Bibliografía Anexo C**

Roel, A. (2023). *Boletín Periódico Arroz: Zafra 2022-2023: Febrero – 3ª década.* INIA.

**Anexo D**

*Radiación solar (promedio cada 10 días)*



Nota. Tomado de Roel (2023).

Bibliografía Anexo D

Roel, A. (2023). *Boletín Periódico Arroz: Zafra 2022-2023: Febrero – 3ª década*. INIA.



**Anexo E***Precipitaciones diarias por mes para septiembre-marzo (mm)*

<b>Día</b>	<b>Sep.</b>	<b>Oct.</b>	<b>Nov.</b>	<b>Dic.</b>	<b>Ene.</b>	<b>Feb.</b>	<b>Mar.</b>
1	23,2	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0,5	0
3	0	0	0	4,8	0	1,8	5,3
4	0	0	0	0	0	0	0
5	0	2,5	0	0	0	0	0
6	0	31,0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	3,8	0
9	0,2	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0,5	0	0	7,0	0
14	0	0	12,0	0	0	0	0
15	0	16,9	0	0	0	0	38,7
16	0	0,2	0	0	0	17,0	30,2
17	0	0,3	0	0	0	0	15,5
18	0	0,8	0	0	0	0	0
19	0	0,3	0	0	0	0	23,0
20	0	0,8	3,7	0	0	0	0
21	0	0,3	24,8	0	0	0	0
22	2,3	0,3	0	0	0	0	1,1
23	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	5,2	0
25	0	0	0	0	1,4	1,4	22,5
26	0	2,2	0	0	1,0	0	0
27	0	0	0	0	1,1	0	0
28	0	0	0	2,2	4,1	0,8	0
29	0	13	0	0	0	0	20,6
30	0,5	22,5	0	0	0	0	0,8
31	0	0	0	0	0	0	31,5
<b>Acumulado</b>	<b>26,2</b>	<b>91,1</b>	<b>41,0</b>	<b>7,0</b>	<b>7,6</b>	<b>37,5</b>	<b>189,2</b>

*Nota.* M. Oxley (comunicación personal, 5 de diciembre, 2024).

**Anexo F***Temperatura (°C) del suelo desnudo a 5 cm*

<b>Días</b>	<b>Octubre</b>	<b>Noviembre</b>
1	17,5	15,3
2	20,7	16,7
3	18,8	19,4
4	17,6	18,0
5	19,4	19,8
6	17,6	20,7
7	17,2	21,4
8	17,3	21,4
9	14,6	22,3
10	14,7	22,4
11	15,0	23,9
12	16,9	25,4
13	15,1	23,4
14	15,1	22,5
15	15,4	20,1
16	16,6	23,2
17	16,6	25,2
18	16,5	27,1
19	19,1	26,8
20	19,3	27,3
21	20,2	22,9
22	19,1	22,6
23	20,2	21,6
24	20,8	24,7
25	21,1	28,0
26	19,9	27,2
27	20,3	27,9
28	22,2	27,1
29	24,6	27,1
30	19,2	27,3
31	16,1	
Promedio	18,2	23,3

*Nota.* M. Oxley (comunicación personal, 5 de diciembre, 2024).

**Anexo G***Humedad relativa (%) para marzo y abril de 2023*

<b>Día</b>	<b>Marzo</b>	<b>Abril</b>
1	76	78
2	78	80
3	88	89
4	82	91
5	82	84
6	83	89
7	89	83
8	86	85
9	86	83
10	77	88
11	75	86
12	83	82
13	81	82
14	76	86
15	89	83
16	94	87
17	95	79
18	92	79
19	87	79
20	88	78
21	77	85
22	83	85
23	88	94
24	89	91
25	98	91
26	83	93
27	83	88
28	76	88
29	82	83
30	90	82
31	52	
<b>Promedio</b>	<b>83,5</b>	<b>85,0</b>

