

UNIVERSIDAD DE LA EMPRESA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

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

Luciana González Píriz  
Carolina Techera Iriarte

*TESIS presentada como uno de los requisitos  
para obtener el título de Ingeniero Agrónomo.*

MONTEVIDEO  
2020

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

Tutor:

Ing. Agr. PhD Federico Molina Casella

Tesistas:

Luciana González Píriz

Carolina Techera Iriarte

Montevideo

2020

**Hoja de aprobación**

**Título de la Tesis:**

"Evaluación y caracterización de germoplasma de arroz en comparación con variedades comerciales"

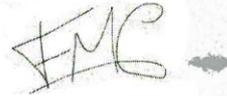
**Tesis aprobada por:**

Lic. Dr. Juan Rosas (INIA)  
Pte. Tribunal



Firma

Ing. Agr. PhD. Federico Molina Casella  
(INIA) - Tutor



Firma

Ing. Agr. MSc. Carolina Carballo  
(FCA)



Firma

**Fecha:** 12.11.2020

**Calificación:** 11 (once)

**Autores:**

González Píriz, Luciana Laura



Techera Iriarte, Carolina Florencia



Firma

## **AGRADECIMIENTOS**

A nuestro tutor de tesis, Federico, por su invaluable colaboración y apoyo constante en el transcurso de este trabajo.

Al personal de INIA Treinta y Tres por su disposición y constante ayuda en todo lo que fue el trabajo de campo y elaboración de datos.

A Mario y José por ayudarnos en el laboratorio y transmitirnos todos sus conocimientos.

A Diego y Teresita por su apoyo y ayuda en toda nuestra carrera en UDE.

A los profesores Ximena y Ernesto por el apoyo brindado a lo largo de todo este trabajo.

A la Facultad en general, por no solo enseñarnos sino formarnos como profesionales.

Especialmente a nuestras familias y amigos por su apoyo incondicional, aliento constante y por no dejarnos bajar los brazos en ningún momento a lo largo de la carrera.

## **TABLA DE CONTENIDO**

**HOJA DE APROBACIÓN** ..... ¡Error! Marcador no definido.

**AGRADECIMIENTOS** ..... **II**

**TABLA DE CUADROS**..... **VII**

**TABLA DE GRÁFICOS**..... **VIII**

**TABLA DE ILUSTRACIONES**..... **IX**

**1. RESUMEN**..... **1**

**2. SUMMARY** ..... **3**

**4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA** ..... **7**

**4.1 CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS** ..... **7**

**4.2 CARACTERÍSTICAS CULINARIAS**..... **8**

**4.3 DESARROLLO Y ECOFISIOLOGÍA DE LA PLANTA DE ARROZ** ..... **10**

**4.3.1 Fase vegetativa** ..... **11**

4.3.1.1 Emergencia ..... 11

4.3.1.2 Etapa de plántula ..... 11

4.3.1.3 Macollamiento ..... 12

4.3.1.4 Alargamiento de los entrenudos..... 12

**4.3.2 Fase reproductiva**..... **12**

4.3.2.1 Iniciación de la panícula ..... 12

4.3.2.2 Desarrollo de la panícula..... 13

4.3.2.3 Floración ..... 13

**4.3.3 Fase de maduración**..... **14**

4.3.3.1 Etapa lechosa .....	14
4.3.3.2 Etapa pastosa .....	14
4.3.3.3 Etapa de maduración .....	14
<u>4.4 CARACTERÍSTICAS GENOTÍPICAS</u> .....	<u>15</u>
4.4.1 <u>Sub-especie <i>índica</i></u> .....	<u>15</u>
4.4.2 <u>Sub-especie <i>japónica</i></u> .....	<u>15</u>
4.4.3 <u>Cultivares Clearfield</u> .....	<u>16</u>
4.4.4 <u>Características de los cultivares testigos</u> .....	<u>16</u>
4.4.4.1 INIA Tacuarí .....	16
4.4.4.2 El Paso 144 .....	17
4.4.4.3 INIA Olimar .....	17
4.4.4.4 Parao .....	18
4.4.4.5 INIA Merín .....	18
4.4.4.6 Gurí INTA CL .....	19
<u>4.5 FACTORES QUE AFECTAN EL CULTIVO DE ARROZ</u> .....	<u>19</u>
4.5.1 <u>Suelo</u> .....	<u>19</u>
4.5.2 <u>Fecha de siembra</u> .....	<u>21</u>
4.5.3 <u>Riego</u> .....	<u>22</u>
4.5.4 <u>Temperatura</u> .....	<u>23</u>
4.5.5 <u>Radiación solar</u> .....	<u>24</u>
4.5.6 <u>Requerimientos nutricionales</u> .....	<u>25</u>
4.5.6.1 Nitrógeno .....	25
4.5.6.2 Fósforo .....	27
4.5.6.3 Potasio .....	28

4.5.6.4 Otros nutrientes.....	29
<b><u>4.6 ENFERMEDADES MÁS IMPORTANTES DEL CULTIVO</u></b> .....	<b><u>31</u></b>
<b><u>4.6.1 Pyricularia grisea (Brusone)</u></b> .....	<b><u>32</u></b>
4.6.1.1 Sintomatología y desarrollo de la enfermedad .....	32
4.6.1.2 Epidemiología .....	33
<b><u>4.6.2 Sclerotium oryzae</u></b> .....	<b><u>35</u></b>
4.6.2.1 Sintomatología y desarrollo de la enfermedad .....	35
4.6.2.2 Estrategias de control .....	36
<b><u>4.6.3 Rhizoctonia oryzae - sativae</u></b> .....	<b><u>37</u></b>
4.6.3.1 Sintomatología y desarrollo de la enfermedad .....	37
4.6.3.2 Estrategias de control .....	38
<b><u>4.7 PLAGAS MÁS IMPORTANTES DEL CULTIVO</u></b> .....	<b><u>39</u></b>
<b><u>4.7.1 Oebalus poecilus</u></b> .....	<b><u>40</u></b>
4.7.1.1 Detección .....	40
4.7.1.2 Manejo .....	40
<b><u>4.7.2 Oryzophagus oryzae</u></b> .....	<b><u>41</u></b>
4.7.2.1 Detección .....	41
4.7.2.2 Manejo .....	42
<b><u>4.7.3 Sodoptera frugiperda</u></b> .....	<b><u>43</u></b>
4.7.3.1 Detección .....	43
4.7.3.2 Manejo .....	44
<b><u>5. OBJETIVOS</u></b> .....	<b><u>45</u></b>
<b><u>6. MATERIALES Y MÉTODOS</u></b> .....	<b><u>46</u></b>
<b><u>6.1 LOCALIZACIÓN</u></b> .....	<b><u>46</u></b>

<u>6.2 DISEÑO EXPERIMENTAL Y TRATAMIENTOS</u> .....	<u>46</u>
<u>6.3 VARIABLES A EVALUAR</u> .....	<u>48</u>
<u>6.3.1 Características agronómicas</u> .....	<u>48</u>
<u>6.3.2 Características culinarias</u> .....	<u>50</u>
<b><u>7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u></b> .....	<b><u>56</u></b>
<u>7.1 RESULTADOS GENERALES DE LA SIEMBRA TEMPRANA</u> .....	<u>56</u>
<u>7.1.1 Ciclo a floración, altura de planta e incidencia de enfermedades</u> <u>(Podredumbre del tallo y Mancha agregada) en la siembra temprana</u> ..	<u>57</u>
<u>7.1.2 Rendimiento, blanco total, entero total, yesosos, relación L/A y</u> <u>peso de 1000 granos en la siembra temprana</u> .....	<u>59</u>
<u>7.2 RESULTADOS GENERALES DE LA SIEMBRA TARDÍA</u> .....	<u>65</u>
<u>7.2.1 Ciclo a floración, altura de planta e incidencia de enfermedades</u> <u>(Podredumbre del tallo y Mancha agregada) en la siembra tardía</u> .....	<u>66</u>
<u>7.2.2 Rendimiento, blanco total, entero total, yesosos, relación L/A y</u> <u>peso de 1000 granos en la siembra tardía</u> .....	<u>68</u>
<u>7.3 RESULTADOS GENERALES DE LA COMPARACIÓN ENTRE FECHAS</u> <u>DE SIEMBRA</u> .....	<u>74</u>
<u>7.3.1 Ciclo a floración, altura de planta e incidencia de enfermedades</u> <u>(Podredumbre del tallo y Mancha agregada) en ambas fechas de</u> <u>siembra</u> .....	<u>75</u>
<u>7.3.2 Rendimiento, blanco total, entero total, yesosos, relación L/A y</u> <u>peso de 1000 granos en ambas fechas de siembra</u> .....	<u>77</u>
<u>7.4 CALIDAD CULINARIA EN SIEMBRA TEMPRANA</u> .....	<u>87</u>
<b><u>8. CONCLUSIONES</u></b> .....	<b><u>92</u></b>
<b><u>9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u></b> .....	<b><u>94</u></b>

<b><u>10. ANEXOS</u></b> .....	<b><u>109</u></b>
<u>Anexo 1</u> .....	<u>109</u>
<u>Anexo 2</u> .....	<u>10911</u>

## **TABLA DE CUADROS**

<u>Cuadro N° 1. Mapa de la siembra temprana</u> .....	<u>47</u>
<u>Cuadro N° 2. Mapa de la siembra tardía</u> .....	<u>47</u>
<u>Cuadro N° 3. Número asignado a cada cultivar</u> .....	<u>48</u>
<u>Cuadro N° 4. Escala de soltura mecánica</u> .....	<u>51</u>
<u>Cuadro N° 5. Escala de textura en el paladar</u> .....	<u>53</u>
<u>Cuadro N° 6. Escala del grado de dispersión alcalina</u> .....	<u>53</u>
<u>Cuadro N° 7. Resultados de los modelos lineales generales y mixtos para todas las variables de la siembra temprana</u> .....	<u>56</u>
<u>Cuadro N° 8. Medias de las variables ciclo a floración, altura de planta, incidencia de las enfermedades Podredumbre del tallo (<i>Sclerothium oryzae</i>) y Mancha agregada (<i>Rhizoctonia oryzae-sativae</i>) para los contrastes realizados en la siembra temprana</u> .....	<u>58</u>
<u>Cuadro N° 9. Medias de las variables rendimiento, blanco total, entero total, yesosos, relación L/A y peso de 1000 granos para los contrastes realizados en la siembra temprana</u> .....	<u>60</u>
<u>Cuadro N° 10. Resultados de los modelos generales y mixtos para todas las variables en siembra tardía</u> .....	<u>66</u>
<u>Cuadro N° 11. Medias de las variables ciclo a floración, altura de planta, incidencia de las enfermedades Podredumbre del tallo (<i>Sclerothium oryzae</i>) y Mancha agregada (<i>Rhizoctonia oryzae-sativae</i>) para los contrastes realizados en la siembra tardía</u> .....	<u>67</u>
<u>Cuadro N° 12. Medias de las variables para las variables rendimiento, blanco total, entero total, yesosos, relación L/A y peso de 1000 granos para los contrastes realizados en la siembra tardía</u> .....	<u>73</u>

<u>Cuadro N° 13. Resultados generales de la comparación de medias entre la siembra temprana y tardía .....</u>	<u>74</u>
<u>Cuadro N° 14. Medias de las variables ciclo a floración, altura e incidencia de las enfermedades Podredumbre del tallo (<i>Sclerothium oryzae</i>) y Mancha agregada (<i>Rhizoctonia oryzae-sativae</i>) para los contrastes realizados, comparando siembra temprana con siembra tardía.....</u>	<u>76</u>
<u>Cuadro N° 15. Medias de las variables rendimiento, blanco total, entero total, yesosos, relación L/A y peso de 1000 granos para los contrastes realizados, comparando siembra temprana con siembra tardía.....</u>	<u>78</u>
<u>Cuadro N° 16. Comparación de medias para las variables tiempo de cocción, dispersión alcalina, apariencia (soltura), pegajosidad (textura), expansión en volumen y contenido de amilosa.....</u>	<u>91</u>

## **TABLA DE GRÁFICOS**

<u>Gráfico N° 1. Medias de Rendimiento (kg/ha) de los cultivares <i>índicos</i>.....</u>	<u>60</u>
<u>Gráfico N° 2. Medias de rendimiento (kg/ha) de los cultivares Clearfield ....</u>	<u>61</u>
<u>Gráfico N° 3. Medias de rendimiento (kg/ha) de los cultivares <i>japónicos</i> ....</u>	<u>62</u>
<u>Gráfico N° 4. Medias de Entero Total (%) de los cultivares <i>japónicos</i> .....</u>	<u>63</u>
<u>Gráfico N° 5. Medias de Yesosos (%) de los cultivares <i>índicos</i>.....</u>	<u>64</u>
<u>Gráfico N° 6. Medias de Yesosos (%) de los cultivares <i>japónicos</i>.....</u>	<u>64</u>
<u>Gráfico N° 7. Medias de Rendimiento (kg/ha) de los cultivares <i>índicos</i>.....</u>	<u>68</u>
<u>Gráfico N° 8. Medias de Rendimiento (kg/ha) de los cultivares <i>japónicos</i>... </u>	<u>69</u>
<u>Gráfico N° 9. Medias de Entero Total (%) de los cultivares Clearfield .....</u>	<u>70</u>
<u>Gráfico N° 10. Medias de Entero Total (%) de los cultivares <i>índicos</i>.....</u>	<u>71</u>
<u>Gráfico N° 11. Medias de Yesosos (%) de los cultivares <i>japónicos</i> .....</u>	<u>72</u>
<u>Gráfico N° 12. Medias de Rendimiento (kg/ha) de INIA Merín y SL114000 en ambas fechas de siembra .....</u>	<u>79</u>

<u>Gráfico N° 13. Medias de Rendimiento (kg/ha) de los cultivares Clearfield en ambas fechas de siembra</u> .....	<u>80</u>
<u>Gráfico N° 14. Medias de Entero Total (%) de los cultivares Clearfield en ambas fechas de siembra</u> .....	<u>81</u>
<u>Gráfico N° 15. Medias de Entero Total (%) de INIA Olimar y cultivares <i>índicos</i> en ambas fechas de siembra</u> .....	<u>82</u>
<u>Gráfico N° 16. Medias de Entero Total (%) de los cultivares <i>japónicos</i> en ambas fechas de siembra</u> .....	<u>83</u>
<u>Gráfico N° 17. Medias de Yesosos (%) de los cultivares Clearfield en ambas fechas de siembra</u> .....	<u>84</u>
<u>Gráfico N° 18. Medias de Yesosos (%) de INIA Olimar y líneas <i>índicas</i> para ambas fechas de siembra</u> .....	<u>85</u>
<u>Gráfico N° 19. Medias de Yesosos (%) de los cultivares <i>japónicos</i> para ambas fechas de siembra</u> .....	<u>86</u>
<u>Gráfico N° 20. Medias de Soltura de los cultivares Clearfield</u> .....	<u>88</u>
<u>Gráfico N° 21. Medias de Textura de los cultivares <i>índicos</i></u> .....	<u>89</u>

## **TABLA DE ILUSTRACIONES**

<u>Figura N° 1. Etapas de crecimiento y desarrollo de la planta de arroz</u> .....	<u>10</u>
<u>Figura N° 2. Manchas en hojas y nudo de <i>Pyricularia grisea</i> en cultivo de arroz</u> .....	<u>35</u>
<u>Figura N° 3. Podredumbre de tallos en el cultivo de arroz</u> .....	<u>37</u>
<u>Figura N° 4. Mancha agregada de la vaina en el cultivo de arroz</u> .....	<u>39</u>
<u>Figura N° 5. Chinche del grano en arroz</u> .....	<u>41</u>
<u>Figura N° 6. Gorgojo acuático del arroz</u> .....	<u>43</u>
<u>Figura N° 7. Lagarta cogollera en arroz</u> .....	<u>44</u>
<u>Figura N° 8. Escala de soltura desde arroz sin agregados hasta arroz completamente agregado</u> .....	<u>51</u>

Figura N° 9. Diferentes grados de dispersión alcalina ..... 54

## **EVALUACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE GERMOPLASMA DE ARROZ EN COMPARACIÓN CON VARIEDADES COMERCIALES**

### **1. RESUMEN**

El arroz es el alimento más importante en el mundo si consideramos la cantidad de hectáreas sembradas y la cantidad de personas que dependen de su cosecha. Los mayores productores de América son Brasil, USA, Colombia, Perú, Argentina, Ecuador y Uruguay. Es uno de los principales rubros de exportación del país, ocupando 140.000 hectáreas con un rendimiento promedio de 8500 kg/ha. El 80 % de los cultivares son generados en el país, siendo los más sembrados INIA Olimar, INIA Merín y Gurí INTA CL. El objetivo general del estudio fue evaluar y caracterizar los materiales de arroz del Programa Arroz de INIA a los efectos de encontrar variedades que justifiquen su explotación por sus particulares características agronómicas y culinarias. Los objetivos específicos consistieron en una caracterización agronómica y culinaria de los materiales. Los parámetros agronómicos evaluados fueron, rendimiento, incidencia de enfermedades, altura y ciclo a floración. Dentro de calidad molinera se evaluó porcentaje de blanco total, grano entero, yesado y dimensiones del grano. Las características culinarias evaluadas fueron, rendimiento en volumen a cocción, pegajosidad, apariencia, porcentaje de amilosa y álcali. El estudio fue llevado a cabo en la zafra 2018/2019 en la unidad experimental de INIA Paso de la Laguna, en el departamento de Treinta y Tres. Se realizaron dos ensayos independientes, sembrados en diferente fecha utilizando un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. El ensayo incluyó 32 cultivares de los cuales seis eran variedades comerciales que se utilizaron como testigo y el resto eran líneas experimentales. La línea *japónica* fue la que presentó mejor rendimiento en la siembra temprana respecto al testigo INIA Tacuarí (8573 vs. 6124 kg/ha). El porcentaje de yesosos para la línea *japónica* en ambas épocas de siembra fue menor que

el testigo INIA Parao (7.64 vs. 14.2 % siembra temprana y 13.4 vs. 24.8 % siembra tardía). En el contraste entre la línea *japónica* y sus respectivos testigos no se apreciaron diferencias significativas en la proporción de granos enteros. Para la comparación entre épocas de siembra se observa que la línea Clearfield presentó un mayor rendimiento en la época tardía (7479 vs. 8137 kg/ha). Con respecto al grado de soltura, las líneas Clearfield presentaron un valor más alto en comparación con el testigo Gurí INTA CL (4 vs. 3) por lo cual, estas líneas experimentales presentan granos más agregados. El rendimiento para las líneas *índicas*, no obtuvo un buen desempeño productivo ya que presentó valores inferiores respecto al testigo INIA Merín en época de siembra temprana (8356 vs. 9668 kg/ha). En base a los resultados obtenidos se concluye que, por desempeño productivo, físico y culinario para ambas épocas de siembra, las líneas que justificarían su explotación son, CL1202, CL1092 y CL1195 dentro de las líneas Clearfield, SLF14055, SLI13635 y SLI13352A2 dentro de las líneas *índicas*, y L11298, L10852 y L9884 dentro de las líneas *japónicas*.

Palabras clave: *Oryza sativa*, calidad culinaria, mejoramiento genético

## **EVALUATION AND CHARACTERIZATION OF RICE GERM PLASM IN COMPARISON WITH COMMERCIAL VARIETIES**

### **2. SUMMARY**

Rice is the most important staple food in the world considering the number of hectares planted and the number of people who depend on its harvest. The largest producers in America are Brazil, USA, Colombia, Peru, Argentina, Ecuador and Uruguay. It is one of the main export items of Uruguay, occupying 140,000 hectares with an average yield of 8,500 kg / ha. Eighty percent of the cultivars have been created in the country, being the most sown INIA Olimar, INIA Merín and Gurí INTA CL. The general objective of the study was to evaluate and characterize the rice materials of the INIA Rice Program in order to find varieties that justify their exploitation due to their particular agronomic and culinary characteristics. The specific objectives consisted of an agronomic and culinary characterization of the materials. The agronomic parameters evaluated were, grain yield, incidence of diseases, plant height and days to flowering. Within milling quality, the percentages of white, whole and chalky grain and grain dimensions were determined. The culinary characteristics evaluated were, cooking volume yield, stickiness, appearance, amylose and alkali percentage. The study was carried out in the 2018/2019 harvest in the experimental unit of INIA Paso de la Laguna, in the department of Treinta y Tres. Two independent trials were carried out, planted on different dates in a randomized complete block design with four replications. The trial included 32 cultivars of which six were commercial varieties used as controls and the rest were experimental lines. The *japonica* line was the one that presented the best performance in early sowing compared to the INIA Tacuarí control (8573 vs. 6124 kg/ha). The percentage of chalky grain for the *japonica* line in both planting seasons was lower than the INIA Parao control (7.64 vs. 14.2 % early planting and 13.4 vs. 24.8 % late planting). In the contrast between the *japonica* line and its respective controls, no significant values were observed in the proportion of whole

grains. In the comparison between sowing seasons, it was observed that the Clearfield line presented a higher yield in the late season (7479 vs. 8137 kg/ha). Regarding the degree of looseness, the Clearfield lines showed a higher value compared to the Gurí INTA CL control (4 vs. 3), therefore, these experimental lines present more aggregated grains. The yield for the *indica* lines did not show a good productive performance since resulted in lower values with respect to the INIA Merín control in the early sowing season (8356 vs. 9668 kg/ha). Based on the results obtained, it can be concluded that due to productive, physical and culinary performance for both planting seasons, the lines that would justify their exploitation are CL1202, CL1092 and CL1195 within the Clearfield lines, SLF14055, SLI13635 and SLI13352A2 within the *indica* lines, and L11298, L10852 and L9884 within the *japonica* lines.

Key words: *Oryza sativa*, cooking quality, genetic improvement

### **3. INTRODUCCIÓN**

El arroz es el alimento básico para más de la mitad de la población mundial. Si se considera la cantidad de hectáreas sembradas y la cantidad de personas que dependen de su cosecha, es el más importante en el mundo. Además, proporciona más calorías por hectárea que cualquier otro cultivo de cereales. Más allá de su importancia como alimento, el cultivo de arroz le da empleo a la mayor parte de la población de Asia (Infoagro, s.f.).

Todos los países de América producen arroz, a excepción de Canadá. Los mayores productores son Brasil, Estados Unidos, Colombia, Perú, Argentina, Ecuador y Uruguay (Méndez del Villar, 2010).

Sudamérica es un exportador neto de arroz, más de 1,5 Mt de arroz blanco anual, lo cual representa un superávit de más de U\$S 750 millones por año (Méndez del Villar, 2010).

El cultivo de arroz es uno de los principales rubros de exportación de Uruguay, ocupando un área de siembra de 140.000 hectáreas y una producción aproximada de 1.241.920 toneladas, con un rendimiento de 8500 kg/ha (DIEA, 2018).

El 80 % de los cultivares plantados son generados en el país, por el Programa de mejoramiento genético de arroz de INIA. Las variedades más sembradas son: INIA Olimar con 20 %, INIA Merín con 15 %, e INIA Tacuarí con 15 % (DIEA, 2019). En 2018, el ingreso al país por exportación de arroz fue de 398 millones de dólares (Uruguay XXI, 2018).

La evaluación de cultivares se realiza mediante una serie de ensayos que procuran explorar el comportamiento de materiales de arroz en la Unidad Experimental Paso de la Laguna, en el departamento de Treinta y Tres. Año tras año se seleccionan los mejores cultivares y se descartan los menos productivos (Pérez de Vida et al, 2015). Se controlan la mayoría de los factores que afectan el comportamiento agronómico de los genotipos (riego, fertilidad del suelo, malezas y pájaros). Con respecto a la sanidad de los cultivares, se realizan lecturas de enfermedades del tallo (*Sclerotium oryzae* y *Rhizoctonia oryzae sativae*) así como una evaluación de Brusone (*Pyricularia grisea*) (Marchesi, 2016).

Una de las claves en el desarrollo de nuevas líneas de arroz, es su correcta caracterización de forma de identificar las fortalezas y debilidades de los nuevos cultivares en relación a los testigos comerciales (Molina, Com. Pers<sup>1</sup>).

En una primera etapa, la investigación en arroz apuntó a resolver problemas de manejo del cultivo y esto significó un aumento en los rendimientos. Se realizaron trabajos de investigación en INIA Treinta y Tres, ya que había potencial genético a explorar por el mejoramiento respecto a rendimiento, además, se mejoraron aspectos sanitarios y agronómicos, como altura de la planta, ciclo y calidad del grano (Chebataroff, 1989).

Las investigaciones han apuntado a incrementar y estabilizar el rendimiento promedio nacional, obteniendo productos de calidad y favoreciendo el manejo sostenible de los recursos naturales. Además, se apunta a la obtención de cultivares adaptados con características superiores a los disponibles, en los tipos de grano demandados por el sector arrocero (Blanco, 2002).

---

<sup>1</sup> Molina, F. 2019. INIA.

El desarrollo de cultivares nacionales ha sido uno de los pilares de la producción de arroz. El programa de INIA, con sus variedades, comprende el 80 % del área arrocera. La continua renovación y la búsqueda de cultivares más productivos o con mejor calidad es muy importante para la continuidad del sector (Zorrilla, 2017).

## **4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **4.1 CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS**

El rendimiento del cultivo de arroz a nivel nacional es de unos 8500 kg/ha (DIEA, 2018). A su vez, está compuesto por el porcentaje de blanco total, porcentaje de grano entero, porcentaje de yesado, dimensiones del grano, incidencias de enfermedades, altura y ciclo a floración (Molina, Com. Pers<sup>2</sup>).

Dentro de la calidad física del grano de arroz se pueden destacar:

- Blanco total: Es el conjunto de granos de arroz, enteros y quebrados, que se obtienen en el proceso de molinado de arroz cáscara.
- Grano entero: Son los granos que no están quebrados y aquellos grandes cuyo largo es igual o superior a los tres cuartos de la longitud media de los granos no quebrados.
- Yesado: Granos que presentan un aspecto opaco, como yeso o tiza, en más de la mitad del grano, tanto enteros como quebrados.
- Dimensiones del grano: Se basa en la relación largo/ancho del grano de arroz elaborado blanco no quebrado. Los granos de arroz se clasifican en grano largo ancho, largo

---

<sup>2</sup> Molina, F. 2019. INIA

delgado, mediano y corto. El primero, tiene una relación largo/ancho menor a 3. El segundo, tiene una relación largo/ancho mayor a 3. Los granos medianos tienen una relación largo/ancho entre 2 y 3 y los granos cortos menor a 2 (Alvarado y Hernaiz, 2007).

Otros autores consideran que la incidencia de enfermedades, la altura y el ciclo a floración son otros factores que afectan el rendimiento.

- Incidencia de enfermedades: Las más relevantes son causadas por hongos y ocasionalmente por bacterias. Las enfermedades más importantes en nuestro país son Brusone (*Pyricularia oryzae*), Manchado de vainas (*Rhizoctonia oryzae-sativae*) y Podredumbre del tallo (*Sclerotium oryzae*) (Martínez et al, 2018)
- Altura: Puede ir desde 60 – 120 cm (Olmos, 2006).
- Ciclo a floración: Corto: 85 – 90 días. Medio: 90 – 95. Largo: más de 95 días (Cassou, s.f.).

#### 4.2 CARACTERÍSTICAS CULINARIAS

La calidad culinaria está estrechamente relacionada con el porcentaje de amilosa del grano de arroz luego de ser cocinado. Existen parámetros para evaluar la calidad culinaria, éstos son físico-químicos y se refieren casi en su totalidad a la composición del almidón (Zuluaga, 2014).

La calidad del arroz es el resultado de la acción de variados factores, algunos están relacionados con las propiedades físico-químicas del grano tales como: tamaño, forma, peso, pigmentación, dureza, temperatura de gelatinización, contenido de amilosa, etc. También hay otras características que se refieren a la cosecha y su manejo, como prácticas de recolección, secado, transporte, procesamiento y almacenamiento (CIAT, 1989).

El significado de calidad del grano varía en las diferentes regiones, dependiendo de las exigencias establecidas por el mercado internacional. Las preferencias en cuanto a la longitud de grano, grado de molienda y aroma también varían. El grano largo al cocinarse queda seco y suelto y el grano corto húmedo y pegajoso. En Asia los consumidores, por lo general, prefieren el grano tipo “*japónico*”, es decir, un grano corto, bien molinado, pegajoso y de buen sabor. El arroz de tipo “*índico*”, de grano largo, es el que se prefiere a nivel de mercado internacional (CIAT, 1989).

Se ha observado que en niveles similares de amilosa en arroz, la textura puede presentar diferencias, lo que genera que se trabaje en el desarrollo de nuevas tecnologías para asegurar la calidad del grano. La utilización de la evaluación sensorial, ha venido aumentando a lo largo de los años, la cual consta de un análisis efectuado por personas entrenadas para describir la textura del grano de arroz cocido (Ávila, 2001).

La calidad culinaria del arroz está determinada por la apariencia del grano, tiempo de cocción, y la consistencia del arroz luego de cocido. Estas condiciones están directamente relacionadas con factores genéticos, ambientales y por características fisicoquímicas como contenido de amilosa, temperatura de gelatinización, consistencia de gel. (Lieberman y Velázquez, 2016).

Las principales características culinarias del grano de arroz se definen a continuación:

**Rendimiento en volumen a cocción:** El arroz aumenta de volumen cuando se cocina según la cantidad de agua que absorbe. La relación entre el volumen de arroz cocido y el volumen de arroz crudo indica el rendimiento en volumen (Cerón et al, 1972).

**Pegajosidad (textura):** El arroz se compone en un 90 % de almidón. Si una variedad es rica en amilopectina, el grano será más húmedo y tendrá

una mayor adhesión entre ellos, es decir, la pegajosidad será mayor (FLAR, 2015).

**Apariencia (soltura):** Se refiere al aspecto externo del grano, esto incluye color, forma, tamaño, peso, longitud y presencia de centro blanco (CIAT, 1989).

**Contenido de amilosa:** La cohesividad, textura y brillo del arroz cocido va a depender del contenido de amilosa que tenga el grano (Loaiza y Larrahondo, 2017).

**Álcali:** La prueba de álcali estima indirectamente la temperatura de gelatinización del grano. Ésta es la temperatura a la cual el gránulo de almidón comienza a absorber agua y a aumentar el tamaño irreversiblemente (Fontana et al, 2017).

#### 4.3 DESARROLLO Y ECOFISIOLOGÍA DE LA PLANTA DE ARROZ

El desarrollo de la planta se puede dividir en tres fases: fase vegetativa, fase reproductiva y fase de maduración. La dormancia y la germinación de la semilla, y el comienzo del desarrollo de la inflorescencia delimitan estas tres fases (Jun-Ichi et al, 2005) (Fig. N° 1).

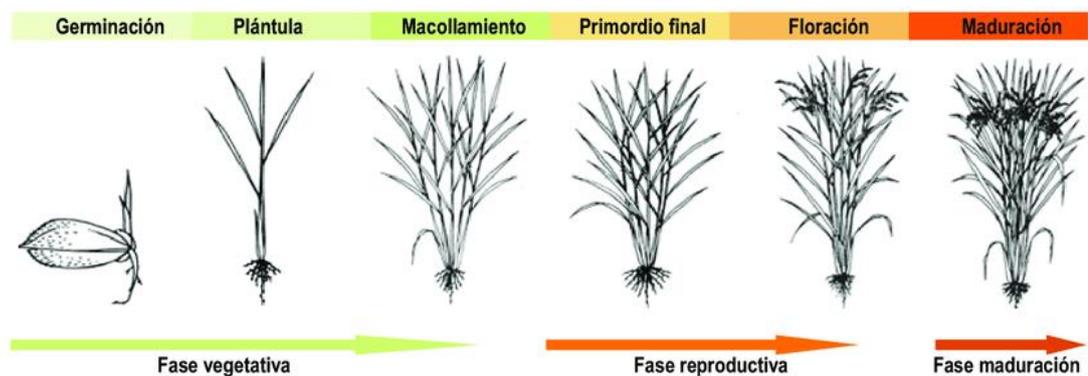


Figura N° 1. Etapas de crecimiento y desarrollo de la planta de arroz

**Fuente:** Adaptado de Quirós McIntire (2005).

#### 4.3.1 Fase vegetativa

Se inicia al germinar la semilla, cuando la radícula o coleóptilo emerge del cariopse (Olmos, 2006), y finaliza con la iniciación panicular (Chebataroff, 2012).

Estudios recientes han indicado que la fase vegetativa se puede dividir en dos fases: juvenil y adulta, que difieren en muchos rasgos (Hackett, Poethig, Telfer et al, Asai et al, citados por Jun-Ichi et al, 2005). La fase vegetativa se subdivide en: emergencia, etapa de plántula, macollamiento y alargamiento de los entrenudos (Dunand y Saichuk, 2014).

##### 4.3.1.1 Emergencia

Se inicia cuando ha desaparecido la latencia. La temperatura óptima para la germinación es entre 25 °C y 30 °C (Chebataroff, 2012). La imbibición de agua hace que la semilla se hinche y gane peso, es ahí donde se empiezan a convertir los carbohidratos en azúcares y el embrión se activa. Luego crecen dos estructuras: la radícula y el coleoptile. Con la aparición de éstas la etapa de emergencia finaliza (Dunand y Saichuk, 2014).

##### 4.3.1.2 Etapa de plántula

Durante esta etapa emergen cuatro hojas y la primera muere al día doce. Al principio la planta depende totalmente de la energía, proteína y minerales de la semilla. Entre el séptimo y el octavo día comienza a fotosintetizar sus propios requerimientos de energía y a absorber nutrientes. Desde este momento, la acumulación de materia seca se incrementa más rápidamente (Fernández et al, 1985).

#### 4.3.1.3 Macollamiento

Comienza con la aparición de la cuarta o quinta hoja, estando esa emisión de hojas directamente relacionada con la aparición de los macollos (Chebataroff, 2012). El fósforo y el nitrógeno tienen un papel importante en promover el macollaje. Temperaturas inferiores a 25 °C afectan este período negativamente. También una inundación temprana con agua relativamente fría (menos de 22 °C), profundidad excesiva o un rápido crecimiento de algas afectan de manera negativa la formación de nuevos macollos (Howeler, 1974).

#### 4.3.1.4 Alargamiento de los entrenudos

Esta etapa comienza cuando el cuarto entrenudo del tallo principal debajo de la panícula empieza a hacerse notable en longitud, y termina cuando está totalmente elongado (Fernández et al, 1985).

Generalmente el número de nudos es de 13 a 16 pero la elongación se da solamente en los cuatro o cinco nudos superiores, que son los que van a determinar la altura del tallo y finalmente la altura de la planta (Ozuna, 1998).

### 4.3.2 Fase reproductiva

#### 4.3.2.1 Iniciación de la panícula

La diferenciación del meristema en el punto de crecimiento inicia el primordio de la panícula, y marca el final de la etapa vegetativa y el comienzo de la reproductiva (Fernández et al, 1985).

El primordio de la panícula es visible 11 días más tarde, aproximadamente, luego del inicio de esta fase, en el extremo del punto de crecimiento, como una estructura cónica plumosa. En este momento,

condiciones ambientales adversas afectan el rendimiento ya que se reduce el número de espiguillas diferenciadas (Fernández et al, 1985).

#### 4.3.2.2 Desarrollo de la panícula

El desarrollo de la panícula requiere de mucha energía, por lo tanto, los fotoasimilados deben ser abundantes en esta etapa (Jarma et al, 2010). Esta fase comienza cuando la panícula es visible y termina cuando la punta de ella está inmediatamente debajo del cuello de la hoja bandera (Andrade y Hurtado, 2007).

El primordio de la espiguilla se diferencia y se forma junto con el raquis causando un abultamiento llamado “embuchamiento”. La hoja bandera crece hasta emerger totalmente. Cuando el cuello de la misma y la hoja que la precede están al mismo nivel, está ocurriendo la meiosis en las flores de la mitad de la panícula (Fernández et al, 1985).

#### 4.3.2.3 Floración

Comienza cuando la panícula sale de la vaina de la hoja bandera (Jarma et al, 2010) y termina cuando se completa la antesis en toda la panícula (Andrade y Hurtado, 2007).

Los granos de polen son viables durante aproximadamente cinco minutos después de salir de la antera, mientras que el estigma puede ser fertilizado durante tres a siete días. Generalmente, el arroz se autopoliniza antes que la lema y la pálea se abran para liberar el polen (Moldenhauer et al, 2018).

### 4.3.3 Fase de maduración

#### 4.3.3.1 Etapa lechosa

Esta etapa comienza con la antesis y la fecundación del ovario hasta que el contenido de los granos sea un líquido lechoso blanco (Jarma et al, 2010). Los carbohidratos almacenados son trasladados hacia los granos y otros se fotosintetizan para llenar la espiguilla. Cinco días después de la antesis, los granos son verdes todavía y cuando la panícula es sostenida se dobla por el peso de los granos llenos en el tercio superior (Fernández et al, 1985).

#### 4.3.3.2 Etapa pastosa

La consistencia del grano cambia a pastosa suave y luego de tres a cinco días se endurece (Fernández et al, 1985). La hoja 12 se marchita y sólo dos hojas permanecen en cada macollo y los granos cambian de color hacia verde amarillento (Jarma et al, 2010). La planta alcanza su máximo peso en materia seca y aproximadamente la mitad se encuentra en el grano (Fernández et al, 1985).

#### 4.3.3.3 Etapa de maduración

La maduración ocurre 30 días después de la floración. La planta está fisiológicamente madura, el 90 % de los granos maduraron y su coloración es amarillo pálido (Fernández et al, 1985). Esta etapa se alcanza cuando se llega a 20 % y 22 % de humedad aproximadamente (Moldenhauer et al, 2018). Las temperaturas óptimas para la maduración van desde 20 °C a 22 °C, con las que se logra un llenado normal y superior calidad de granos (Chebataroff, 2012).

#### 4.4 CARACTERÍSTICAS GENOTÍPICAS

La especie *Oryza sativa* presenta una gran diversidad genética encontrándose hasta tres sub-especies: *Índica*, *Japónica* y *Javánica*, las cuales son clasificadas según su ecología y morfología (Acevedo et al, 2006).

##### 4.4.1 Sub-especie *índica*

La sub-especie *índica* está distribuida en los trópicos y sub-trópicos. La planta tiene mayor altura que las otras sub-especies y un macollamiento denso (Andrade y Hurtado, 2007). La forma de la hoja es larga, su color verde claro y el ángulo que forma la hoja bandera con el tallo es agudo. La arista es fina y corta (Acevedo et al, 2006), y el grano fino y largo con alto contenido de amilosa (Hardke y Sadaka, 2018) lo que le da un aspecto seco, blando y poco desintegrado en la cocción (Andrade y Hurtado, 2007).

Las investigaciones enfocadas en el mejoramiento genético de arroz han conseguido producir variedades de tipo *índica*, de menor estatura, macollamiento alto y de buena respuesta a las aplicaciones de fertilizantes nitrogenados, consiguiendo altos rendimientos como los de la sub-especie *japónica* (Andrade y Hurtado, 2007).

##### 4.4.2 Sub-especie *japónica*

Las sub-especie *japónica* puede tener un grano medio y corto con bajo contenido de amilosa (Hardke y Sadaka, 2018), lo que provoca que sean pegajosos y que tiendan a desintegrarse en la cocción (Andrade y Hurtado, 2007) o grano largo y un contenido de amilosa intermedio. Su hoja es estrecha, de color verde oscuro, y el ángulo que forma la hoja bandera con el tallo es abierto (Acevedo et al, 2006). Su capacidad de macollamiento es menor a la de la sub-especie *índica*, son insensibles al fotoperíodo y tolerantes a bajas temperaturas (Andrade y Hurtado, 2007).

#### 4.4.3 Cultivares Clearfield

Los cultivares Clearfield son cultivos no transgénicos resistentes a herbicidas. Se generaron en Luisiana, Estados Unidos. Los cultivares tienen una mutación en el gen ALS que los hace resistentes a herbicidas de la familia de las imidazolinonas (Rosas et al, 2013). Clearfield es una palabra en inglés que significa “campo limpio”, para que este sistema pueda funcionar correctamente se deben considerar tres componentes: tener una variedad resistente a herbicidas, tener un herbicida específico (familia de las imidazolinonas) y por último, tener un sistema de control adecuado, es decir, contar con semilla certificada de una variedad de arroz Clearfield y hacer un correcto uso de los herbicidas (Salvo et al, 2015).

#### 4.4.4 Características de los cultivares testigos

##### 4.4.4.1 INIA Tacuarí

Esta variedad es japónica, de tipo americana (amilosa y temperatura de gelatinización intermedia, como los cultivares del sur de Estados Unidos), con tallos fuertes, con un potencial de macollaje medio que se destaca por el alto número de granos por panoja (Chebataroff, 2012). Es de ciclo corto, requiriendo aproximadamente 87 días de siembra a comienzo de floración (Blanco et al, 1993a).

El grano de INIA Tacuarí posee glumas de color amarillo claro, sin pilosidad, con un largo de 6,38 mm pulido aproximadamente y una relación largo/ancho de 3,04 aproximadamente. Es una variedad con buen rendimiento industrial, con una media de 64,5 % de grano entero y 4,5 % de yesado. Con respecto a la calidad culinaria, este cultivar ronda en los 25,3 % de amilosa y 5,5 de dispersión por álcali, lo que indica una temperatura de gelatinización intermedia (Blanco et al, 1993a).

Es una variedad que atiende un mercado prácticamente exclusivo que es Perú, donde es muy valorado por su desempeño culinario. Es utilizado en la alta cocina peruana, una de las más famosas en el mundo por su nivel y sabores (ACA, 2017).

#### 4.4.4.2 El Paso 144

En 1987 se obtuvo este cultivar, producto de la investigación liderada por el Ing. Agr. Nicolás Chebataroff. Esta variedad cambió drásticamente el sector arrocero uruguayo aumentando el rendimiento por hectárea y cambiando la calidad de producción. En la década del noventa, El Paso 144 fue la variedad más sembrada en Sudamérica (ACA, 2017).

Esta variedad es del tipo índica de alto rendimiento y ciclo largo, sus plantas son bajas con alto poder de macollaje. Sus granos son largos, de cáscara clara y pilosa (ACA, 2017). Cuando no inciden las bajas temperaturas y el nivel de radiación es adecuado, El Paso 144 se destaca por su alto peso de granos (26,4 g/1000 granos) (Chebataroff, 2012).

#### 4.4.4.3 INIA Olimar

Proviene del cruzamiento de una línea introducida en viveros internacionales y una línea local. Tiene una altura levemente inferior a la de El Paso 144 y hojas pilosas erectas. Además, presenta abundante macollaje. Sus granos son más grandes y pesados que los de las demás variedades comerciales (Blanco et al, 2004).

Con respecto a la calidad molinera, INIA Olimar no alcanza los niveles de las variedades de calidad americana, como INIA Tacuarí. El porcentaje de grano entero es similar al de El Paso 144 y el porcentaje de yesado es inferior al del resto de las variedades comerciales. Se destaca la estabilidad de rendimiento de este cultivar, así como el mejor

comportamiento en siembras tardías frente a otras variedades, explicado por su mayor precocidad y resistencia al desgrane (Blanco et al, 2004).

#### 4.4.4.4 Parao

Al igual que INIA Tacuarí, es una variedad japónica de calidad culinaria americana. El tipo de planta es semi-enano con tallos fuertes, hojas erectas de color verde oscuro y sin pilosidad. El ciclo a floración es más largo que INIA Tacuarí y más corto que El Paso 144 aunque su maduración es más lenta. Cuenta con una mayor resistencia al desgrane que las demás variedades disponibles, lo que resulta en una ventaja si se retrasa la cosecha. También tiene una buena tolerancia a las bajas temperaturas (Blanco et al, 2013).

Parao posee granos más largos que los de INIA Tacuarí pero su porcentaje de grano entero y de yesado es inferior a los de esta última variedad. El contenido de amilosa y la temperatura de gelatinización son similares a los de INIA Tacuarí (Molina et al, 2011).

#### 4.4.4.5 INIA Merín

Es un cultivar liberado en 2015 por INIA, del tipo índica. Su grano es fino y largo y tiene un alto potencial de rendimiento. El follaje presenta pilosidad y se mantiene erecto durante la etapa de llenado de grano. La calidad molinera es adecuada, con buenos porcentajes de granos enteros y blanco total (Pérez de Vida et al, 2016).

INIA Merín presenta una productividad 5 % superior, aproximadamente, a la de El Paso 144 e INIA Olimar. Es un cultivar con escasa adaptación a las siembras tardías lo que genera una alta esterilidad en los granos. Además, presenta resistencia a *Pyricularia oryzae*, lo que lo destaca frente a otros cultivares como El Paso 144 e INIA Olimar (Pérez de Vida et al, 2016).