*Nota. M. Oxley (comunicación personal, 5 de diciembre, 2024).*

**Anexo H****Tabla H1***Resultados del análisis de la varianza para rendimiento*

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>G.L.</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>F</b>	<b>Pr&gt;F</b>
Modelo	176614044,25	35	5046115,55	6,13	<0,0001
Cultivar	85944177,78	14	6138869,84	7,455	<0,0001
Época>Bloque	10911280,80	6	1818546,80	2,21	0,502
Época	67122831,31	1	67122831,31	36,91	0,0009
Época*Cultivar	12635754,36	14	902553,88	1,10	0,3737
Error	68359270,39	83	823605,67		
Total	244973314,64	118			

**Tabla H2***Resultados del análisis de la varianza para ciclo a floración*

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>G.L.</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>F</b>	<b>Pr&gt;F</b>
Modelo	16526,81	35	472,19	55,25	<0,0001
Cultivar	2873,34	14	205,24	24,01	<0,0001
Época>Bloque	84,26	6	14,04	1,64	0,1456
Época	13286,47	1	13286,47	946,08	<0,0001
Época*Cultivar	282,73	14	20,20	2,36	0,0082
Error	709,41	83	8,55		
Total	17236,22	118			

**Tabla H3***Resultados del análisis de la varianza para altura de plantas*

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>G.L.</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>F</b>	<b>Pr&gt;F</b>
Modelo	1323,27	35	37,81	2,33	0,0009
Cultivar	738,53	14	52,75	3,26	0,0004
Época>Bloque	269,80	6	44,97	2,78	0,0164
Época	44,48	1	44,48	0,99	0,3583
Época*Cultivar	270,45	14	19,32	1,19	0,2964
Error	1344,17	83	16,19		
Total	2667,44	118			

**Tabla H4***Resultados del análisis de la varianza para el número de panojas por metro cuadrado*

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>G.L.</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>F</b>	<b>Pr&gt;F</b>
Modelo	1396692,07	35	39905,49	3,96	<0,0001
Cultivar	596512,43	14	42608,03	4,23	<0,0001
Época>Bloque	75961,81	6	12660,30	1,26	0,2868
Época	495285,03	1	495285,03	39,12	0,0008
Época*Cultivar	228932,79	14	16352,34	1,62	0,0901
Error	836714,72	83	10080,90		
Total	2233406,79	118			

**Tabla H5***Resultados del análisis de la varianza para el número de plántulas por metro cuadrado*

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>G.L.</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>F</b>	<b>Pr&gt;F</b>
Modelo	701300,23	35	20037,15	5,65	<0,0001
Cultivar	205652,27	14	14689,48	4,14	<0,0001
Época>Bloque	106348,27	6	17724,71	5,00	0,0002
Época	265080	1	265080	14,96	0,0083
Época*Cultivar	124219,25	14	8872,80	2,50	0,0050
Error	297713,23	84	3544,21		
Total	999013,47	119			

**Tabla H6***Resultados del análisis de la varianza para el número de granos por panoja*

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>G.L.</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>F</b>	<b>Pr&gt;F</b>
Modelo	83928,42	35	2397,95	35,31	<0,0001
Cultivar	12742,02	14	910,14	13,40	<0,0001
Época>Bloque	1654,30	6	275,72	4,06	0,0013
Época	64873,42	1	64873,42	235,29	<0,0001
Época*Cultivar	4658,69	14	332,76	4,90	<0,0001
Error	5637,28	83	67,92		
Total	89565,70	118			

**Tabla H7***Resultados del análisis de la varianza para el porcentaje de esterilidad*

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>G.L.</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>F</b>	<b>Pr&gt;F</b>
Modelo	20832,98	35	595,23	6,39	<0,0001
Cultivar	12917,93	14	922,71	9,91	<0,0001
Época>Bloque	768,32	6	128,05	1,38	0,2340
Época	3451,21	1	3451,21	26,95	0,0020
Época*Cultivar	3695,51	14	263,97	2,84	0,0016
Error	7725,81	83	93,08		
Total	28558,79	118			

**Tabla H8***Resultados del análisis de la varianza para el peso de mil semillas*

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>G.L.</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>F</b>	<b>Pr&gt;F</b>
Modelo	310,54	35	8,87	42,94	<0,0001
Cultivar	250,48	14	17,89	86,59	<0,0001
Época>Bloque	2,54	6	0,42	2,05	0,0683
Época	29,77	1	29,77	70,37	0,0002
Época*Cultivar	27,74	14	1,98	9,59	<0,0001
Error	17,15	83	0,21		
Total	327,69	118			

**Tabla H9***Resultados del análisis de la varianza para el porcentaje de blanco total*

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>G.L.</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>F</b>	<b>Pr&gt;F</b>
Modelo	87,52	35	2,50	7,19	<0,0001
Cultivar	61,07	14	4,36	12,54	<0,0001
Época>Bloque	2,79	6	0,47	1,34	0,2492
Época	17,72	1	14,72	31,60	0,0014
Época*Cultivar	8,94	14	0,64	1,83	0,0466
Error	28,87	83	0,35		
Total	116,39	118			

**Tabla H10***Resultados del análisis de la varianza para el porcentaje de entero*

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>G.L.</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>F</b>	<b>Pr&gt;F</b>
Modelo	681,12	35	19,46	12,56	<0,0001
Cultivar	588,01	14	42,00	27,10	<0,0001
Época>Bloque	12,43	6	2,07	1,34	0,2502
Época	2,46	1	2,46	1,19	0,3174
Época*Cultivar	78,21	14	5,59	3,60	0,0001
Error	128,64	83	1,55		
Total	809,76	118			

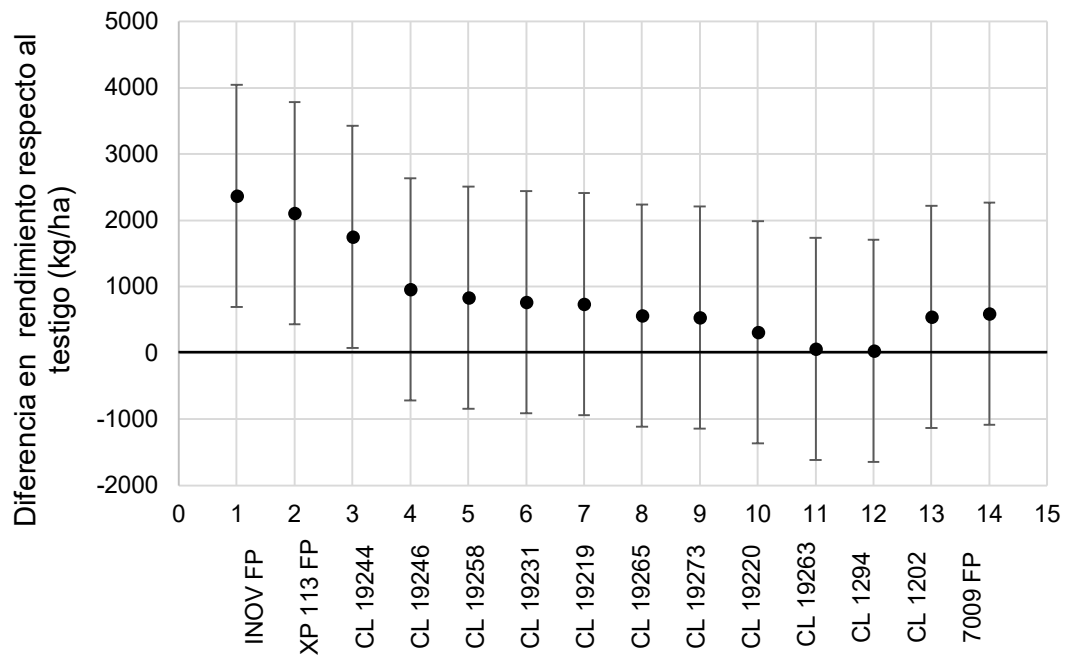
**Tabla H11***Resultados del análisis de la varianza para el porcentaje de yeso*