#### 4.4.4.6 Gurí INTA CL

Es una planta de alto macollaje, semi-enana, pubescente, con granos de color amarillo claro. Es susceptible a ciertos linajes de *Pyricularia oryzae* y resistente al vuelco (INTA, 2011). Normalmente los cultivares que rinden un gran tonelaje tienden a volcar al final de la cosecha, pero Gurí INTA CL tiene la capacidad de mantenerse relativamente verde en su tallo (Todo Agro, 2011).

Se destaca por su gran productividad y calidad molinera, la mejor que se ha podido lograr, tiene una máxima blancura en el pulido y también se pueden lograr muy buenos rendimientos industriales, aún con una cosecha a bajos porcentajes de humedad (Todo Agro, 2011).

### 4.5 FACTORES QUE AFECTAN EL CULTIVO DE ARROZ

#### 4.5.1 Suelo

El arroz requiere suelos con altos contenidos de arcilla, capaces de retener el agua por más tiempo (SAG, 2003). La topografía del lugar no influye en el rendimiento del cultivo, pero si puede aumentar los costos de producción y dificultar la mecanización. Por esta razón, la nivelación del terreno es una práctica muy importante (Agroterra, 2013).

Una capa de suelo suficientemente gruesa permite realizar labores en la tierra, ya sea para nivelación o para adecuarlo al cultivo, sin alcanzar

los horizontes más profundos que suelen ser menos fértiles o más permeables (Tinoco y Acuña, 2009).

Según Sahrawat (2005), una característica de los suelos que permanecen inundados por períodos prolongados, como es el caso del cultivo de arroz, es que mantienen la fertilidad y la productividad de estos sistemas.

Cuando el suelo es inundado se reduce la cantidad de oxígeno provocando un sistema anaerobio, lo que pone en marcha una serie de procesos físicos, químicos y biológicos. Los principales cambios que se presentan son: una disminución en el potencial redox, un aumento del pH en los suelos ácidos y una disminución del mismo en los suelos alcalinos, y un aumento en la conductividad eléctrica del suelo. El cambio del pH del suelo, cercano a la neutralidad, mejora la disponibilidad de nutrientes como amonio, fósforo y cationes intercambiables (Sahrawat, 2005).

Con respecto a la materia orgánica, Sahrawat (2005) plantea que en condiciones de anegamiento, la descomposición depende de la disponibilidad de aceptores de electrones. Además, los aceptores de electrones alternativos son ineficientes en la destrucción de la materia orgánica, por lo tanto, la descomposición de la misma es lenta e incompleta en comparación con un suelo en condiciones aerobias.

La condición de anaerobiosis en los suelos inundados provoca una alteración en la disponibilidad de nitrógeno. Como resultado se produce una acumulación de nitrógeno amoniacal, inestabilidad del nitrato y menores necesidades de nitrógeno para la descomposición de la materia orgánica (Moraes y Freire, 1974).

El suelo es la principal fuente de nitrógeno para la planta de arroz, según Lian (1980), en situaciones donde se han aplicado fertilizantes nitrogenados, el aporte desde el suelo ha sido de aproximadamente 77 % del nitrógeno total absorbido. En las mismas condiciones, Kealey et al, (1994), observaron que el 90 % del nitrógeno total fue absorbido desde el suelo.

#### 4.5.2 Fecha de siembra

La época de siembra es uno de los factores que más influyen en el desarrollo del cultivo y determina la mayor o menor incidencia de la temperatura y la radiación solar en el rendimiento final (Deambrosi et al, 1997).

El laboreo de verano es un complemento muy importante para lograr la siembra en la época oportuna. De esta manera se logra llegar al invierno sin necesidad de realizar grandes trabajos para la implantación del cultivo en el período del 1° de octubre al 1° de noviembre. Dicha ventana de siembra es la que se considera más adecuada para el óptimo desarrollo del cultivo (Courdin y Hernández, 2013).

La ocurrencia de fríos y baja radiación solar en la etapa reproductiva y llenado de grano son dos limitantes importantes en la producción de arroz en el país (Roel et al, 1997).

El período reproductivo del cultivo es muy sensible a las bajas temperaturas. Estos períodos son comunes en la zona este de Uruguay, y se han identificado como uno de los principales factores de inestabilidad de los rendimientos (Blanco et al, 1993b).

El atraso en la fecha de siembra provoca menores rendimientos y más variables ya que el período crítico del cultivo se encuentra en una fecha donde es probable la ocurrencia de bajas temperaturas (Sánchez, 2011).

Según Borghi y Ernst (2002), el arroz presenta un comportamiento denominado “escape por frío”, que significa que las variedades que posean un ciclo a floración más corto tendrán una mayor oportunidad de escapar de las bajas temperaturas en los momentos de floración.

#### 4.5.3 Riego

El manejo de riego en el cultivo de arroz es actualmente muy ineficiente en el uso de agua (Bhuiyan et al, 1995); ya que la producción de arroz debe aumentar para satisfacer la demanda de la creciente población, el uso eficiente del agua es sumamente importante (Roel, 1999).

En Uruguay, el sistema de riego utilizado es continuo con inundación permanente. Generalmente se realiza 30 días post emergencia y luego finaliza 15 – 20 días precosecha. En las variedades más usadas este periodo abarca 90 – 100 días (Roel, 1999).

Alturas de láminas de agua de 2,5 cm pueden lograr altos rendimientos en el cultivo de arroz, pero se requieren muchos controles de malezas y grandes trabajos de sistematización de la chacra. Con alturas entre 5 y 10 cm se necesitan menores trabajos de laboreo pero el gasto de agua es mucho mayor (SOSBAI, 2007).

Láminas de agua mayores a 10 cm provocan una disminución en el macollaje y un mayor crecimiento en altura de la planta, lo que favorece al vuelco. También aumenta las pérdidas de agua por infiltración lateral y una mayor evaporación durante la noche por mayor acumulación de energía térmica (SOSBAI, 2007).

Otras investigaciones afirman que el cultivo de arroz necesita condiciones de saturación del suelo para expresar su máximo potencial, restándole importancia a la altura de la lámina de agua (Gabrielli y Pintos, 2013).

Otros autores observaron que no hay diferencias significativas en rendimiento con una lámina de 10 o de 20 cm, pero si observaron una tendencia a mayores rendimientos con láminas más altas (Gabrielli y Pintos, 2013).

#### 4.5.4 Temperatura

La temperatura afecta el crecimiento y el desarrollo de la planta de arroz. Las temperaturas críticas están por debajo de 20 °C y por encima de 32 °C. La temperatura óptima para la germinación, el crecimiento del tallo, de las hojas y de las raíces, está entre 23 °C y 27 °C (SAG, 2003).

El período reproductivo (entre el desarrollo de la panoja y floración) es muy sensible a las bajas temperaturas. Estos períodos fríos son muy comunes en la zona Este del país y son la causa de la inestabilidad del rendimiento en esta zona (Blanco et al, 1993b).

Según Kaneda y Beachell (1974), los síntomas más comunes de las bajas temperaturas que se observan en el cultivo son:

- Poca germinación.
- Crecimiento lento y decoloración de las plántulas.
- Bajo crecimiento vegetativo caracterizado por una baja altura de la planta y poco macollamiento.
- Incompleta diferenciación de la panícula.
- Período de floración prolongado.
- Malformación de las espiguillas.
- Madurez irregular.
- Formación de granos anormales.

Satake y Yoshida (1978), reportaron que la planta de arroz es muy susceptible a las altas temperaturas en la etapa de floración. En un experimento hecho por estos autores se pudo observar que cuando se somete a la planta a 35 °C durante cuatro horas, la fertilidad de las espiguillas es de 75 % aproximadamente, cuando es sometida a 38 °C la fertilidad disminuye a 55 % y cuando se la somete a 41 °C solo en dos horas la fertilidad baja a 15 %.

La esterilidad de las espiguillas por altas temperaturas se produce el día de la floración. En una investigación se observó que las altas temperaturas durante la antesis fueron sumamente perjudiciales en la fertilidad de las espiguillas, sin embargo, altas temperaturas un día antes de la antesis provocaron un perjuicio menor, y altas temperaturas después de la antesis tuvieron poco efecto en la fertilidad de las espiguillas (Satake y Yoshida, 1978).

#### 4.5.5 Radiación solar

Las necesidades de radiación solar son diferentes en cada etapa del ciclo del cultivo. El sombreado durante la etapa vegetativa afecta muy poco el rendimiento y los componentes del mismo, sin embargo, durante la etapa reproductiva afecta negativamente el número de espiguillas (Yoshida, 1981).

La incidencia de la radiación solar en el periodo reproductivo es decisiva para la expresión del potencial de rendimiento en el arroz. La máxima influencia va desde la iniciación panicular hasta el llenado de granos (Chebataroff, 2012).

Los rendimientos más altos del mundo se dan en zonas templadas, con baja nubosidad, días largos y temperaturas nocturnas bajas que favorecen el balance fotosíntesis-respiración (Chebataroff, 2012).

En Uruguay, las variables agro meteorológicas tienen una marcada incidencia en la productividad del arroz. Los cultivos deben florecer entre el 10 de enero y el 10 de febrero así obtienen la mayor oferta de radiación solar. Luego del 20 de febrero aumenta el riesgo de fríos durante el período de floración (INIA, 2018).

Según Stansel (1975), existen cuatro factores que determinan la radiación solar que recibe el cultivo: el largo del día, la máxima intensidad de radiación que se puede esperar en un día claro, el sombreado entre plantas y la nubosidad. Los dos primeros, están determinados por la ubicación y el momento del año, por lo tanto, es importante saber en qué momento el cultivo va a entrar en su período crítico. En años normales, cuanto más temprano llegue a primordio, mejores van a ser las condiciones de luz y temperatura.

#### 4.5.6 Requerimientos nutricionales

Según Perdomo et al (1983), los requerimientos nutricionales van a depender de la cantidad de materia seca producida y del contenido que tenga de nutrientes.

##### 4.5.6.1 Nitrógeno

El nitrógeno es absorbido rápidamente desde las primeras etapas de desarrollo hasta la etapa de grano pastoso. Luego decae durante la etapa de macollamiento y diferenciación (Perdomo et al, 1983).

Según Ponnampereuma (1972), los suelos inundados tienen una alta concentración de amonio y baja de nitrato. Esto resulta en un beneficio ya que la planta de arroz utiliza mejor el amonio y los excesos no son tóxicos para el cultivo.

El nitrógeno es un componente esencial de los aminoácidos, nucleótidos y de la clorofila. Promueve el crecimiento en altura de la planta y un aumento en el número de macollos. También aumenta el tamaño de las hojas, el número de espiguillas, el porcentaje de espiguillas llenas y el contenido de proteína del grano. Por lo tanto, el nitrógeno influye en todos los componentes de rendimiento (Dobermann y Fairhurst, 2000).

Ferrés y Píriz, citados por Méndez y Deambrosi (2009), encontraron que si se aplican 60 kg/ha de nitrógeno total como urea se produce un mayor rendimiento en grano, si se divide en tres momentos (siembra, macollaje y primordio) comparada con una sola aplicación. Sin embargo, en Estados Unidos (Louisiana), Bollich et al (1994), observaron que las aplicaciones únicas fueron las que obtuvieron los mayores rendimientos en grano comparadas con las aplicaciones divididas.

Para otros autores en Australia, el momento de aplicación del nitrógeno depende de la variedad. Para algunas el mejor método es distribuir la urea en el momento de la inundación, provocando un mayor crecimiento de la planta, pero para otras fue mejor la aplicación en la iniciación de la panoja (Heenan y Lewin, 1982).

#### 4.5.6.2 Fósforo

El fósforo es particularmente importante en las primeras etapas de crecimiento del cultivo. Se requiere la aplicación de fósforo cuando el sistema radicular aún no está desarrollado y cuando el suelo tiene deficiencia de este nutriente (Dobermann y Fairhurst, 2000).

Según Castillo (2013), La fertilización fosfatada en Uruguay se realiza al momento de la siembra, utilizando fertilizantes solubles y dosis que rondan entre 55 kg/ha y 70 kg/ha de  $P_2O_5$ .

Existen casos donde no se observa una respuesta a la fertilización fosfatada, probablemente porque el suelo tiene niveles de suficiencia producto de buenos niveles naturales y de un balance positivo en sucesivos años de rotación (Deambrosi et al, 2001).

Según Dobermann y Fairhurst (2000), la deficiencia de fósforo puede ocasionar:

- Atraso en la maduración (una semana o más). Cuando la deficiencia es severa las plantas pueden no florecer.
- Gran cantidad de granos vacíos.
- Bajo peso de 1000 granos.
- Baja respuesta a la aplicación de fertilizantes nitrogenados.
- Baja tolerancia al agua fría.

#### 4.5.6.3 Potasio

Según Dobermann y Fairhurst (2000), a diferencia del nitrógeno y el fósforo, el potasio no tiene un efecto pronunciado en el macollamiento, pero si aumenta la cantidad de espiguillas por panícula, el porcentaje de granos llenos y el peso de 1000 granos.

Este nutriente hace que aumente la tolerancia de la planta a las condiciones climáticas adversas y la hace más fuerte ante el ataque de plagas y enfermedades (Dobermann y Fairhurst, 2000).

Casi el 50 % del potasio se absorbe hasta la etapa de primordio y el 75 % en la etapa de hoja bandera (Counce et al, 2000). Alrededor del 25 % de este nutriente es traslocado para el desarrollo del grano. Gran parte del potasio absorbido se encuentra en la paja, por lo que una vez cosechado, gran parte vuelve al suelo (William y Smith, 2001).

Según Dobermann y Fairhurst (2000), algunos de los síntomas que pueden observarse ante la deficiencia de potasio son:

- Hojas pequeñas, tallos cortos y delgados.
- Senescencia foliar temprana.
- Marchitamiento de las hojas, particularmente en condiciones de temperaturas altas y baja humedad.
- Gran porcentaje de espiguillas vacías.
- Bajo peso de 1000 granos.
- Sistema radicular pobre, lo que provoca una reducción en la absorción de otros nutrientes.

#### 4.5.6.4 Otros nutrientes

##### ❖ Zinc

Como mencionan Dobermann y Fairhurst (2000), el zinc es esencial para varios procesos que ocurren en la planta de arroz, tales como:

- Síntesis de citocromos y nucleótidos.
- Metabolismo de las auxinas.
- Producción de clorofila.
- Activación enzimática.

Es esperable encontrar una respuesta al agregado de zinc en suelos de blanqueales o en situaciones donde hay exceso de calcio activo, lo que hace reducir la disponibilidad de zinc para las plantas (Quintero et al, 2006).

##### ❖ Azufre

El azufre está involucrado en la producción de clorofila, por lo tanto, la planta lo requiere para la síntesis de proteínas y para la función y estructura de la misma. Este nutriente también se encuentra en algunas hormonas vegetales (tiamina y biotina), las cuales están involucradas en el metabolismo de los carbohidratos. Además, participa en algunas reacciones redox (Dobermann y Fairhurst, 2000).

Algunos de los síntomas por deficiencia de azufre que mencionan estos autores son:

- Baja altura de la planta y retraso en el crecimiento.
- Número reducido de macollos.
- Menor número de panículas y más cortas.
- Menor número de espiguillas por panícula.
- El desarrollo y la madurez de las plantas se retrasa una o dos semanas.

#### ❖ Silicio y Magnesio

El silicio se requiere para el desarrollo de hojas, tallos y raíces. Además, reduce la susceptibilidad de la planta al ataque de enfermedades e insectos. El cultivo que tiene un adecuado nivel de silicio presenta hojas erectas y un buen desarrollo, lo que contribuye a un uso eficiente de la luz (Dobermann y Fairhurst, 2000).

Estos autores (Dobermann y Fairhurst, 2000), mencionan que el magnesio activa varias enzimas y es un componente de la clorofila, por lo tanto, participa en la asimilación y síntesis de proteínas. También regula el pH celular y el equilibrio catión – anión. Algunos síntomas que se pueden presentar debido a la deficiencia de este nutriente son:

- Si la deficiencia es leve, la altura de la planta y el número de macollos no se ven afectados en gran medida.
- Bajo número de espiguillas.
- Bajo peso de 1000 granos.
- Puede reducir la calidad del grano (% de arroz quebrado, contenido de proteína y almidón).

#### ❖ Hierro y Calcio

Según Dobermann y Fairhurst (2000), el hierro es necesario para el transporte de electrones en la fotosíntesis. Además, es un importante receptor de electrones en las reacciones redox y un activador de varias enzimas, por ejemplo, la catalasa.

El calcio es importante para mantener la constitución de la pared celular, es un activador enzimático, participa en la osmorregulación y en el mantenimiento del equilibrio catión – anión en las células (Dobermann y Fairhurst, 2000).

#### 4.6 ENFERMEDADES MÁS IMPORTANTES DEL CULTIVO

De las enfermedades más importantes que se presentan en arroz en nuestro país se puede encontrar, en condiciones de alta humedad en la floración y con un uso intensivo de nitrógeno como fertilizante, al Brusone

(*Pyricularia grisea*), la cual presenta mayor incidencia en la zona norte (Chebataroff, 2012).

Entre las enfermedades del tallo podemos encontrar, *Sclerotium oryzae*, *Rhizoctonia oryzae* y *R. oryzae - sativae* (ROS), que tiene mayor incidencia en aéreas intensivas del cultivo. Estas enfermedades son el causal de pérdidas de rendimiento y disminución en la calidad de grano lo que se traduce en pérdidas económicas (Martínez, 2017).

El uso racional de fungicidas es muy importante, así como ciertas medidas de manejo, ya que la mayoría de las variedades sembradas en el país son susceptibles. El manejo de las enfermedades en arroz comienza con la elección del cultivar, el curado de la semilla y un adecuado manejo de fertilización y riego para evitar el desarrollo de las mismas (Martínez, 2017).

#### 4.6.1 Pyricularia grisea (Brusone)

Este hongo causa una de las enfermedades más importantes del cultivo en el mundo, llamada Brusone. Se presenta con más frecuencia en cultivos de secano y en regiones de clima templado (Chebataroff, 2012).

El hongo puede producir nuevas razas, por lo tanto, son importantes las condiciones climáticas y la persistencia de plantas hospedantes. Algunas de las plantas que pueden servir como fuente de inóculo para este hongo son: *Festuca*, *Lolium*, *Phalaris*, *Echinochloa*, entre otras. En las condiciones climáticas del país aparecen focos de la enfermedad con presencia de *Digitaria sp.* (Infoagro, s.f.).

##### 4.6.1.1 Sintomatología y desarrollo de la enfermedad

La enfermedad se desarrolla cuando las temperaturas se encuentran entre 22 °C y 29 °C y se alcanza una elevada humedad. Puede afectar en

todas las etapas de crecimiento, pero la incidencia en hojas disminuye a medida que la planta crece (Infoagro, s.f.).

Los síntomas se presentan como pequeñas manchas negras irregulares a partir de finales de macollaje, afectan principalmente las vainas inferiores al nivel del agua de riego. Cuando la enfermedad avanza llega a profundizar en el tejido interior de los tallos, lo que conlleva a la muerte progresiva de vainas y hojas de la parte superior de la planta (Ávila, 2001).

El daño de mayor importancia se produce en la planta adulta cuando se infecta la base de la hoja bandera y las panojas, por lo tanto, éstas quedan inclinadas y con alto porcentaje de vaneo (granos a medio llenar). Se puede afectar también el raquis provocando granos estériles o parcialmente llenos (Chebataroff, 2012).

#### 4.6.1.2 Epidemiología

El inóculo primario son las conidias que permanece en los rastrojos, por lo tanto, es muy importante realizar una rotación de cultivos para no favorecer la persistencia de la enfermedad. Los suelos ácidos, con poca cantidad de nutrientes, livianos (franco-arenosos), con baja capacidad de intercambio y buen drenaje favorecen el desarrollo de la enfermedad. Las primeras infecciones aparecen en plantas aisladas, pero aparecen manchones cuando se transforma en epidemia (Martínez et al, 2018).

Según Chebataroff (2012), el uso intensivo de altas dosis de nitrógeno también predispone a la *Pyricularia grisea*. Se ha observado que la absorción de  $\text{NO}_3$  en lugar de  $\text{NH}_4$  por parte de la planta induce más susceptibilidad a esta enfermedad, esto puede explicar el mayor ataque en cultivos de secano o mal regados.

El clima no siempre es óptimo para el desarrollo epidémico, la mayor producción de conidios se da con temperatura cálida durante periodos de hoja mojada, días nublados o de baja radiación (Martínez, 2015).

#### 4.6.1.3 Estrategias de control

Una de las formas de prevenir la enfermedad es desinfectar la semilla, no abonar en exceso y de forma tardía con nitrógeno, aplicar un abono equilibrado con fósforo y potasio y retrasar el retiro de agua en cultivos maduros y vigorosos (Infoagro, s.f.).

La mejor estrategia de manejo y control se basa en el uso de variedades resistentes a dicha enfermedad. Los productos que combinan estrobirulinas y triazoles se deben utilizar como manejo preventivo de la enfermedad, antes de que aparezcan las lesiones (Fig. N° 2) (Infoagro, s.f.)

El momento de aplicación es uno de los factores más importantes a tener en cuenta cuando se decide aplicar algún fungicida para el control químico. El momento óptimo para aplicación de fungicida no debe pasar de fin de embarrigado a inicio de floración, esto es cuando no más del 50 % de las panojas han emergido un 30 % - 50 % de su longitud (Martínez, 2017).



Figura N° 2. Manchas en hojas y nudo de *Pyricularia grisea* en cultivo de arroz  
**Fuente:** Tomado de Martínez et al 2018.

#### 4.6.2 Sclerotium oryzae

Este hongo produce la enfermedad conocida como podredumbre del tallo y ocurre a nivel mundial. La intensificación del cultivo en las últimas décadas, con siembras en los mismos suelos, ha incrementado la importancia de dicha enfermedad; el hongo produce estructuras de resistencia, esclerocios en gran número, que a su vez permanecen viables durante años en suelo y rastrojos (Martínez et al, 2014).

##### 4.6.2.1 Sintomatología y desarrollo de la enfermedad

Los síntomas de la enfermedad aparecen desde el final de macollaje en forma de manchas irregulares negras en las vainas externas y a la altura de la columna de agua; cuando la enfermedad avanza las lesiones se

expanden y el micelio penetra a las vainas internas. En la figura N° 3 se pueden apreciar la sintomatología de la enfermedad (Martínez et al, 2014).

Cuando el hongo penetra y pudre nudos y tallos esto causa el vuelco de tallos, mal llenado y yesado de granos y en casos graves la muerte de tallos. En el interior de los tallos se forman esclerocios los que permanecerán en el suelo como fuente de inóculo para sucesivos cultivos (Martínez et al, 2014).