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>G.L.</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>F</b>	<b>Pr&gt;F</b>
Modelo	3320,83	35	94,88	27,28	<0,0001
Cultivar	3135,83	14	223,99	64,40	<0,0001
Época>Bloque	36,59	6	6,10	1,75	0,1189
Época	11,28	1	11,28	1,85	0,2226
Época*Cultivar	137,13	14	9,79	2,82	0,0018
Error	288,69	83	3,48		
Total	3609,53	118			

## Anexo I

### Figura I1

Intervalos de confianza para rendimiento seco y limpio entre los cultivares y el testigo

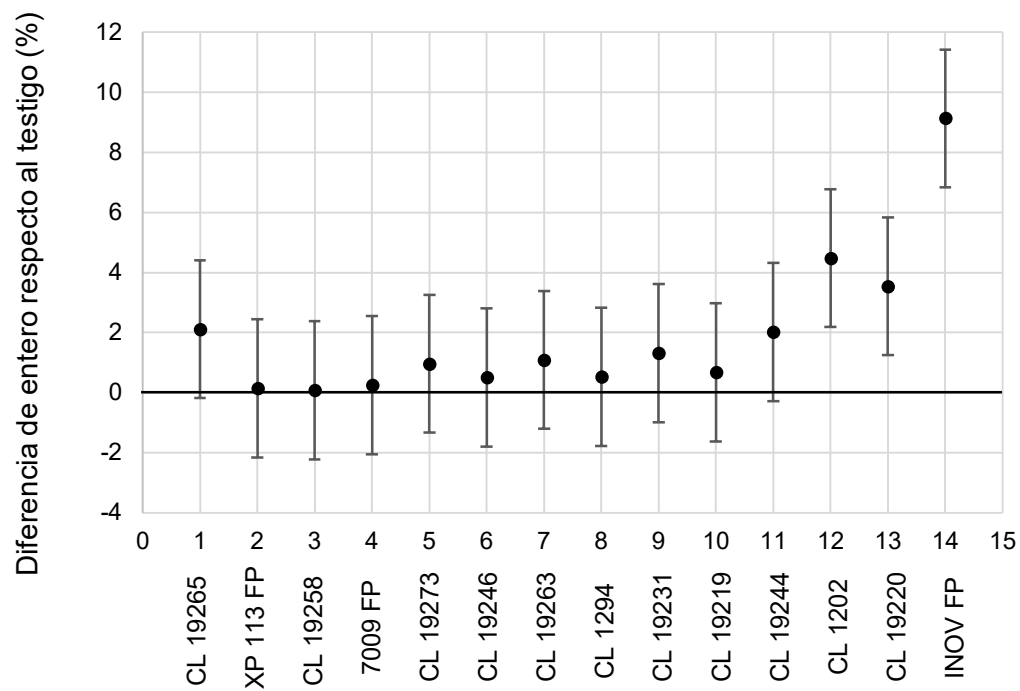


*Nota.* Si un intervalo no contiene cero significa que es significativamente diferente al testigo (95% de confianza).



**Figura I2**

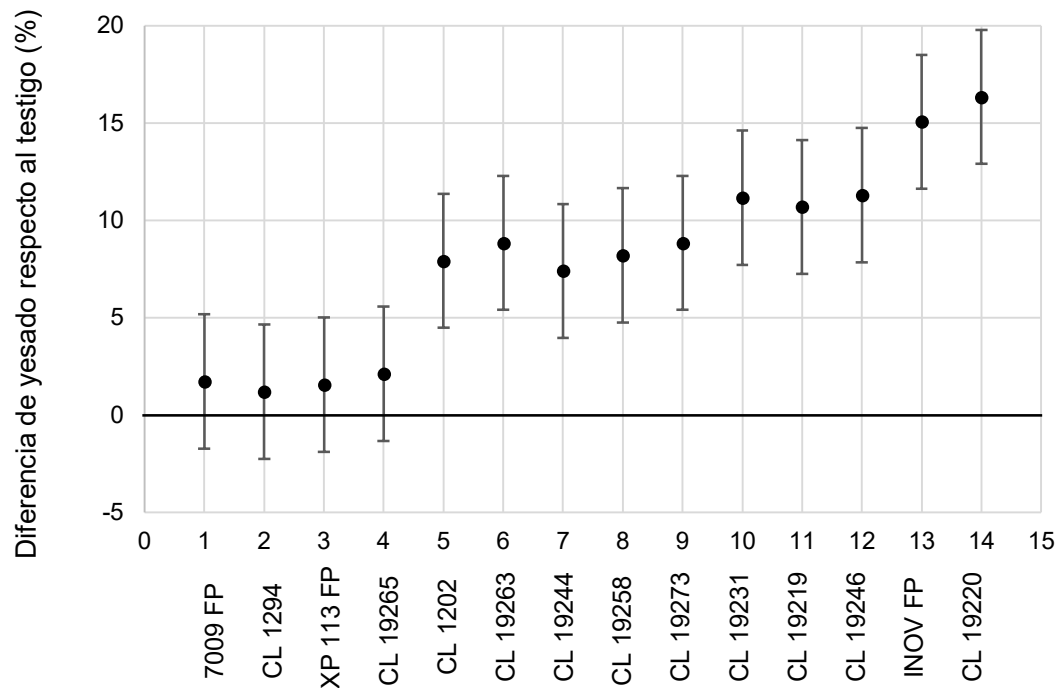
*Intervalos de confianza para porcentaje de entero entre los cultivares y el testigo para la época 2*



*Nota.* Si un intervalo no contiene cero significa que es significativamente diferente al testigo (95% de confianza).

**Figura I3**

*Intervalos de confianza para porcentaje de yeso entre los cultivares y el testigo para la época 2*



*Nota.* Si un intervalo no contiene cero significa que es significativamente diferente al testigo (95% de confianza).

**Anexo J***Resultados de la prueba de Friedman para enfermedades*

<b>Enfermedad</b>	<b>Época</b>	<b>T<sup>2</sup></b>	<b>p-Valor</b>
Podredumbre del tallo	1	1,29	0,2531
Mancha agregada	1	1,68	0,0977
Podredumbre del tallo	2	5,73	<0,0001
Mancha agregada	2	1,37	0,2092

## Anexo K

### Tabla K1

*Resultados del modelo de probabilidad de germinación a los 5 días*

<b>Medidas de ajuste del modelo</b>					
<b>n</b>	<b>AIC</b>	<b>BIC</b>	<b>LogLik</b>	<b>Desviance</b>	<b>df.resid</b>
30	230,1	252,5	-99,0	59,0	14,0
<b>Prueba de hipótesis marginales</b>					
<b>Source</b>	<b>numDF</b>	<b>denDF</b>	<b>F-value</b>	<b>p-value</b>	
Bloque	1	14	0,18	0,6737	
Cultivar	14	14	44,12	<0,0001	

*Nota.* AIC y BIC menores implica mejor.

### Tabla K2

*Resultados del modelo de probabilidad de germinación a los 14 días*

<b>Medidas de ajuste del modelo</b>					
<b>n</b>	<b>AIC</b>	<b>BIC</b>	<b>LogLik</b>	<b>Desviance</b>	<b>df.resid</b>
30	273,9	296,4	-121,0	103,0	14,0
<b>Prueba de hipótesis marginales</b>					
<b>Source</b>	<b>numDF</b>	<b>denDF</b>	<b>F-value</b>	<b>p-value</b>	
Bloque	1	14	0,21	0,6504	
Cultivar	14	14	37,58	<0,0001	

*Nota.* AIC y BIC menores implica mejor.