Chebataroff (2012) menciona que es importante realizar rotación de cultivos, ya que se ha observado que las siembras directas favorecen el desarrollo de la enfermedad por la permanencia de residuo en el suelo. No existen variedades resistentes, pero si se han observado algunas con mayor tolerancia que otras como INIA Tacuarí, Bluebelle y Lemont.

#### 4.6.2.2 Estrategias de control

Algunos de los controles más eficaces para detener esta enfermedad son realizar rotaciones de cultivo, manejar adecuadamente los rastrojos, utilizar cultivares tolerantes, utilizar dosis adecuadas de fertilización nitrogenada y hacer un buen manejo del riego; todo esto junto con el uso de fungicidas puede asegurar un buen control de la enfermedad (Chebataroff, 2012).



Figura N° 3. Podredumbre de tallos en el cultivo de arroz  
**Fuente:** Tomado de Martínez et al 2018.

#### 4.6.3 Rhizoctonia oryzae - sativae

También llamada mancha agregada o manchado confluyente de la vaina del arroz, la enfermedad en Uruguay se ha incrementado con el correr de los años y hoy en día es una de las más importantes en el cultivo de arroz. El organismo causal es un hongo del suelo que produce esclerocios como estructuras de conservación y diseminación (Ávila, 2001).

##### 4.6.3.1 Sintomatología y desarrollo de la enfermedad

Los síntomas comienzan a finales del macollaje, las lesiones son de forma ovalada y color verde grisáceo con el borde castaño (Fig. N° 4). Cuando la enfermedad está avanzada las lesiones llegan a las láminas

superiores de la planta y puede llegar al raquis y muerte de la hoja bandera con granos estériles (Martínez et al, 2018).

El inóculo principal se puede encontrar en los esclerocios y rastros del suelo o micelio en restos vegetales. Durante la inundación del cultivo los esclerocios se activan donde las hifas presentes en estos penetran la planta y ocurre la infección. Por lo general la enfermedad se manifiesta en plantas aisladas, pero también puede aparecer generalizada en suelos en donde el cultivo de arroz fue sembrado por mucho tiempo (Martínez et al, 2018).

#### 4.6.3.2 Estrategias de control

Debido a que la fuente principal de inóculo se encuentra en el suelo es importante realizar rotaciones de manera de evitar su propagación y a su vez que mejore el drenaje para obtener un mejor ambiente para el cultivo (Chebataroff, 2012).

Aun no se han encontrado cultivares resistentes, pero si se ha observado que los cultivares de tipo *Indicas* son más tolerantes a la enfermedad. Otra medida de control es mantener un manejo balanceado de la nutrición y la aplicación de fungicidas (Martínez et al, 2018).

Chebataroff (2012) menciona que la enfermedad tiene mayor incidencia cuanto más temprano aparezca por lo cual es muy importante detectarla lo antes posible y poder realizar un manejo adecuado que permita controlar la infección. Las aplicaciones tempranas son más efectivas sobre el inicio de la floración lo que disminuye los riesgos de un avance de la enfermedad y pérdida económica.

El uso de fungicidas se recomienda en aplicaciones preventivas o cuando se detectan los primeros síntomas. El momento óptimo de aplicación no debería ser superior a un 30 % de la floración, aplicaciones tardías solo se justifican si está previsto un atraso en la cosecha (Ávila, 2001).



Figura N° 4. Mancha agregada de la vaina en el cultivo de arroz

**Fuente:** Tomado de Martínez et al 2018.

#### 4.7 PLAGAS MÁS IMPORTANTES DEL CULTIVO

El cultivo puede ser atacado en todos sus estados vegetativos por diferentes insectos, ácaros, patógenos y vertebrados entre los cuales encontramos aves y roedores. Una de las prácticas culturales más utilizada es el monitoreo constante del cultivo en todas sus fases de desarrollo, pero especialmente durante el llenado de los granos, para poder detectar de forma temprana la aparición de algún tipo de plaga y poder controlarla a tiempo (Corrales et al, 2017).

Corrales et al, (2017) mencionan que estas prácticas se pueden complementar con control químico, el cual resulta muy eficiente cuando se aplican las dosis al umbral de la plaga instalada. Dentro de la gran variedad de insectos, los hemípteros se pueden detectar fácilmente en el monitoreo. Los escarabajos, mariposas y polillas en estado larval son más difíciles de detectar en el campo. Los grillos y saltamontes son los mayores defoliadores y sus poblaciones crecen en forma exponencial, lo que facilita la detección.

#### 4.7.1 Oebalus poecilus

También denominado chinche del grano o de la panícula. Existen varias especies que se alimentan de los granos de arroz, pero esta es una de las que más daño le causa al cultivo (Martínez et al, 2018).

##### 4.7.1.1 Detección

Los huevos de esta especie son de forma cilíndrica y de color verde. Las ninfas son rojas y tienen la cabeza y el tórax marrón oscuro. Los adultos son de color marrón oscuro o negros con manchas amarillas (Fig. N° 5). Se localiza dentro del cultivo en su estado adulto o ninfas, se alimentan principalmente en las panículas desde la etapa de grano lechoso hasta grano duro. Los daños pueden provocar granos vacíos, pero si el ataque es en una etapa posterior, afecta el poder germinativo y provoca manchas en el grano (Martínez et al, 2018).

##### 4.7.1.2 Manejo

Eliminar los rastrojos y las malezas, ya que *Oebalus poecilus* vive en sus etapas juveniles sobre ellos. Es importante el monitoreo cuando aparecen las primeras panículas para poder detectar la plaga de forma inmediata a su aparición y poder controlarla. El control químico solo se aplica cuando las poblaciones sobrepasen los umbrales que causen pérdidas económicas (Martínez et al, 2018).



Figura N° 5. Chinche del grano en arroz  
**Fuente:** Tomado de Martínez et al 2018.

#### 4.7.2 *Oryzophagus oryzae*

También llamado gorgojo acuático del arroz. Esta especie aparece en distintas zonas arroceras del país con mayor frecuencia en el norte y centro. Aparecen daños fácilmente visibles y con diferentes intensidades según las condiciones ambientales y el manejo del cultivo. Es una especie perteneciente al orden Coleoptera, familia Curculionidae, subfamilia Eirrhinae (Bao et al, 2010).

##### 4.7.2.1 Detección

Los adultos son de color gris pardo y miden aproximadamente 3 mm de largo (Fig. N° 6). Se caracterizan por poseer rostro corto y robusto, aparecen en tardes de verano u otoño e hibernan en los pajonales y residuos vegetales, se alimentan de las hojas del cultivo dejando un daño de tipo lineal, característico de esta especie (Chebataroff, 2012).

Esta especie presenta dimorfismo sexual, las hembras son más grandes que los machos y presentan depresiones en la zona ventral del tórax y el abdomen. Los machos pueden volar pero las hembras no, por lo tanto, dejan sus huevos en las vainas de las hojas. Las larvas son de color blanco y se alimentan de la vaina y de la raíz. Su ciclo hasta el estado de pupa dura aproximadamente 27 días (Bao y Pérez, 2010).

Los huevos son cilíndricos de color blanco perlado, las larvas son blanco - transparente en el primer estadio mientras que se tornan amarillentas en los siguientes estadios. Poseen la cápsula cefálica esclerosada y aparato bucal masticador. Son apodas y presentan seis pares de espiráculos esclerotizados en la parte dorsal del abdomen los cuáles se insertan en las raíces del cultivo. Completan su crecimiento luego de pasar por cuatro estadios de desarrollo (Bao y Pérez, 2010).

#### 4.7.2.2 Manejo

Es necesario realizar monitoreos desde dos semanas después de la inundación. Con un número de dos o tres larvas por planta ya se debe realizar un control preventivo. Se ha observado que hay un ataque diferencial y cierta tolerancia en variedades con raíz fina y fibrosa (Martínez et al, 2018).

Según Chebataroff (2012), los tratamientos con insecticidas con el principio activo Carbofuran son muy efectivos, pero es muy tóxico y caro. Otro tratamiento preventivo es el uso de un insecticida de contacto y con cierta residualidad pero es agresivo para el ambiente.



Figura N° 6. Gorgojo acuático del arroz

**Fuente:** Tomado de Martínez et al 2018.

#### 4.7.3 Sodoptera frugiperda

Denominada lagarta cogollera. Es una especie artrópoda, muy fácil de identificar por su daño y se presenta durante todo el ciclo vegetativo del cultivo. En diversos países este insecto es considerado una de las plagas más importantes en arroz donde se han registrado pérdidas de un 13 % a un 60 % (Herrera, 2012).

##### 4.7.3.1 Detección

Según Herrera (2012), el período larval dura un promedio de 25 días, pasando generalmente por seis o siete estadios larvales. En sus primeros estadios es verde con manchas y líneas negras dorsales, después se vuelve verde o canela brillante, longitudinalmente con tres líneas dorsales blanco - amarillentas. El estado de pre-pupa dura aproximadamente 2 días, se entierran en el suelo para luego emerger como adulto en forma de mariposa de color gris oscuro (Fig. N° 7).

Los adultos llegan a medir 25 mm de largo y 30 mm de envergadura, la hembra es mayor que el macho. Comienzan a copular entre el segundo y tercer día del estado de adulto, las hembras comienzan a depositar sus huevos en las primeras horas de la noche, tanto en el haz como en el envés de la hoja. La duración del ciclo de vida alimentada de arroz, es influenciado por la temperatura, destacando que los machos viven más que las hembras excepto en el estado adulto (Meneses, 2008).

#### 4.7.3.2 Manejo

Es importante mantener un monitoreo constante del cultivo. Existen varias herramientas nuevas para el control de esta plaga, como el uso de trampas con feromonas, consiguiendo reducir las poblaciones de adultos y el número de oviposiciones al impedir el apareamiento (Macías, 2015).

Según Macías (2015), el control químico es muy efectivo. Los químicos más utilizados para controlar la plaga son: fosforados, carbamatos y piretroides, junto con un coadyuvante surfactante para lograr una mejor adherencia.



Figura N° 7. Lagarta cogollera en arroz

**Fuente:** Tomado de Martínez et al 2018.

## **5. OBJETIVOS**

El objetivo general es evaluar y caracterizar los materiales de arroz del Programa Arroz de INIA a los efectos de encontrar variedades que justifiquen su explotación por sus particulares características agronómicas y culinarias.

Los objetivos específicos son:

- Realizar una caracterización agronómica de los materiales, analizando rendimiento, % de blanco total, % de grano entero, % de yesado, dimensiones del grano, incidencia de enfermedades, altura de la planta y ciclo a floración.
- Realizar una caracterización culinaria de los materiales, analizando rendimiento en volumen a cocción, pegajosidad (textura), apariencia (soltura), contenido de amilosa y álcali.

## **6. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **6.1 LOCALIZACIÓN**

El estudio se llevó a cabo en la Unidad Experimental de INIA Paso de la Laguna, en el departamento de Treinta y Tres. El experimento comenzó el 23 de octubre de 2018 y finalizó en abril de 2019.

### **6.2 DISEÑO EXPERIMENTAL Y TRATAMIENTOS**

Se realizaron dos ensayos independientes, sembrados en diferente fecha. Los mismos presentaron un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones.

El ensayo contó con 32 cultivares, de los cuales seis son variedades comerciales (utilizadas como testigos) y las restantes líneas experimentales. Cada cultivar fue tomado como un tratamiento.

Cultivares testigos: El Paso 144, INIA Olimar, INIA Tacuarí, Parao, INIA Merín y Gurí INTA CL.

Líneas Experimentales:

- *Índicas*: SLI09193, SLI09197, SLF11047, SLI13198, SLI13208, SLI14000, SLI15011, SLI15098, SLI13022, SLI13252A2, SLI13635, SLF14055, SLF14071.
- *Japónicas*: L10251, L10315, L9884, L10590, L10835, L10852, L11298.
- *Clearfield*: CL1195, CL1197, CL1205, CL1092, CL 1202, CL212.

Los ensayos fueron sembrados en dos fechas: 23 de octubre (siembra temprana) (cuadro N° 1) y 14 de noviembre de 2018 (siembra tardía) (cuadro N° 2). Los números asignados a cada cultivar se presentan en la tabla N° 3.

Al momento de la siembra fueron aplicados 190 kg/ha de fertilizante 9/25/25. Con respecto a la aplicación de herbicidas, se aplicó una triple mezcla de 3,5 L/ha de Propanil, 1,5 L/ha de Quinclorac y 750 ml/ha de Clomazone post siembra antes de la inundación del cultivo. No se realizó aplicación de fungicida.

La siembra fue realizada sobre un campo con tres años de pradera. Se realizó un laboreo previo de verano y después un laboreo convencional con dos pasadas de rastra y landplane. Luego, sobre el suelo movido se sembró el cultivo y se aplicó glifosato.

Las parcelas fueron sembradas con la sembradora experimental Hege y tuvieron 6 hileras a 20 cm de distancia y 3,5 m de largo. Al momento de la cosecha se utilizan las 4 hileras centrales y 3 m de largo, por lo tanto, la parcela tiene 2,4 m<sup>2</sup>.

Cuadro N° 1. Mapa de la siembra temprana

N° de cultivar	12	19	16	7	25	5	26	31	28	17	22	30	27	20	1	21	Repetición 4
	15	14	32	13	4	23	10	11	9	29	6	18	2	8	3	24	
N° de Cultivar	24	14	10	7	5	26	2	15	30	13	3	8	29	23	20	12	Repetición 3
	16	9	17	21	11	19	27	32	1	22	31	6	18	25	4	28	
N° de cultivar	26	16	5	27	19	6	11	12	1	15	22	25	29	21	23	7	Repetición 2
	31	14	10	9	17	20	8	13	2	18	24	28	3	30	32	4	
N° de cultivar	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	Repetición 1
	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	

Cuadro N° 2. Mapa de la siembra tardía

N° de Cultivar	25	5	6	12	26	18	21	30	15	9	13	4	31	17	8	3	Repetición 4
	11	24	23	20	29	10	27	2	16	28	14	7	22	1	19	32	
N° de Cultivar	9	2	16	3	7	19	4	25	14	8	10	11	1	23	15	24	Repetición 3
	26	32	29	28	20	27	30	21	22	6	5	12	18	13	31	17	
N° de Cultivar	9	23	1	2	30	20	13	27	11	31	10	5	29	19	14	15	Repetición 2
	7	17	28	25	6	3	21	8	22	26	16	18	4	24	12	32	
N° de Cultivar	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	Repetición 1
	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	

Cuadro N° 3. Número asignado a cada cultivar

N° de cultivar	Cultivar	N° de cultivar	Cultivar	N° de cultivar	Cultivar	N° de cultivar	Cultivar
1	El Paso 144	9	SLI13198	17	SLF14055	25	L11298
2	INIA Olimar	10	SLI13208	18	SLF14071	26	CL1195
3	INIA Tacuarí	11	SLI14000	19	L10251	27	CL1197
4	Parao	12	SLI15011	20	L10315	28	CL1205
5	INIA Merín	13	SLI15098	21	L9884	29	CL1092
6	SLI09193	14	SLI13022	22	L10590	30	CL1202
7	SLI09197	15	SLI13252A2	23	L10835	31	CL212
8	SLF11047	16	SLI13635	24	L10852	32	Gurí INTA CL

## 6.3 VARIABLES A EVALUAR

### 6.3.1 Características agronómicas

Dentro de las características agronómicas a determinar se encuentran: rendimiento en grano (kg/ha), blanco total (%), grano entero (%), yesado (%), dimensiones de grano (mm), incidencia de enfermedades, altura (cm) y ciclo a floración (días).

Para la determinación de rendimiento en grano se utilizan 3 metros de los 4 surcos centrales, cuya distancia es de 0,2 m. Se realiza una cosecha escalonada, para contemplar los diferentes ciclos de las distintas variedades.

Blanco total: Se pesan 100 gramos de arroz cáscara, luego se descascaran, se los pule, hasta que presenten un grado de blancura que oscile entre 37 – 40 y se los vuelve a pesar para determinar la cantidad en peso del total de granos enteros y quebrados, y así poder calcular el porcentaje correspondiente (MGAP, s.f.).

Grano entero: Se calcula como el porcentaje en peso de la fracción de granos enteros (MGAP, s.f.).

Yesado: Son los granos de arroz enteros y quebrados que presentan color tiza o yeso en el 50 % o más de la superficie de los mismos. Su determinación se realiza sobre una muestra representativa de 50 g de arroz blanco obtenido del molinado. Se expresa en porcentaje al décimo sobre la base de blanco total (Decreto 321/988).

Dimensiones de grano: Se pesan 100 g de lo cosechado y se mide el largo y el ancho y se calcula la relación de los mismos (Blanco, 2012).

Incidencia de enfermedades: Para mancha agregada se confecciona un índice de severidad, Grado 1: lesiones observadas por debajo del cuarto inferior de la altura de la planta; Grado 3: lesiones observadas hasta el cuarto inferior de la altura de la planta; Grado 5: lesiones hasta la mitad de la planta; Grado 7: lesiones hasta tres cuartos de la altura de la planta y el último Grado 9: síntomas por encima de tres cuartos de la altura de la planta.

Para la podredumbre del tallo también se confecciona un índice de severidad, Grado 1: manchas pequeñas, superficiales, de color negro que afectan las vainas inferiores; Grado 3: infección leve, manchas más extendidas, con amarillamiento de vainas y láminas de hojas inferiores, tallos afectados superficialmente; Grado 5: infección moderada, vainas y tallos afectados, con amarillamiento de las vainas y láminas de todas las hojas; Grado 7: infección severa, el hongo penetra y coloniza los tallos interiormente, con formación de micelio y esclerocios; Grado 9: infección muy severa con podredumbre y deterioro de los tallos, láminas y vainas de las hojas totalmente secas y panojas total o parcialmente vacías con quebrado y vuelco de plantas (INASE, 2015).

Altura de la planta: Se eligen 5 plantas al azar por parcela y se miden hasta el extremo de la panoja extendida en forma vertical (INASE, 2015).

Ciclo a floración: Para determinar los ciclos a floración se toman lecturas semanales luego de la fase de embarrigado (INASE, 2015).

### 6.3.2 Características culinarias

Dentro de la evaluación culinaria se plantea la evaluación del tiempo de cocción, relación de expansión volumétrica, apariencia (soltura), pegajosidad (textura), grado de dispersión alcalina y contenido de amilosa (%).

Tiempo de cocción: Se determina mediante una adaptación de la técnica descrita por Juliano et al (1969). Consiste en colocar 125 ml de agua en un vaso de bohemia y llevarlo a ebullición en una plancha de calentamiento. Luego se añaden 5 g de arroz pulido y se cubre con una placa de vidrio. Después de transcurridos 14 minutos, se retiran 10 granos y se presionan entre dos placas de vidrio. Este proceso se repite cada 2 minutos hasta que el 90 % de los granos no presenten opacidad en el centro. Los resultados se expresan como el promedio de dos determinaciones del tiempo de cocción transcurrido desde que se agrega el arroz al agua hasta que se obtienen el 90 % de los granos sin opacidad en el centro.

Relación de expansión volumétrica: Se determina mediante una adaptación del método descrito por Perdon et al (1997). Consiste en colocar 400 ml de agua en un vaso de bohemia y se lleva a ebullición. Se pesan 30 g de arroz pulido y se mide el volumen ocupado por el mismo en una probeta con 130 ml de agua. Una vez que el agua alcanza la ebullición, se le agrega el arroz, se tapa con una placa de vidrio y se deja cocinar durante el tiempo de cocción determinado anteriormente. Finalmente se obtuvo la masa de arroz cocido (masa 2) y se midió el volumen final (Volumen 2). La REV y RAA se calcularon mediante los cocientes  $\text{volumen } 2 / \text{volumen } 1$  y  $\text{masa } 2 / \text{masa } 1$  respectivamente (Ávila et al, 2014)

Apariencia (soltura): El análisis se realiza inmediatamente después de la cocción de los granos de arroz. Las distintas variedades se colocan en distintos platillos y se ejerce una leve presión con una cuchara para observar el comportamiento del arroz. La soltura se determina mediante una escala que va desde completamente agregado a sin agregados (Adaptado del método FLAR, 2015) (cuadro N° 4).

Cuadro N° 4. Escala de soltura mecánica

	1	2	3	4	5
<b>Corresponde a un arroz</b>	Completamente agregado	Con muchos agregados	Con presencia de 3 a 6 granos agregados	Con menos de 3 granos agregados	Sin agregados



Figura N° 8. Escala de soltura desde arroz sin agregados hasta arroz completamente agregado

**Fuente:** Tomado de FLAR, 2019.

Pegajosidad (textura): El análisis se realiza luego de la cocción del arroz. Consiste en colocar cuatro o cinco granos de arroz entre los dientes y ejercer presión sin quebrar el grano. Luego se muerden y se siente la resistencia que ejerce el grano y se lleva al paladar para valorar la humedad del mismo (Adaptado del método FLAR, 2015). Las tesisistas recibieron entrenamiento del experto del laboratorio de INIA en el tema para poder realizar el ensayo mencionado. La escala utilizada se presenta en el cuadro N° 5.

Cuadro N° 5. Escala de textura en el paladar

	1	2	3	4	5
<b>Corresponde a un arroz</b>	Pegajoso	Blando y húmedo	Blando	Consistente	Duro

Grado de dispersión alcalina: Se realiza una adaptación de la técnica descrita por INASE (2015). Se seleccionan 10 granos enteros de arroz y se colocan en una pequeña caja de plástico. Luego se agregan 10 ml de hidróxido de potasio 1 M y se dejan 23 horas en una estufa a 30 °C. El grado de dispersión alcalina se determina según la siguiente escala (cuadro N° 6):

Cuadro N° 6. Escala del grado de dispersión alcalina

<b>Grado de dispersión alcalina</b>	<b>Corresponde a un:</b>
1	Grano inalterado.
2	Grano hinchado.
3	Grano hinchado con fisuras leves.
4	Grano un poco agrietado, con un halo blancuzco alrededor.
5	Grano totalmente abierto, en ocasiones formando una gran masa.
6	Grano casi totalmente desintegrado, difícilmente se observa su forma.
7	Grano totalmente desintegrado.

Estos grados de dispersión corresponden a los siguientes grados de temperaturas de gelatinización:

- Grados de dispersión 1, 2 y 3: temperatura de gelatinización alta (A), entre 74 °C y 80 °C.
- Grados de dispersión 4 y 5: temperaturas de gelatinización intermedias (I), entre 69 °C y 73 °C.

- Grados de dispersión 6 y 7: temperaturas de gelatinización bajas (B), entre 63 °C y 68 °C.

Conocer el grado de dispersión alcalina permite estimar la temperatura de gelatinización, esta temperatura es aquella en la cual los granos de arroz comienzan a absorber agua e hincharse en forma irreversible en agua caliente, la que a su vez está estrechamente relacionada con el contenido de amilosa, las variedades con temperaturas altas de gelatinización se asocian a bajos contenidos de amilosa y además necesitan más agua y mayor tiempo de cocción (CIAT, 1989).



Figura N° 9. Diferentes grados de dispersión alcalina

Contenido de amilosa (%): Para la determinación del contenido de amilosa se utiliza el método simplificado de Juliano (1971), en general, es similar al procedimiento seguido por el CIAT (INASE, 2015).

### 6.3.3 Modelo y análisis estadístico

El diseño experimental fue de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, en ambos experimentos, correspondiendo al siguiente modelo:

$$Y_{ij}: \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$ : variable de respuesta del cultivar  $i$  en el bloque  $j$

$\mu$ : media general

$\alpha_i$ : tratamiento (cultivar)  $i$

$\beta_j$ : bloque  $j$

$\varepsilon_{ij}$ : error residual del cultivar  $i$  y el bloque  $j$

Se realizó el análisis de varianza y comparación de medias. El nivel de significancia ( $p$ -valor) que se utilizó fue de 0,05. El programa estadístico que se utilizó fue INFOSTAT.

Para evaluar si los datos son normales se utilizó el test de Shapiro-Wilk; en el caso de las variables cuya distribución no fue normal se utilizaron los modelos lineales generalizados, que se ejecutan mediante Infostat con la herramienta modelos lineales generales y mixtos, y se eligió el modelo que mejor se ajustó en base a los índices AIC y BIC.

## 7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 7.1 RESULTADOS GENERALES DE LA SIEMBRA TEMPRANA

El cuadro N° 7 muestra, a modo general, en que variables hubo diferencias significativas. Se puede apreciar que todas las variables, excepto incidencia de la Mancha agregada, difieren significativamente entre los cultivares.

Cuadro N° 7. Resultados de los modelos lineales generales y mixtos para todas las variables de la siembra temprana

<b>SIEMBRA TEMPRANA</b>		
<b>Ciclo a floración, Altura e Incidencia de Enfermedades</b>		<b>p-valor</b>
<b>Variables</b>	Ciclo a floración	<0,0001*
	Altura	<0,0001*
	Podredumbre del tallo	<0,0001*
	Mancha agregada	0,78 n.s.
<b>Rendimiento y Calidad Molinera</b>		<b>p-valor</b>
<b>Variables</b>	Rendimiento (kg/ha)	<0,0001*
	Blanco Total (%)	0,0001*
	Entero Total (%)	<0,0001*
	Yesosos (%)	<0,0001*
	Relación L/A	<0,0001*
	Peso 1000 granos (g)	<0,0001*
<b>Calidad Culinaria</b>		<b>p-valor</b>
<b>Variables</b>	Tiempo de cocción (min)	<0,0001*
	Dispersión alcalina	<0,0001*
	Apariencia (soltura)	<0,0001*
	Pegajosidad (textura)	<0,0001*
	Expansión en volumen	0,0002*
	Contenido de amilosa (%)	<0,0001*

\*: Diferencia significativa para un p igual o menor a 0,05

n.s.: No significativo

### 7.1.1 Ciclo a floración, altura de planta e incidencia de enfermedades (Podredumbre del tallo y Mancha agregada) en la siembra temprana

Como se observa en el cuadro N° 8, dentro de los materiales evaluados, los testigos INIA Merín e INIA Tacuarí se ubican como los extremos en términos de días a floración, siendo INIA Merín (106 días) el cultivar de ciclo más largo e INIA Tacuarí de ciclo más corto (93 días). Ciclos más largos o cortos que dichos testigos no son deseables por probabilidad de frío a floración, para el caso de ciclos largos, o por escasa acumulación de materia seca, para el caso de ciclos cortos.

Se pueden apreciar diferencias significativas en los contrastes 2, 3 y 4. Las líneas experimentales *índicas* como *japónicas* tienen una media de 102 días a floración, lo cual las posiciona con un ciclo inferior al testigo INIA Merín y por encima de INIA Olimar (ciclo intermedio). En términos generales se podría decir que las líneas *índicas* son de ciclo intermedio a largo.

Cuadro N° 8. Medias de las variables ciclo a floración, altura de planta, incidencia de las enfermedades Podredumbre del tallo (*Sclerothium oryzae*) y Mancha agregada (*Rhizoctonia oryzae-sativae*) para los contrastes realizados en la siembra temprana

	Variables			
	Floración (días)	Altura de planta (cm)	Podredumbre del tallo	Mancha agregada
<b>Testigo Gurí INTA CL</b>	97,5 n.s.	91,6 n.s.	3,75 n.s.	1,25 n.s.
<b>Líneas Clearfield</b>	96,2 n.s.	94,6 n.s.	3,33 n.s.	2,13 n.s.
<b>Testigo INIA Merín</b>	106*	95,1 n.s.	1,75 n.s.	2,5 n.s.
<b>Líneas <i>índicas</i></b>	102*	94,8 n.s.	2,74 n.s.	1,39 n.s.
<b>Testigo INIA Olimar</b>	95*	97 n.s.	2,75 n.s.	3,00 n.s.
<b>Líneas <i>índicas</i></b>	102*	94,8 n.s.	2,74 n.s.	1,39 n.s.
<b>Testigo INIA Tacuarí</b>	93*	96,3*	4,75*	2,75 n.s.
<b>Líneas <i>japónicas</i></b>	102*	86,8*	1,93*	2,21 n.s.
<b>Testigo Parao</b>	103 n.s.	82,3*	2,25 n.s.	2,75 n.s.
<b>Líneas <i>japónicas</i></b>	102 n.s.	86,8*	1,93 n.s.	2,21 n.s.

\*: Diferencia significativa para un p igual o menor a 0,05

n.s.: No significativo

Nota: La escala utilizada para la incidencia de la enfermedad Podredumbre del tallo fue: Grado 1: Manchas pequeñas; Grado 3: Infección leve; Grado 5: Infección moderada; Grado 7: Infección severa; Grado 9: Infección muy severa.

La escala utilizada para la incidencia de la enfermedad Mancha agregada fue: Grado 1: Lesiones observadas en menos de un cuarto de la planta; Grado 3: Lesiones observadas en un cuarto de la planta; Grado 5: Lesiones en la mitad de la planta; Grado 7: Lesiones en tres cuartos de la planta; Grado 9: Síntomas por encima de tres cuartos de la altura de la planta.

La altura de la planta de arroz es una variable importante desde el punto de vista agronómico por la relación que existe entre ésta y la resistencia de la planta al vuelco (Ruiz y Centeno, 2007). Como se puede observar en el cuadro N° 8, la altura de planta de las líneas experimentales, así como la de los testigos, se encuentran en un rango de 86,8 cm (*japónicas*) y 97 cm (INIA Olimar).

Se observa diferencia significativa en el contraste 4 y 5 donde se comparan, el testigo Tacuarí y el testigo Parao vs. las líneas experimentales *japónicas*.

El testigo INIA Tacuarí fue el que tuvo la mayor altura (96,3 cm) y fue en este contraste en el que se encontraron diferencias significativas, ya que las líneas *japónicas* tuvieron una media de 86,8 cm.

Dentro de la incidencia de enfermedades como Podredumbre del tallo, solo en el contraste 4 se observan diferencias significativas, presentando menor incidencia de la enfermedad las líneas *japónicas* que el testigo INIA Tacuarí. También se puede observar que INIA Merín se encuentra como el cultivar con menor media comparado con las líneas *índicas*.

De los contrastes realizados para la incidencia de la Mancha agregada, enfermedad causada por el hongo *Rhizoctonia oryzae-sativae*, ninguno arrojó diferencias significativas. Sin embargo, se puede observar que el testigo Gurí INTA CL fue el que presentó la media más baja (1,25) en comparación con las líneas experimentales Clearfield. Por otro lado, las líneas *índicas*, con una media de 1,39, se encuentran muy por debajo de su testigo INIA Olimar, que presentó una media de 3,00.

#### 7.1.2 Rendimiento, blanco total, entero total, yesosos, relación L/A y peso de 1000 granos en la siembra temprana

Como se puede observar en el cuadro N° 9, hay diferencias significativas en los contrastes 1, 2 y 4 para la variable rendimiento. El cultivar que presentó la media más alta fue el testigo INIA Merín con 9668 kg/ha, superando a todos los cultivares y logrando una diferencia significativa al compararlo con las líneas *índicas*.

Cuadro N° 9. Medias de las variables rendimiento, blanco total, entero total, yesosos, relación L/A y peso de 1000 granos para los contrastes realizados en la siembra temprana

	Variables					
	Rendimiento (kg/ha)	Blanco Total (%)	Entero Total (%)	Yesosos (%)	Relación L/A (mm)	Peso 1000 granos (g)
<b>Testigo Gurí INTA CL</b>	8543*	72,6 n.s.	68,5 n.s.	8,26 n.s.	3,33*	25*
<b>Líneas Clearfield</b>	7479*	71,2 n.s.	68,3 n.s.	7,83 n.s.	3,24*	28,1*
<b>Testigo INIA Merín</b>	9668*	73,3*	68,3 n.s.	7,65 n.s.	3,22 n.s.	27,2*
<b>Líneas <i>índicas</i></b>	8356*	71,3*	66 n.s.	8,97 n.s.	3,26 n.s.	28*
<b>Testigo INIA Olimar</b>	8358 n.s.	70,4*	68,1 n.s.	3,58*	3,46*	28,8*
<b>Líneas <i>índicas</i></b>	8356 n.s.	71,3*	66 n.s.	8,97*	3,26*	28*
<b>Testigo INIA Tacuarí</b>	6124*	73,2 n.s.	71,3*	8,26 n.s.	3,12*	21,2*
<b>Líneas <i>japónicas</i></b>	8573*	73,4 n.s.	69,6*	7,64 n.s.	3,24*	24,8*
<b>Testigo Parao</b>	8058 n.s.	73 n.s.	68,2 n.s.	14,2*	3,12*	26,6*
<b>Líneas <i>japónicas</i></b>	8573 n.s.	73,4 n.s.	69,6 n.s.	7,64*	3,24*	24,8*

\*: Diferencia significativa para un p igual o menor a 0,05

n.s.: No significativo

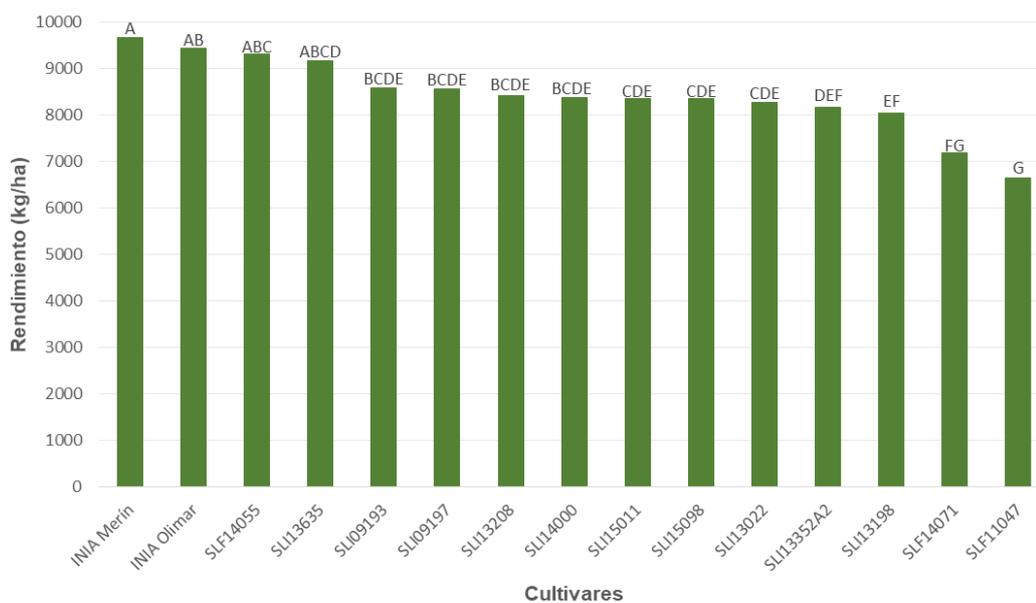


Gráfico N° 1. Medias de Rendimiento (kg/ha) de los cultivares *índicos*

Cultivares con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

En el gráfico N° 1 se puede observar que los testigos *índicos* fueron los que obtuvieron la media más alta, y en conjunto con las líneas SLF14055 y SLI13635 se destacan por su rendimiento.

Gurí INTA CL se destacó significativamente sobre CL1205 y CL1195 obteniendo 8543 kg/ha, 6809 kg/ha y 6326 kg/ha respectivamente (Gráfico N° 2). El testigo INIA Tacuarí fue el que obtuvo el menor rendimiento (6124 kg/ha) en comparación con el resto de los cultivares, además, se observan diferencias significativas con las líneas *japónicas*, las cuales tuvieron un comportamiento superior (Gráfico N° 3).

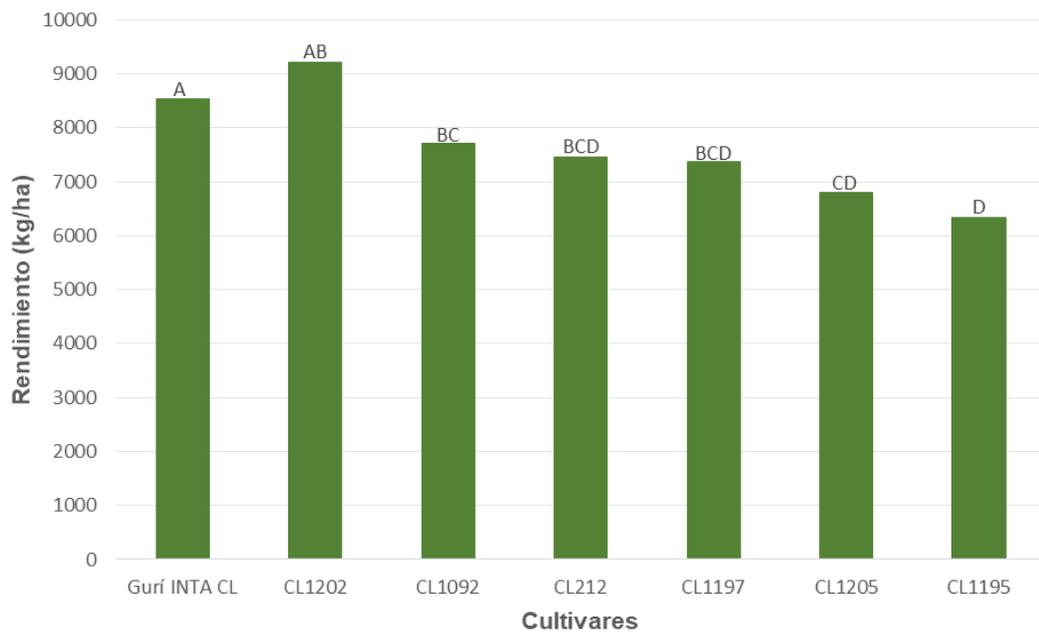


Gráfico N° 2. Medias de rendimiento (kg/ha) de los cultivares Clearfield  
Cultivares con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

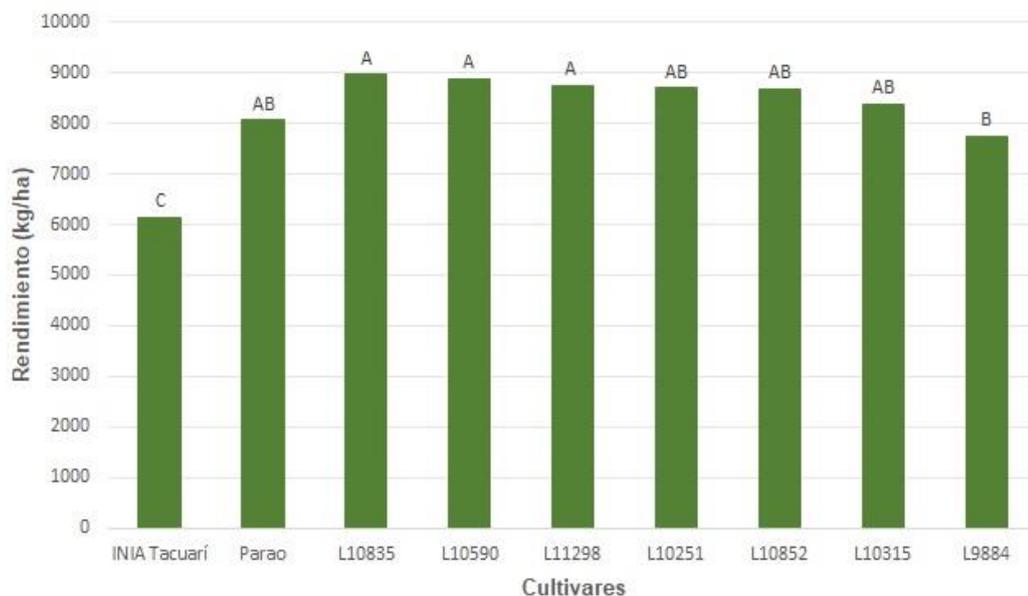


Gráfico N° 3. Medias de rendimiento (kg/ha) de los cultivares *japónicos*  
 Cultivares con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

En la variable porcentaje de blanco total, se observa que el contraste realizado entre las líneas experimentales *índicas* vs. los testigos INIA Merín e INIA Olimar arrojó una diferencia significativa, donde el primero presentó mayor porcentaje de blanco total (73,3 %) que las líneas *índicas* (71,3 %), y el segundo presentó menor porcentaje (70,4 %) (Cuadro N° 9). Cabe destacar que INIA Merín tuvo un porcentaje mayor al que generalmente tiene, que es de un 70 % – 71 % (INIA, 2018).

En el cuadro N° 9 se observa que en el porcentaje de granos enteros totales no existen diferencias significativas entre la mayoría de los cultivares, pero se puede observar que las líneas experimentales *índicas* estuvieron por debajo de los demás cultivares. El testigo INIA Tacuarí fue el que se destacó significativamente sobre las líneas *japónicas* con un porcentaje de 71,3 % de granos enteros totales. Junto a él se destacan las líneas L11298, L10852, L9884, L10835 y L10251.

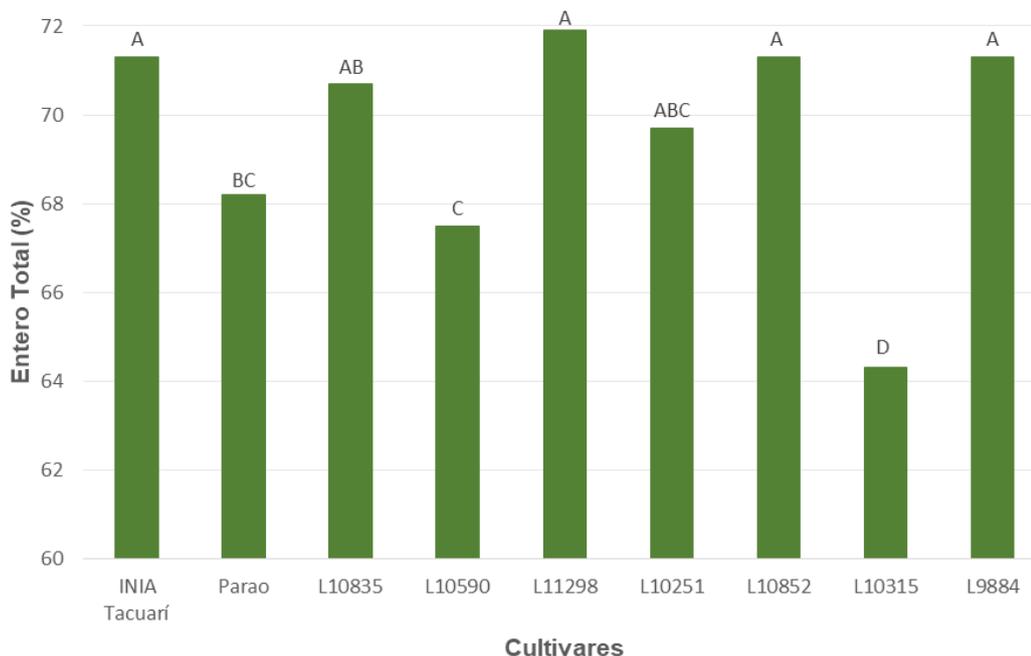


Gráfico N° 4. Medias de Entero Total (%) de los cultivares japónicos  
Cultivares con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

El testigo INIA Olimar generalmente presenta un porcentaje de yesosos de 4,1 % (Blanco et al, 2004), en el ensayo tuvo un porcentaje de 3,58 % lo que lo diferencia significativamente de algunas de las líneas *índicas* que tuvieron un porcentaje promedio de 8,97 % (Gráfico N° 5). Dentro de estas líneas se destaca SLI13352A2 por su bajo porcentaje de yesosos.

Además, se puede observar que el resto de los cultivares se comportaron dentro de un rango de 7,64 % y 8,26 % (Cuadro N° 9). El testigo Parao (14,2 %) presenta el doble de proporción de yesosos que algunas líneas experimentales *japónicas*. Quien se destaca por su bajo porcentaje de granos yesosos es L11298 con 2,54 % (Gráfico N° 6).

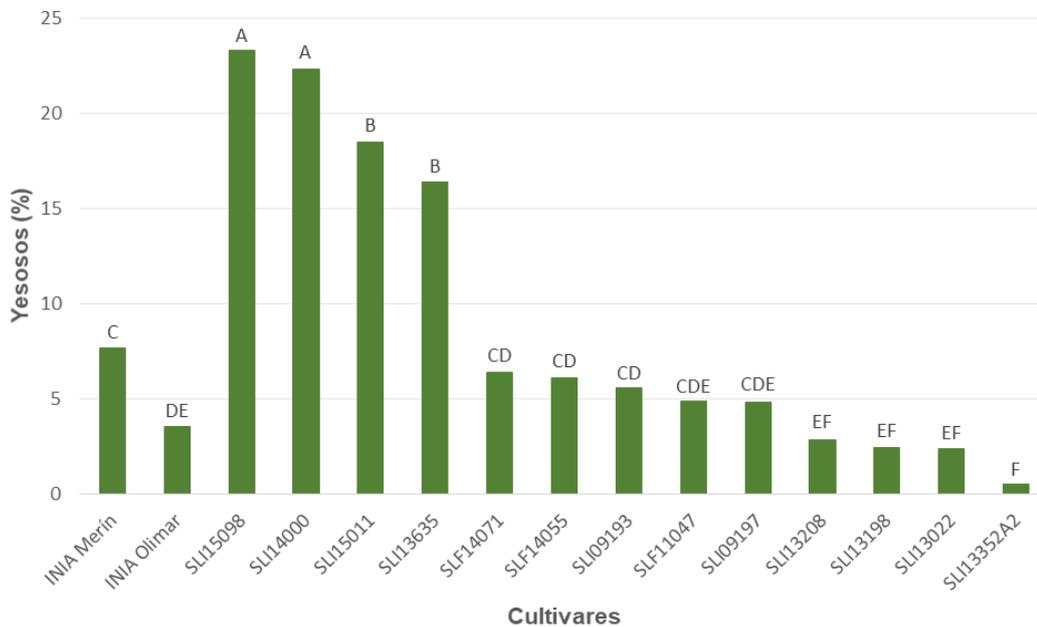


Gráfico N° 5. Medias de Yesosos (%) de los cultivares *índicos*  
 Cultivares con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

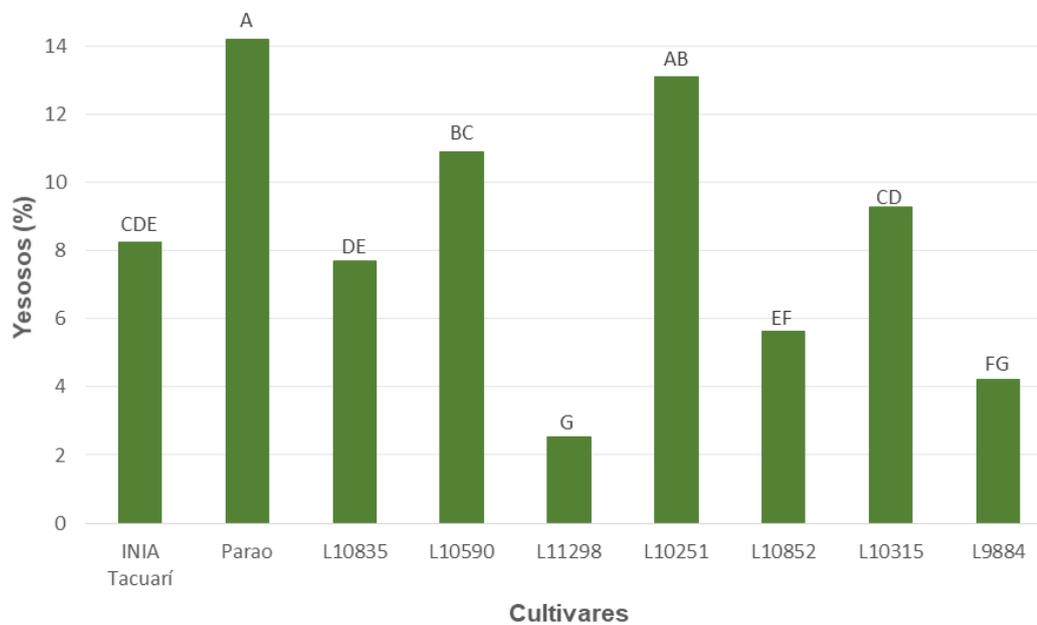


Gráfico N° 6. Medias de Yesosos (%) de los cultivares *japónicos*  
 Cultivares con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Con respecto a la relación largo/ancho, se observan diferencias significativas en cuatro de los cinco contrastes realizados. Gurí INTA CL (3,33), INIA Tacuarí y Parao (3,12) se encuentran por debajo de las líneas Clearfield (3,24) y *japónicas* (3,24) e INIA Olimar (3,46) se encuentra por encima de las líneas *índicas* (3,26).

En la variable peso de 1000 granos, todos los contrastes realizados arrojaron diferencia significativa. Gurí INTA CL (25 g), INIA Merín (27,2 g) e INIA Tacuarí (21,2 g) tuvieron menor peso que las líneas experimentales con las que se compararon (Clearfield: 28,1 g, *índicas*: 28 g y *japónicas*: 24,8 g, respectivamente), en cambio, INIA Olimar (28,8 g) y Parao (26,6 g) tuvieron mayor peso que las líneas *índicas* y *japónicas* respectivamente.

## 7.2 RESULTADOS GENERALES DE LA SIEMBRA TARDÍA

Como se puede observar en el cuadro N° 10, la mayoría de las variables que corresponden a características agronómicas no presentan diferencias significativas entre los cultivares. En cambio, la mayoría de las variables que corresponden a calidad molinera si difieren significativamente.

Cuadro N° 10. Resultados de los modelos generales y mixtos para todas las variables en siembra tardía

SIEMBRA TARDÍA		
Ciclo a floración, Altura e Incidencia de Enfermedades		p-valor
Variables	Ciclo a floración	0,60 n.s.
	Altura	<0,0001*
	Podredumbre del tallo	0,10 n.s.
	Mancha agregada	0,07 n.s.
Rendimiento y Calidad Molinera		p-valor
Variables	Rendimiento (kg/ha)	<0,0001*
	Blanco Total (%)	<0,0001*
	Entero Total (%)	<0,0001*
	Yesosos (%)	<0,0001*
	Relación L/A	<0,0001*
	Peso 1000 granos (g)	0,87 n.s.

\*: Diferencia significativa para un p igual o menor a 0,05

n.s.: No significativo

### 7.2.1 Ciclo a floración, altura de planta e incidencia de enfermedades (Podredumbre del tallo y Mancha agregada) en la siembra tardía

En el cuadro N° 11 se puede observar una diferencia significativa en la variable altura en todos los contrastes realizados menos en el contraste 5 donde se comparó el testigo Parao con la línea experimental *japónica*. En los dos primeros, los cultivares testigos Gurí INTA CL (91,3 cm) e INIA Merín (98 cm) presentan mayor altura que las líneas experimentales Clearfield (88,6 cm) e *índicas* (93,6 cm) respectivamente. En cambio los testigos, INIA Olimar (89 cm) e INIA Tacuarí (83,8 cm) presentaron menor altura que las líneas *índicas* y *japónicas* (93,4 cm) respectivamente.

Cuadro N° 11. Medias de las variables ciclo a floración, altura de planta, incidencia de las enfermedades Podredumbre del tallo (*Sclerothium oryzae*) y Mancha agregada (*Rhizoctonia oryzae-sativae*) para los contrastes realizados en la siembra tardía

	Variables			
	Floración (días)	Altura de planta (cm)	Podredumbre del tallo	Mancha agregada
<b>Testigo Gurí INTA CL</b>	101,3 n.s.	91,3*	4,5 n.s.	1,25 n.s.
<b>Líneas Clearfield</b>	99,5 n.s.	88,6*	4,08 n.s.	1,9 n.s.
<b>Testigo INIA Merin</b>	99,5 n.s.	98,0*	2,5 n.s.	1,25 n.s.
<b>Líneas <i>índicas</i></b>	97,7 n.s.	93,6*	3,56 n.s.	1,42 n.s.
<b>Testigo INIA Olimar</b>	97,3 n.s.	89,0*	3,25 n.s.	0,75 n.s.
<b>Líneas <i>índicas</i></b>	97,7 n.s.	93,6*	3,56 n.s.	1,42 n.s.
<b>Testigo INIA Tacuarí</b>	99,8 n.s.	93,4*	3,18 n.s.	1,29*
<b>Líneas <i>japónicas</i></b>	97,7 n.s.	83,8*	2,00 n.s.	2,50*
<b>Testigo Parao</b>	98,8 n.s.	94,8 n.s.	3 n.s.	3,5*
<b>Líneas <i>japónicas</i></b>	97,7 n.s.	83,8 n.s.	2 n.s.	2,5*

\*: Diferencia significativa para un p igual o menor a 0,05

n.s.: No significativo

Nota: La escala utilizada para la incidencia de la enfermedad Podredumbre del tallo fue: Grado 1: Manchas pequeñas; Grado 3: Infección leve; Grado 5: Infección moderada; Grado 7: Infección severa; Grado 9: Infección muy severa.

La escala utilizada para la incidencia de la enfermedad Mancha agregada fue: Grado 1: Lesiones observadas en menos de un cuarto de la planta; Grado 3: Lesiones observadas en un cuarto de la planta; Grado 5: Lesiones en la mitad de la planta; Grado 7: Lesiones en tres cuartos de la planta; Grado 9: Síntomas por encima de tres cuartos de la altura de la planta.

En el cuadro N° 11, se puede observar que ninguno de los contrastes realizados tuvo diferencias significativas en cuanto a los días del ciclo a floración. Pero sí se puede decir que la media más alta, dentro de los cultivares testigos, la tuvo Gurí INTA CL y la más baja INIA Olimar. Dentro de las líneas experimentales, las que tuvieron la media más alta fueron las líneas Clearfield, las *índicas* y *japónicas* obtuvieron en promedio la misma media.

La incidencia de la enfermedad Podredumbre del tallo no arrojó diferencias significativas entre los cultivares, pero se puede observar que el testigo INIA Tacuarí fue el que presentó la media más baja, mientras que Gurí INTA CL fue el que presentó la más alta.

Con respecto a la Mancha agregada, se observan diferencias significativas en el contraste 4, testigo INIA Tacuarí vs. líneas experimentales *japónicas*, las que presentan mayor incidencia de daños y en el contraste 5, Parao vs. líneas *japónicas*, en este caso el testigo presenta una mayor incidencia de la enfermedad.

### 7.2.2 Rendimiento, blanco total, entero total, yesosos, relación L/A y peso de 1000 granos en la siembra tardía

En el cuadro N° 12 se puede observar que la mayoría de los contrastes no arrojaron diferencias significativas en cuanto a kg/ha, sin embargo, dentro de los testigos INIA Olimar y Parao obtuvieron la media más alta, 8856 kg/ha y 8850 kg/ha respectivamente, difiriendo significativamente de algunas de las líneas experimentales (*índicas* y *japónicas*). INIA Tacuarí fue el que obtuvo la media más baja (7502 kg/ha), presentando también diferencia significativa con las líneas *japónicas*.

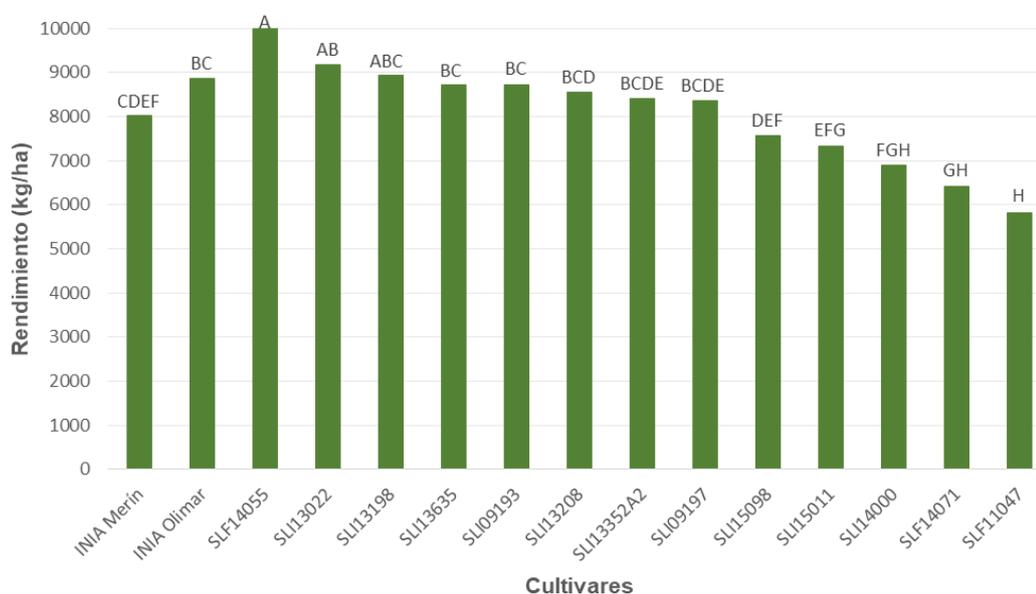


Gráfico N° 7. Medias de Rendimiento (kg/ha) de los cultivares *índicos*  
Cultivares con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Las líneas que se destacan en cuanto a rendimiento son SLF14055, SLI13022 y SLI13198. La primera difiere significativamente de los testigos INIA Merín e INIA Olimar (gráfico N° 7). Dentro de los cultivares *japónicos*, las líneas experimentales se comportaron sin diferencias significativas en comparación con los testigos (gráfico N° 8).

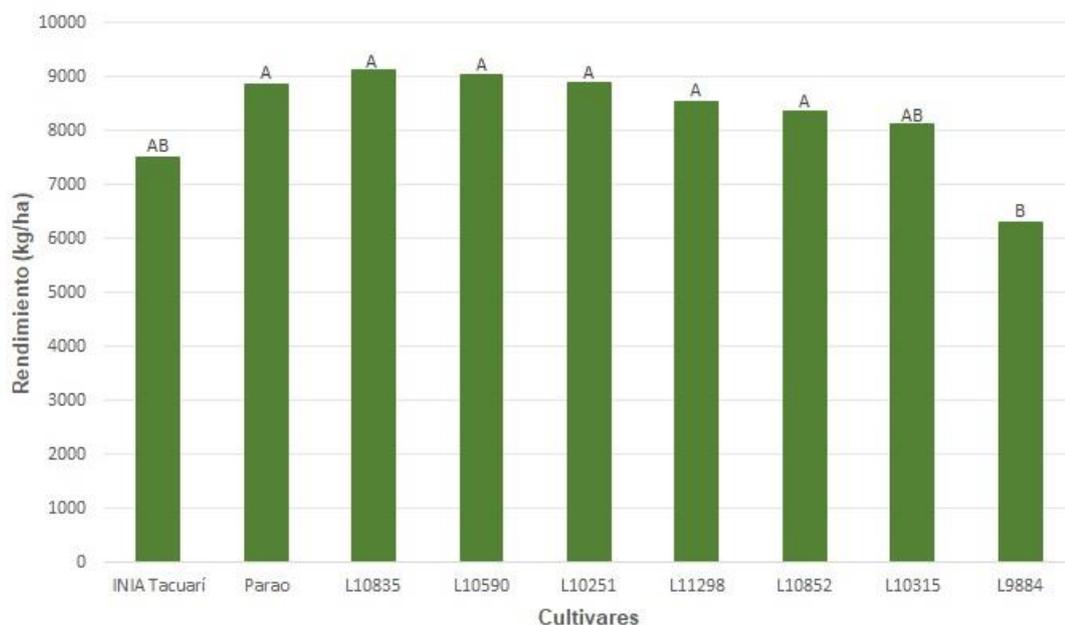


Gráfico N° 8. Medias de Rendimiento (kg/ha) de los cultivares *japónicos*  
Cultivares con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

En los contrastes realizados para la proporción de blanco total, se puede observar una diferencia significativa en el de INIA Merín vs. las líneas *índicas*. En este caso, el testigo presentó un mayor porcentaje de blanco total (74,1 %) que las líneas experimentales (71,5 %). Cabe destacar que todos los cultivares se comportaron por encima del 70 % de blanco total.

En la proporción de entero total, se observa que el testigo Gurí INTA CL presenta un menor porcentaje (61,3 %) en comparación con las líneas Clearfield (65,6 % promedio), dentro de las cuales se destacan CL1092 y CL1205 con 69,2 % y 68,3 % respectivamente (Gráfico N° 9).

INIA Merín obtuvo un mayor porcentaje (69,5 %) en comparación con el promedio de las líneas *índicas* (62,7 %). De todos modos, hay líneas que no se diferencian significativamente del testigo, por ejemplo, SLI13352A2, SLF14055, SLI09197, SLI13635, SLI09193, SLI15011 y SLI13022 (Gráfico N° 10). Para el resto de los contrastes no se observan diferencias significativas.

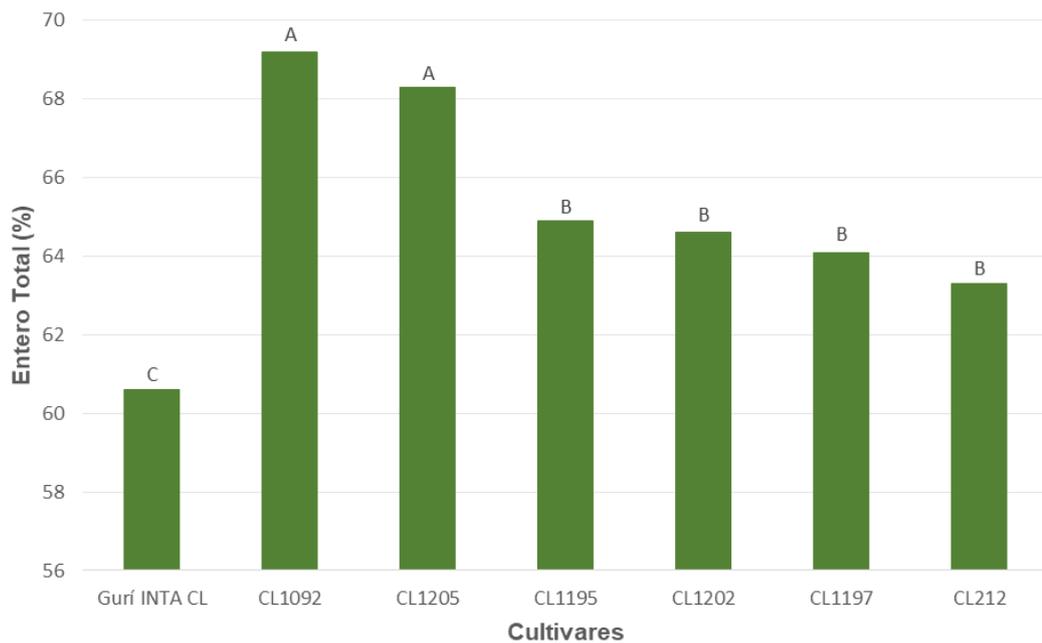


Gráfico N° 9. Medias de Entero Total (%) de los cultivares Clearfield  
Cultivares con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

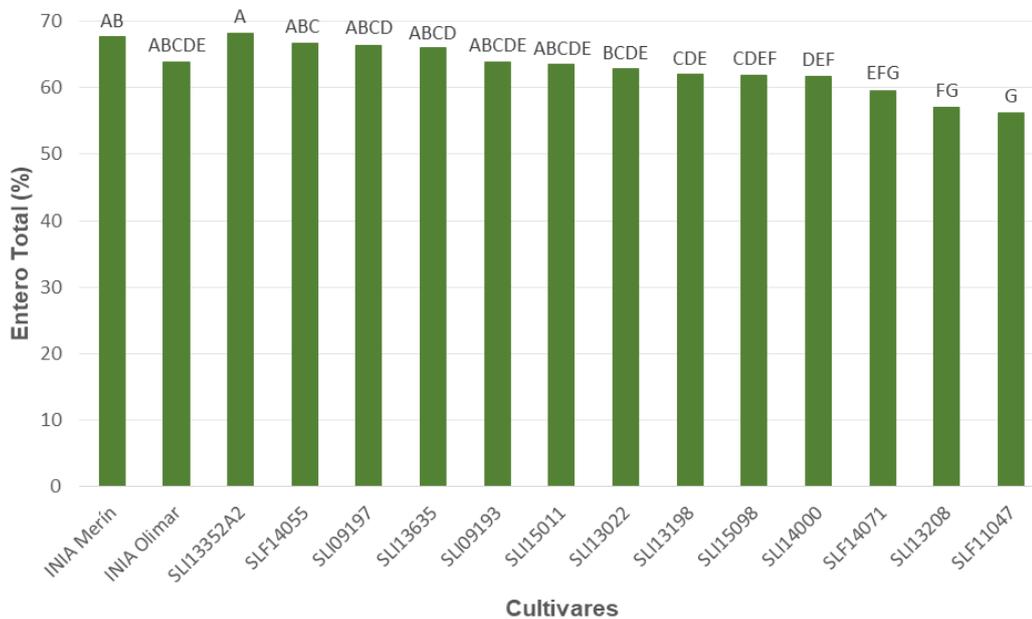


Gráfico N° 10. Medias de Entero Total (%) de los cultivares *índicos*  
 Cultivares con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Los contrastes que arrojaron diferencia significativa en relación al porcentaje de yesosos fue INIA Tacuarí y Parao vs. las líneas experimentales *japónicas*, donde el testigo INIA Tacuarí (10,1 %) presenta menor porcentaje que las líneas experimentales (13,4 % promedio) y Parao (24,8 %) mayor proporción que las mismas. Dentro de estas líneas, las que se destacan por su bajo porcentaje de granos yesosos son L9884 y L11298 (Gráfico N° 11).

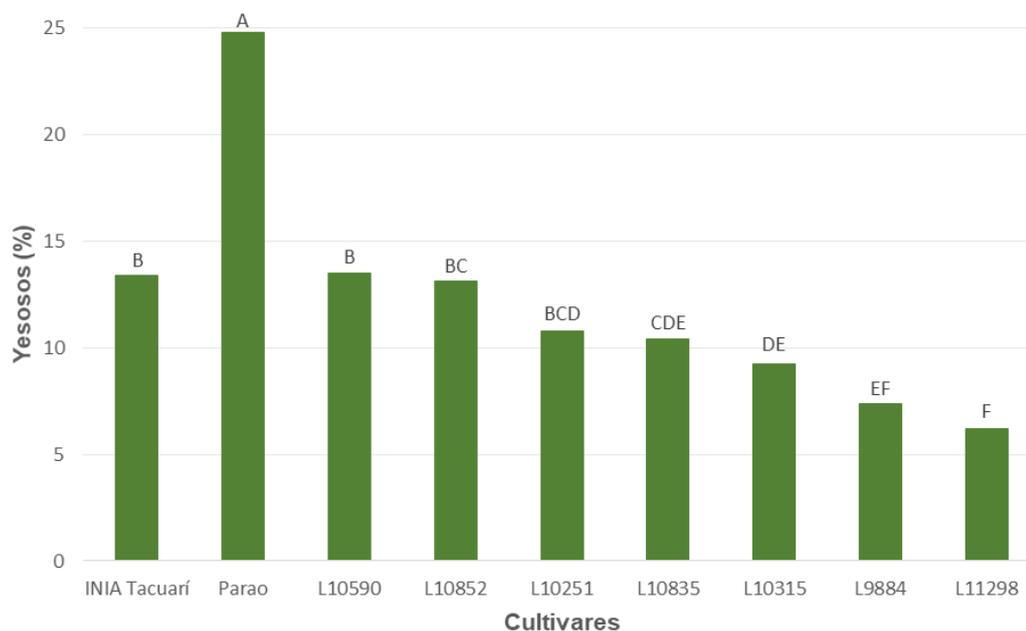


Gráfico N° 11. Medias de Yesosos (%) de los cultivares japónicos  
Cultivares con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

En la variable relación largo/ancho, se puede observar una diferencia significativa entre el testigo Gurí INTA CL (3,48) vs. las líneas Clearfield (3,33), INIA Olimar (3,47) vs. las líneas *índicas* (3,42) y el testigo Parao (3,25) vs. las líneas *japónicas* (3,31). En los contrastes 1 y 3 los cultivares testigos tienen una relación largo/ancho mayor que las líneas experimentales y en ambos casos, por la relación largo/ancho que presentan, son especies de grano largo (FLAR, 2019). Sin embargo, en el contraste 5, el testigo presenta menor relación largo/ancho.

Los contrastes realizados para el peso de 1000 granos no arrojaron diferencias significativas, pero se puede observar que INIA Olimar se destaca con 26,8 g, siendo el que obtuvo la media más alta. En contrapartida, INIA Tacuarí fue el que tuvo la media más baja (24,6 g).

Cuadro N° 12. Medias de las variables para las variables rendimiento, blanco total, entero total, yesosos, relación L/A y peso de 1000 granos para los contrastes realizados en la siembra tardía

	Variables					
	Rendimiento (kg/ha)	Blanco Total (%)	Entero Total (%)	Yesosos (%)	Relación L/A	Peso 1000 granos (g)
<b>Testigo Gurí INTA CL</b>	8661 n.s.	71,4 n.s.	61,3*	14,5 n.s.	3,48*	26,0 n.s.
<b>Líneas Clearfield</b>	8137 n.s.	71,4 n.s.	65,6*	13,7 n.s.	3,33*	25,4 n.s.
<b>Testigo INIA Merín</b>	8017 n.s.	74,1*	69,5*	10,1 n.s.	3,39 n.s.	25,8 n.s.
<b>Líneas <i>índicas</i></b>	8072 n.s.	71,5*	62,7*	11,1 n.s.	3,42 n.s.	25,1 n.s.
<b>Testigo INIA Olimar</b>	8856*	71,6 n.s.	63,3 n.s.	10,3 n.s.	3,47*	26,8 n.s.
<b>Líneas <i>índicas</i></b>	8072*	71,5 n.s.	62,7 n.s.	11,1 n.s.	3,42*	25,1 n.s.
<b>Testigo INIA Tacuarí</b>	8340*	73,5 n.s.	67,7 n.s.	10,1*	3,32 n.s.	25,4 n.s.
<b>Líneas <i>japónicas</i></b>	7502*	73,6 n.s.	68 n.s.	13,4*	3,31 n.s.	24,6 n.s.
<b>Testigo Parao</b>	8850*	73,4 n.s.	67,6 n.s.	24,8*	3,25*	25,7 n.s.
<b>Líneas <i>japónicas</i></b>	7502*	73,6 n.s.	68 n.s.	13,4*	3,31*	24,6 n.s.

\*: Diferencia significativa para un p igual o menor a 0,05

n.s.: No significativo

### 7.3 RESULTADOS GENERALES DE LA COMPARACIÓN ENTRE FECHAS DE SIEMBRA

A modo general, se puede decir que hay variables en las que incide la fecha de siembra y otras en las que no. En el cuadro N° 13 se observa que el ciclo a floración varía significativamente en ciertos cultivares, como son: INIA Merín, INIA Tacuarí, y todas las líneas experimentales (Clearfield, *índicas* y *japónicas*).

Cuadro N° 13. Resultados generales de la comparación de medias entre la siembra temprana y tardía

Variable	Gurí INTA CL S.1	INIA Merín S.1	INIA Olimar S.1	INIA Tacuarí S.1	Parao S.1	Líneas Clearfield S.1	Líneas <i>Índicas</i> S.1	<i>Japónicas</i> S.1
	vs. Gurí INTA CL S.2	vs. INIA Merín S.2	vs. INIA Olimar S.2	vs. INIA Tacuarí S.2	vs. Parao S.2	vs. Líneas Clearfield S.2	vs. Líneas <i>Índicas</i> S.2	vs. <i>Japónicas</i> S.2
<b>Altura e Incidencia de Enfermedades</b>	<b>Valores de p</b>							
Ciclo a floración (días)	0,09 n.s.	0,01*	0,32 n.s.	0,003*	0,06 n.s.	0,0006*	<0,0001*	<0,0001*
Altura (cm)	0,90 n.s.	0,18 n.s.	0,0003*	<0,0001*	<0,0001*	<0,0001*	0,03 n.s.	<0,0001*
Podredumbre del tallo	0,35 n.s.	0,45 n.s.	0,84 n.s.	0,006*	0,45 n.s.	0,02*	0,0004*	0,0007*
Mancha agregada	0,95 n.s.	0,06 n.s.	0,17 n.s.	0,60 n.s.	0,60 n.s.	0,65 n.s.	0,69 n.s.	0,0067*
<b>Rendimiento y Calidad Molinera</b>	<b>Valores de p</b>							
Rendimiento (kg/ha)	0,85 n.s.	0,01*	0,41 n.s.	0,02*	0,19 n.s.	0,01*	0,08 n.s.	0,76 n.s.
Blanco Total (%)	0,28 n.s.	0,50 n.s.	0,28 n.s.	0,70 n.s.	0,70 n.s.	0,0008*	0,58 n.s.	0,32 n.s.
Entero Total (%)	<0,0001*	0,44 n.s.	0,0018*	0,02*	0,68 n.s.	<0,0001*	<0,0001*	<0,0001*
Yesosos (%)	0,0006*	0,20 n.s.	0,0005*	0,0041*	<0,0001*	<0,0001*	<0,0001*	<0,0001*
Relación L/A (mm)	<0,0001*	<0,0001*	0,87 n.s.	<0,0001*	<0,0001*	<0,0001*	<0,0001*	<0,0001*
Peso 1000 granos (g)	0,36 n.s.	0,21 n.s.	0,0033*	0,001*	0,35 n.s.	<0,0001*	<0,0001*	0,26 n.s.

\*: Diferencia significativa para un p igual o menor a 0,05

n.s.: No significativo

S.1: Siembra temprana

S.2: Siembra tardía

La altura es una variable que se ve afectada por la época en la que se siembra el cultivo, al igual que el grado de la enfermedad Podredumbre del tallo. Sin embargo, la incidencia de la Mancha agregada no tiene mayores diferencias entre una época de siembra y la otra.

Con respecto al rendimiento y la calidad molinera, se observa que los kilos por hectárea varían, según la fecha de siembra, en cultivares puntuales. En general, el porcentaje de blanco total no es afectado por la época, en cambio los demás componentes, aunque no varían en todos los cultivares, muestran cambios significativos entre una fecha de siembra y la otra.

#### 7.3.1 Ciclo a floración, altura de planta e incidencia de enfermedades (Podredumbre del tallo y Mancha agregada) en ambas fechas de siembra

En el cuadro N° 14 se puede observar que el ciclo a floración generalmente varía significativamente según la fecha de siembra. El testigo INIA Merín junto a las líneas experimentales *índicas* y *japónicas* presentaron un ciclo más largo al sembrarse en la primera fecha. En cambio, INIA Tacuarí y las líneas Clearfield presentaron un ciclo más corto al sembrarse antes.

Cuadro N° 14. Medias de las variables ciclo a floración, altura e incidencia de las enfermedades Podredumbre del tallo (*Sclerothium oryzae*) y Mancha agregada (*Rhizoctonia oryzae-sativae*) para los contrastes realizados, comparando siembra temprana con siembra tardía

		Variables			
		Ciclo a floración (días)	Altura (cm)	Podredumbre del tallo	Mancha agregada
Contraste 1	Gurí INTA CL S.1	97,5 n.s.	91,6 n.s.	3,75 n.s.	1,25 n.s.
	Gurí INTA CL S.2	101,3 n.s.	91,3 n.s.	4,50 n.s.	1,25 n.s.
Contraste 2	INIA Merín S.1	105,8*	95,1 n.s.	1,75 n.s.	2,50 n.s.
	INIA Merín S.2	99,5*	98,0 n.s.	2,50 n.s.	2,50 n.s.
Contraste 3	INIA Olimar S.1	95 n.s.	97,0*	2,75 n.s.	3,0 n.s.
	INIA Olimar S.2	97,3 n.s.	89,0*	3,0 n.s.	3,0 n.s.
Contraste 4	INIA Tacuarí S.1	93*	96,3*	4,75*	2,75 n.s.
	INIA Tacuarí S.2	99,8*	83,6*	2,0*	3,50 n.s.
Contraste 5	Parao S.1	103 n.s.	82,3*	2,25 n.s.	2,75 n.s.
	Parao S.2	98,8 n.s.	94,6*	3,0 n.s.	3,50 n.s.
Contraste 6	Líneas Clearfield S.1	96,2*	94,8*	3,33*	2,13 n.s.
	Líneas Clearfield S.2	99,5*	88,6*	4,08*	1,90 n.s.
Contraste 7	Líneas Índicas S.1	101,9*	94,6 n.s.	2,69*	1,42 n.s.
	Líneas Índicas S.2	97,7*	100,8 n.s.	3,60*	1,42 n.s.
Contraste 8	Líneas Japónicas S.1	102,3*	102,2*	1,92*	2,23*
	Líneas Japónicas S.2	97,7*	93,4*	3,17*	1,30*

\*: Diferencia significativa para un p igual o menor a 0,05

n.s.: No significativo

S.1: Siembra temprana

S.2: Siembra tardía

Se puede observar que en tres de los cultivares testigos (INIA Olimar, INIA Tacuarí y Parao) la fecha de siembra incide en la altura de planta; esta incidencia se puede observar también en las líneas experimentales Clearfield y japónicas.

Para la variable altura se puede observar que en el testigo INIA Olimar la fecha de siembra incide en dicha variable. Lo mismo se puede observar en el contraste 4, INIA Tacuarí presenta una diferencia significativa en la altura al comparar las dos fechas de siembra.

Además, el testigo Parao, las líneas experimentales Clearfield y *japónicas* también presentan diferencias significativas en su altura según la época en las que se sembró. En todos los casos, excepto en el cultivar Parao, las mayores alturas se presentaron en la fecha de siembra temprana. En el resto de los contrastes realizados no se observaron diferencias significativas.

En el testigo INIA Tacuarí, la podredumbre del tallo mostró mayor incidencia al sembrarse en la primera fecha. Lo contrario ocurrió con las líneas experimentales, todas se vieron más afectada por la enfermedad cuando se sembraron en la segunda fecha. Los demás cultivares testigos no presentaron diferencias significativas en la incidencia de la enfermedad.

Los cultivares no mostraron grandes diferencias en su afectación frente a la mancha agregada con respecto a la época de siembra. Se observa diferencia significativa entre épocas solamente en las líneas experimentales *japónicas*. Por lo tanto, se puede inferir que la fecha de siembra no es un factor que incida en el grado de desarrollo de la enfermedad.

### 7.3.2 Rendimiento, blanco total, entero total, yesosos, relación L/A y peso de 1000 granos en ambas fechas de siembra

Con respecto al rendimiento, se puede observar, en el cuadro N° 15, que el mismo se ve afectado por la fecha de siembra en tres de los ocho contrastes realizados. INIA Merín, INIA Tacuarí y las líneas experimentales Clearfield son los materiales en los que se observaron diferencias significativas.

Cuadro N° 15. Medias de las variables rendimiento, blanco total, entero total, yesosos, relación L/A y peso de 1000 granos para los contrastes realizados, comparando siembra temprana con siembra tardía

		Variables					
		Rendimiento (kg/ha)	Blanco Total (%)	Entero Total (%)	Yesosos (%)	Relación L/A	Peso 1000 granos (g)
Contraste 1	Gurí INTA CL S.1	8542 n.s.	72,5 n.s.	68,5*	8,26*	3,33*	25,02 n.s.
	Gurí INTA CL S.2	8660 n.s.	71,4 n.s.	61,3*	14,5*	3,48*	25,6 n.s.
Contraste 2	INIA Merín S.1	9668*	73,3 n.s.	68,3 n.s.	7,65 n.s.	3,22*	27,2 n.s.
	INIA Merín S.2	8017*	74,1 n.s.	69,5 n.s.	10,1 n.s.	3,39*	28,5 n.s.
Contraste 3	INIA Olimar S.1	8357 n.s.	70,4 n.s.	68,1*	3,58*	3,46 n.s.	28,7*
	INIA Olimar S.2	8856 n.s.	71,6 n.s.	63,3*	10,3*	3,47 n.s.	26,8*
Contraste 4	INIA Tacuarí S.1	6124*	73,2 n.s.	71,3*	8,26*	3,12*	21,2*
	INIA Tacuarí S.2	7502*	73,6 n.s.	68*	13,4*	3,31*	24,6*
Contraste 5	Parao S.1	8057 n.s.	73 n.s.	68,2 n.s.	14,2*	3,12*	26,6 n.s.
	Parao S.2	8849 n.s.	73,4 n.s.	67,6 n.s.	24,8*	3,25*	25,7 n.s.
Contraste 6	Líneas Clearfield S.1	7478*	71,2*	68,3*	27,1*	3,2*	24,5*
	Líneas Clearfield S.2	8137*	71,4*	65,6*	13,7*	3,33*	25,4*
Contraste 7	Líneas Índicas S.1	8356 n.s.	71 n.s.	65,9*	9,29*	3,26*	27,6*
	Líneas Índicas S.2	8071 n.s.	71,7 n.s.	57,9*	10,5*	3,42*	25,1*
Contraste 8	Líneas Japónicas S.1	8573 n.s.	73,4 n.s.	69,6*	7,6*	3,24*	35,5 n.s.
	Líneas Japónicas S.2	8339 n.s.	73,5 n.s.	67,7*	10,1*	3,32*	25,4 n.s.

\*: Diferencia significativa para un p igual o menor a 0,05

n.s.: No significativo.

S.1: Siembra temprana

S.2: Siembra tardía

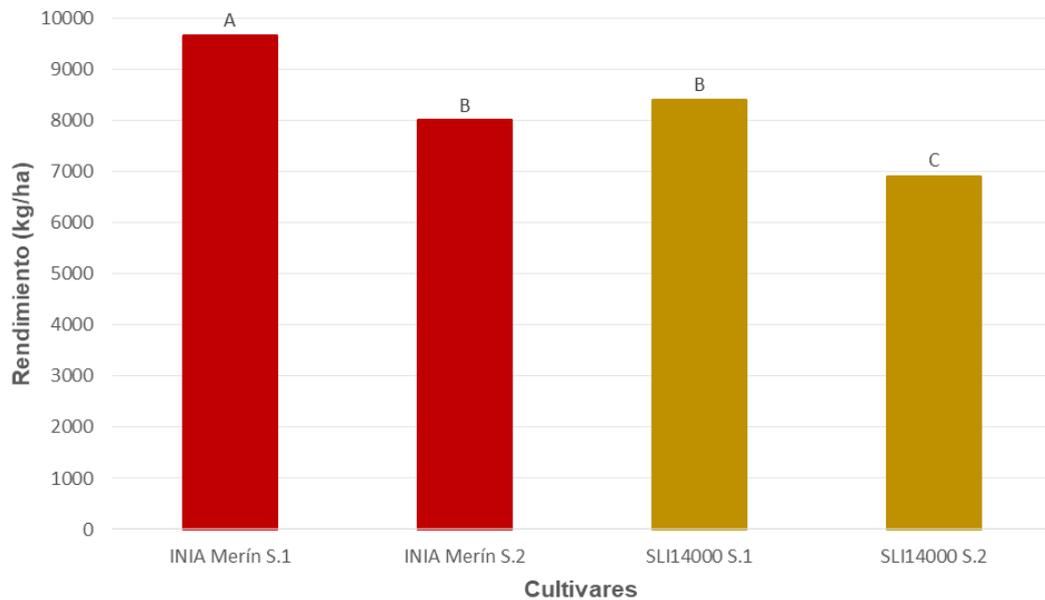


Gráfico N° 12. Medias de Rendimiento (kg/ha) de INIA Merín y SLI14000 en ambas fechas de siembra

Cultivares con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

S.1: Siembra temprana

S.2: Siembra tardía

En el gráfico N° 12 se presentan los cultivares en los que hubo diferencia significativa para la variable rendimiento al compararse las dos fechas de siembra. Además, se puede observar que el testigo INIA Merín difiere significativamente de la línea experimental SLI14000 en ambas fechas de siembra.

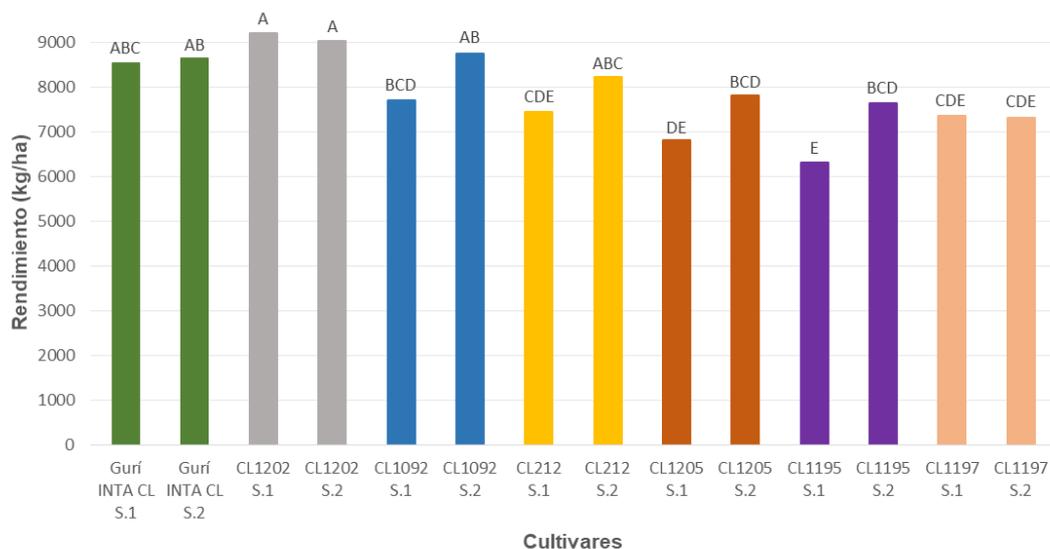


Gráfico N° 13. Medias de Rendimiento (kg/ha) de los cultivares Clearfield en ambas fechas de siembra  
Cultivares con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

S.1: Siembra temprana

S.2: Siembra tardía

Dentro de las líneas Clearfield, la única que presentó diferencias significativas en cuanto a los kilos por hectárea fue CL1195, obteniendo mayor rendimiento al sembrarse más tarde (Gráfico N° 13).

INIA Merín, obtuvo mayor rendimiento al sembrarse en la época temprana. Además, SLF14055 tuvo rindes a la par del testigo al sembrarse en la primera y segunda fecha de siembra, por lo cual, en esta línea no incide la época de siembra en el rendimiento.

Dentro de los cultivares *japónicos*, se puede observar que solo el testigo INIA Tacuarí presentó diferencias significativas en cuanto a rendimiento, obteniendo más kilos al sembrarse en la segunda fecha.

En los contrastes realizados para la variable porcentaje de blanco total, no se observaron diferencias significativas, excepto en el contraste de las líneas experimentales Clearfield, las cuales obtuvieron una mayor proporción de blanco total en la segunda época.

Los testigos Gurí INTA CL, INIA Olimar e INIA Tacuarí obtuvieron diferencias significativas en el porcentaje de granos enteros. En todos los casos, obtuvieron mayores proporciones en la primera fecha de siembra. Además, todas las líneas experimentales (Clearfield, *Índicas* y *japónicas*) también obtuvieron diferencias significativas, y se comportaron de la misma manera (mayores porcentajes en la primera fecha de siembra).

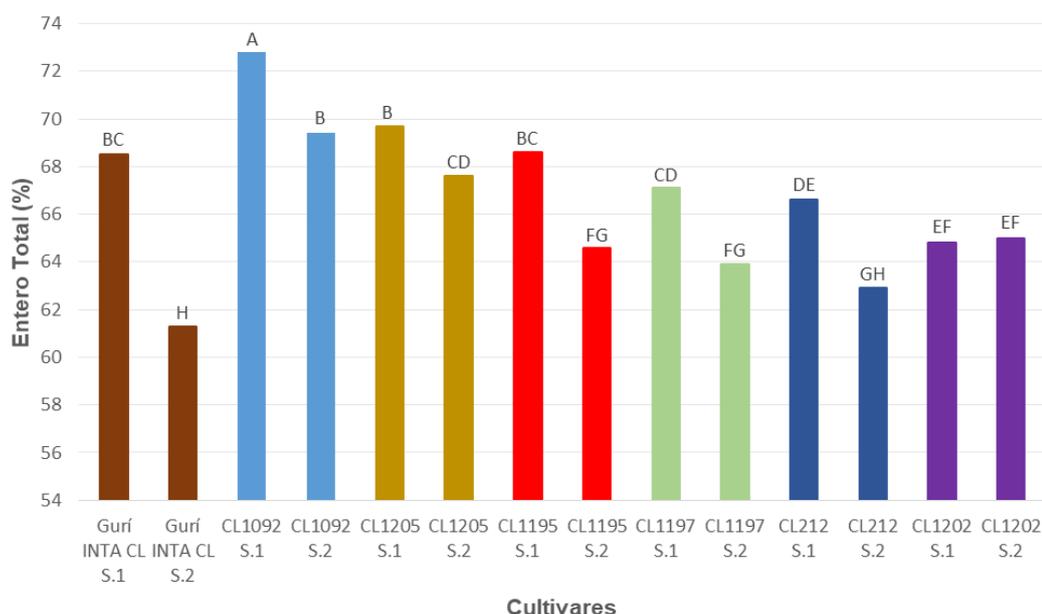


Gráfico N° 14. Medias de Entero Total (%) de los cultivares Clearfield en ambas fechas de siembra  
 Cultivares con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )  
 S.1: Siembra temprana  
 S.2: Siembra tardía

En el gráfico N° 14 se puede observar que todas las líneas, excepto CL1202, difieren significativamente en la proporción de granos enteros según la época de siembra. El testigo Gurí INTA CL y las líneas experimentales Clearfield presentan mayor porcentaje al sembrarse antes.

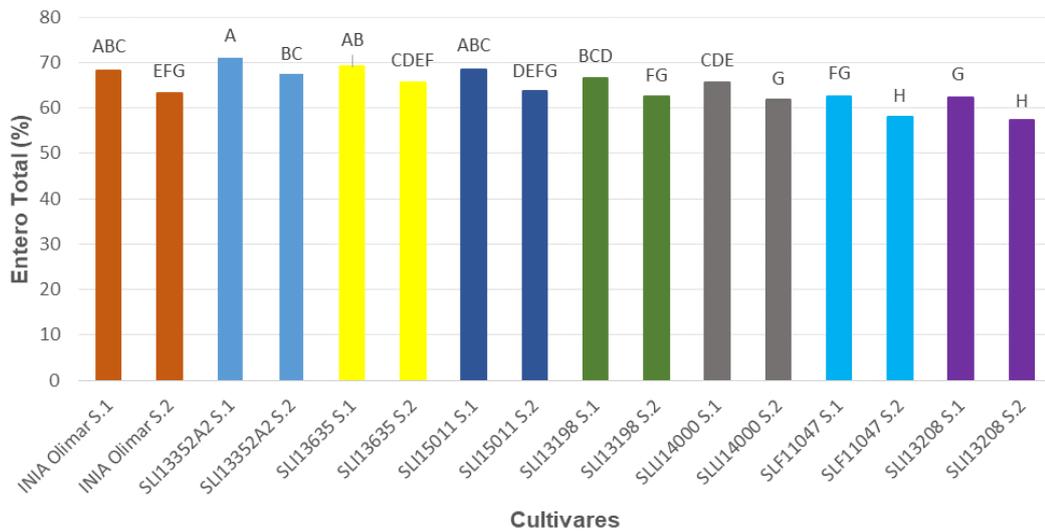


Gráfico N° 15. Medias de Entero Total (%) de INIA Olimar y cultivares *índicos* en ambas fechas de siembra  
 Cultivares con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )  
 S.1: Siembra temprana  
 S.2: Siembra tardía

En el gráfico N° 15 se observan los cultivares *índicos* que presentan diferencias significativas en el porcentaje de granos enteros según la época de siembra. Como se puede ver, todos los cultivares presentan mayor proporción cuando se siembran en la primera fecha.

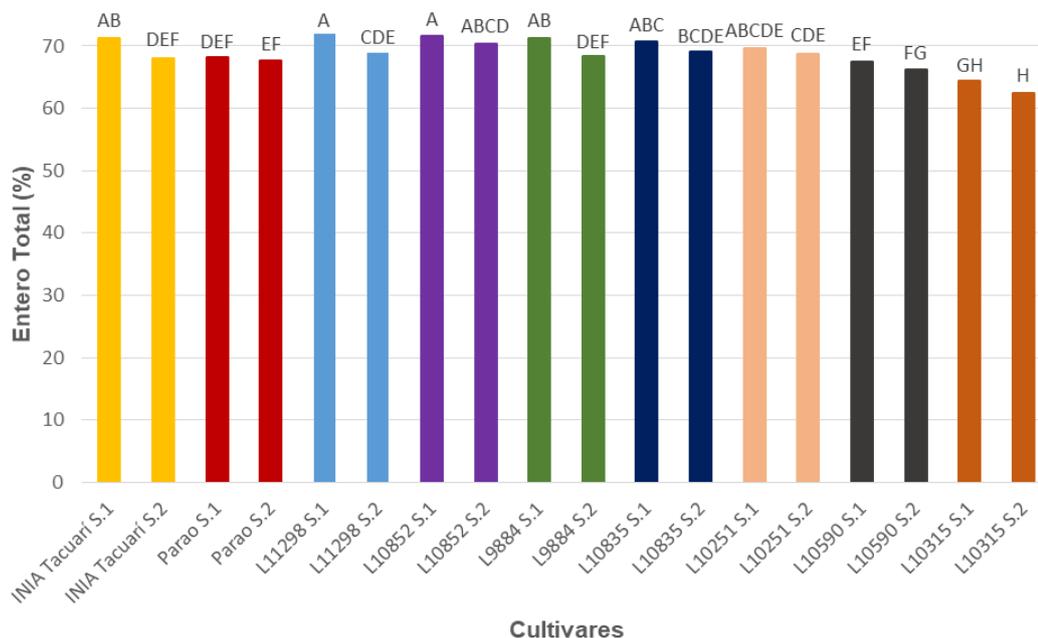


Gráfico N° 16. Medias de Entero Total (%) de los cultivares *japónicos* en ambas fechas de siembra  
 Cultivares con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )  
 S.1: Siembra temprana  
 S.2: Siembra tardía

Como se observa en el gráfico N° 16, el testigo INIA Tacuarí y las líneas L11298 y L9884 difieren significativamente en el número de granos enteros según la época de siembra. En todos los casos se obtiene mayor proporción en la primera fecha de siembra. También se pueden destacar, con buenos porcentajes, L10852, L10835 y L10251.

En el cuadro N° 15 se puede observar claramente la incidencia que tiene la fecha de siembra en el porcentaje de granos yesosos. Cabe destacar que el único cultivar que no se vio afectado por la época fue INIA Merín. El resto de los materiales (cultivares testigos y líneas experimentales) presentaron diferencias significativas en esta variable. En los contrastes se observa que se obtuvieron menores porcentajes de yesosos en la primera fecha de siembra, excepto en las líneas Clearfield, en las cuales ocurrió lo contrario.

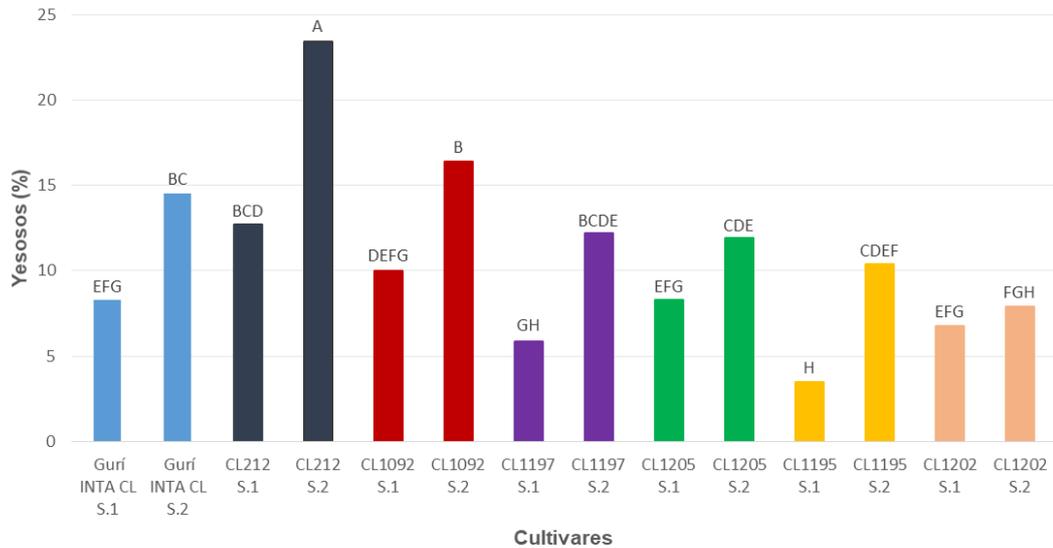


Gráfico N° 17. Medias de Yesosos (%) de los cultivares Clearfield en ambas fechas de siembra  
 Cultivares con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )  
 S.1: Siembra temprana  
 S.2: Siembra tardía

La mayoría de los cultivares Clearfield tuvieron diferencias significativas en el porcentaje de yesosos al compararse entre fechas de siembra. El testigo Gurí INTA CL, CL212, CL1092, CL1197 y CL1195 fueron los que presentaron dichas diferencias. En todos los casos se obtuvo una proporción de granos yesosos más alta al sembrar los cultivares en la segunda época (Gráfico N° 17).

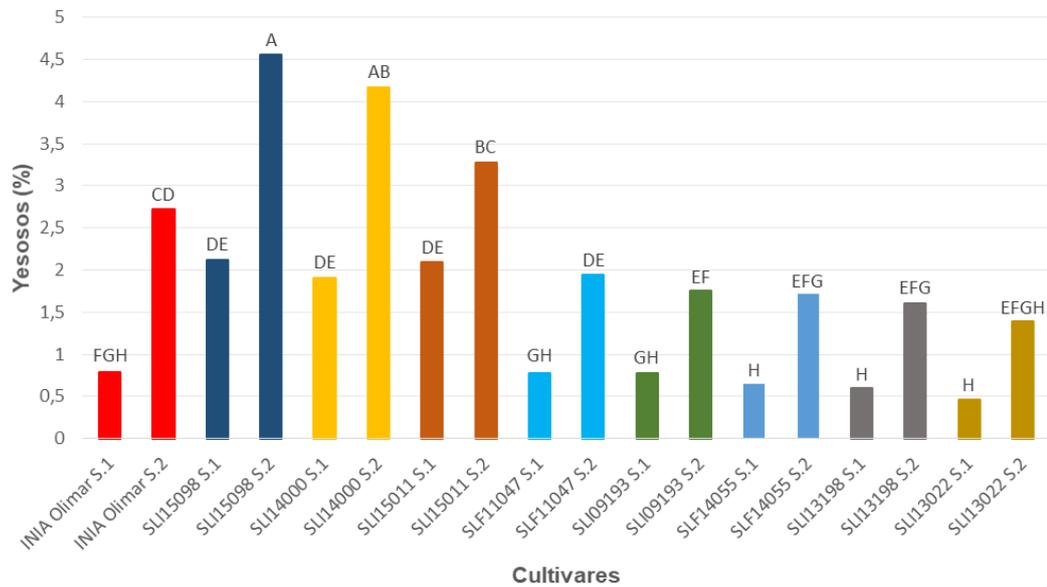


Grafico N° 18. Medias de Yesosos (%) de INIA Olimar y líneas *índicas* para ambas fechas de siembra Cultivares con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )  
 S.1: Siembra temprana  
 S.2: Siembra tardía

Los testigos INIA Merín e INIA Olimar, junto a las líneas experimentales *índicas* que se presentan en el gráfico N° 18, son los cultivares en los que se observan diferencias significativas en el porcentaje de granos yesosos. En todos los materiales se puede observar que la proporción de yesosos es más alta al sembrarse en la segunda época.

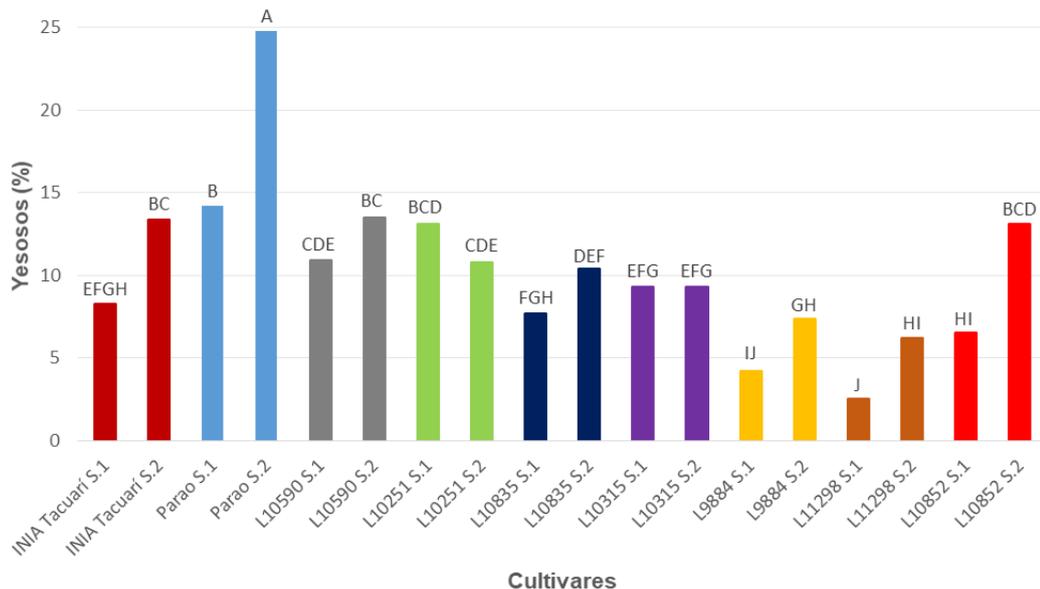


Gráfico N° 19. Medias de Yesosos (%) de los cultivares *japónicos* para ambas fechas de siembra  
Cultivares con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

S.1: Siembra temprana

S.2: Siembra tardía

Como se observa en el gráfico N° 19, los testigos INIA Tacuarí y Parao difieren significativamente en el porcentaje de yesosos según la fecha de siembra. Lo mismo ocurre con algunas de las líneas experimentales *japónicas* (L9884, L11298 y L10852). En todos los casos se puede observar que la proporción de yesosos aumenta al sembrarse el cultivo más tarde.

Si se compara la relación largo/ancho en ambas épocas de siembra se puede observar que no hay grandes diferencias, todas rondan entre 3 y 3,6 para dichas épocas. Se observan diferencias significativas entre épocas en todas las comparaciones, excepto en INIA Olimar. En todos los casos, se observa que los cultivos sembrados tempranamente obtienen una relación largo/ancho de grano menor que los sembrados en la época tardía.

En el peso de 1000 granos se observan diferencias significativas entre épocas en los testigos INIA Olimar e INIA Tacuarí y en las líneas experimentales Clearfield e *índicas*. Éstas últimas e INIA Olimar, se caracterizaron por presentar mayor peso en la época temprana que en la tardía, en cambio, INIA Tacuarí y las líneas Clearfield presentaron menor peso en la primera fecha de siembra.

#### 7.4 CALIDAD CULINARIA EN SIEMBRA TEMPRANA

En la variable tiempo de cocción, se puede observar que Gurí INTA CL, INIA Olimar e INIA Tacuarí presentaron diferencias significativas con las líneas con las cuales se compararon. Gurí INTA CL (14 min) e INIA Tacuarí (16 min) presentaron menor tiempo de cocción que las líneas Clearfield (14,5) y *japónicas* (17,1 min) respectivamente. En cambio, INIA Olimar (15 min) presentó mayor tiempo de cocción que las líneas *índicas* (14,3 min).

Los contrastes realizados arrojaron diferencias significativas, Gurí INTA CL tuvo una media de dispersión alcalina de 6,25 mientras que las líneas Clearfield tuvieron 5,67. El testigo INIA Olimar tuvo una dispersión alcalina de 6,50 y las líneas *índicas* de 6,31. En los demás contrastes no se obtuvieron diferencias significativas.

El testigo INIA Tacuarí (2,0) y las líneas experimentales (2,07) presentan bajos grados de dispersión alcalina por lo que se puede decir que su temperatura de gelatinización es alta (74 °C – 80 °C), para el resto de las variedades en estudio la dispersión alcalina se correlaciona con temperatura de gelatinización baja (63 °C – 68 °C) (CIAT, 1989).

Para la soltura, el único contraste que presentó diferencias significativas fue el de Gurí INTA CL vs. las líneas Clearfield, donde el testigo presentó una soltura de 3 y las líneas experimentales de 4. Como se puede observar, el testigo tiene mayor grado de granos agregados que las líneas experimentales.

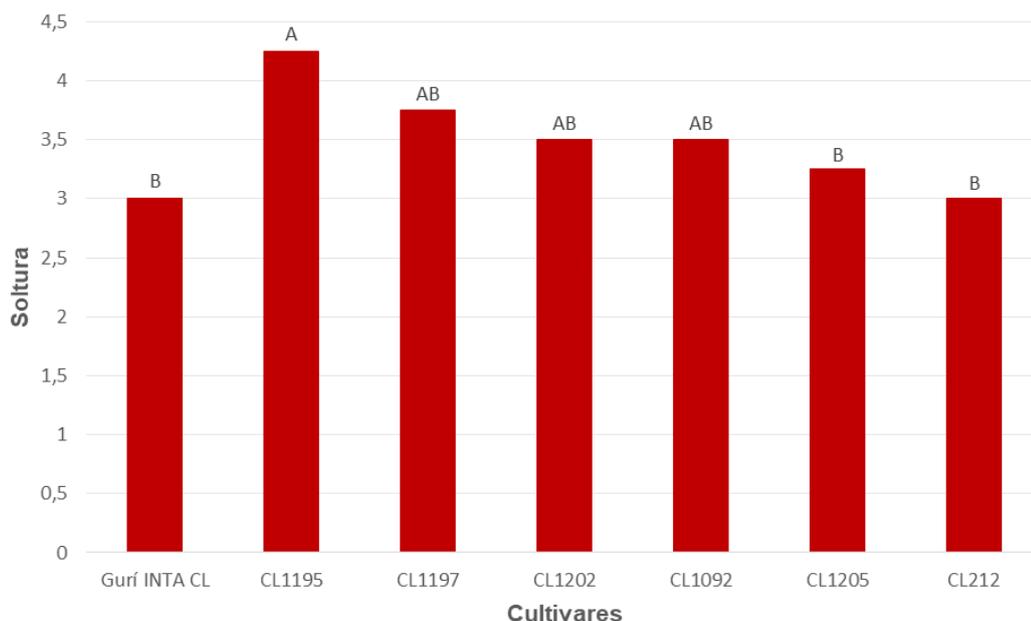


Gráfico N° 20. Medias de Soltura de los cultivares Clearfield  
Cultivares con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Como se observa en el gráfico N° 20, el cultivar CL1195 se destaca por la soltura de sus granos, además, difiere significativamente del testigo Gurí INTA CL. Otros cultivares que están a la par de CL1195 son: CL1197, CL1202 y CL1092.

En lo que respecta a la textura, se puede observar que solo INIA Merín e INIA Olimar presentan diferencias significativas en comparación con las líneas *índicas*. Ambos estuvieron por encima de las líneas experimentales con una textura de 5 para cada uno.

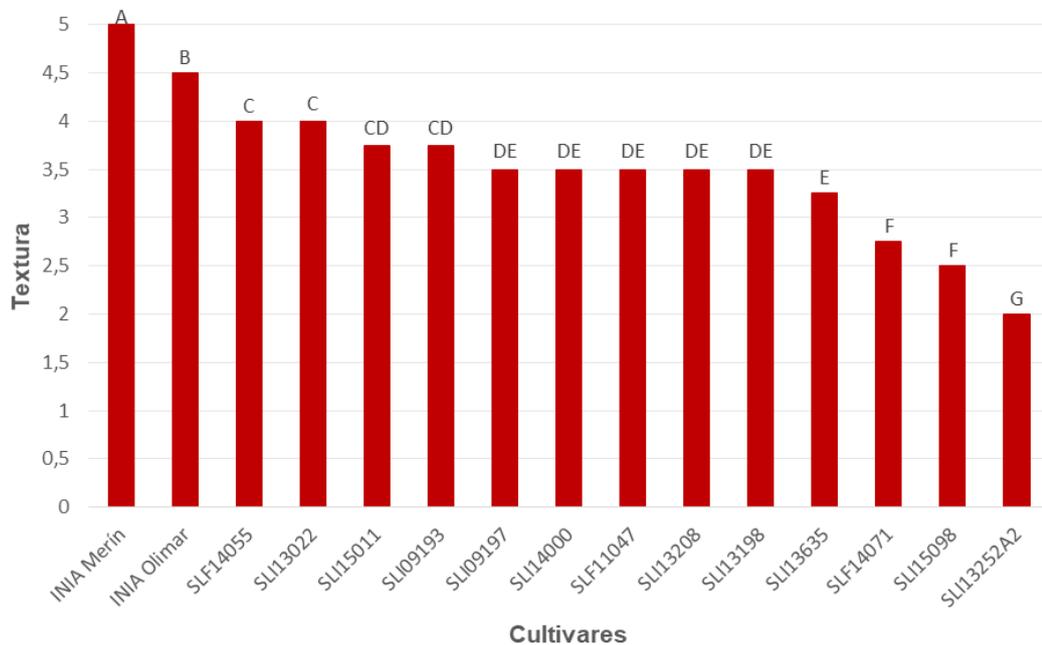


Gráfico N° 21. Medias de Textura de los cultivares *índicos*  
 Cultivares con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Como se observa en el gráfico N° 21, el testigo INIA Merín es el cultivar que presentó granos más duros, seguido por INIA Olimar. Dentro de las líneas experimentales *índicas* se destaca SLI13252A2 por su textura, observándose granos blandos y húmedos.

Uno de los factores más importantes que determinan la textura del grano de arroz luego de cocido es el contenido de amilosa, ya que este parámetro tiene gran influencia en las características de cocción del arroz molinado (CIAT, 1989).

La expansión en volumen arrojó diferencias significativas en los contrastes de Gurí INTA CL vs. las líneas Clearfield y los de INIA Merín vs. las líneas *índicas*. En el primero, el testigo presentó mayor expansión, y en el segundo contraste INIA Merín presentó menor expansión que las líneas experimentales.

Cultivares con mayor expansión volumétrica pueden tener una ventaja comercial, ya que este presentará mayor rendimiento luego de cocido (Ávila, et al, 2014).

Según el CIAT (1989), las variedades se clasifican de acuerdo al contenido de amilosa en:

- Glutinosas o cerosas (1 % – 2 % amilosa)
- No cerosas (8 % – 22 % amilosa)
- Intermedias (23 % – 27 % amilosa)
- Altas (> 28 % amilosa)

Además, existen rangos para calificar el contenido de amilosa (CIAT, 1989):

- Alto contenido de amilosa entre 28 % y 32 %.
- Contenido intermedio de amilosa entre 23 % y 27 %.
- Bajo contenido de amilosa entre 8 % y 22 %.

En la variable amilosa, se puede observar que solamente los testigos *índicos* presentaron diferencias significativas en sus respectivos contrastes. En ambos, INIA Merín (24,9 %) e INIA Olimar (25,03 %), se encuentran por encima de las líneas experimentales *índicas* (22,1 %).

Por lo tanto, podemos decir que los testigos presentan un contenido de amilosa intermedio (25 % – 27 %), lo cual les ofrece características de granos sueltos, secos y de textura suave después de la cocción. Es muy importante conocer el contenido de amilosa ya que permite predecir la calidad culinaria del arroz (Loaiza y Larrahondo, 2017).

Como se puede observar el testigo INIA Tacuarí (19,9 %) y las líneas experimentales *japónicas* (19,6) tienen un contenido bajo de amilosa lo que les confiere granos húmedos y pegajosos luego de la cocción.

Cuadro N° 16. Comparación de medias para las variables tiempo de cocción, dispersión alcalina, apariencia (soltura), pegajosidad (textura), expansión en volumen y contenido de amilosa

	Variables					
	Tiempo de cocción (min)	Dispersión alcalina	Soltura	Textura	Expansión en volumen (cm)	Amilosa (%)
<b>Testigo Gurí INTA CL</b>	14,0*	6,25*	3*	4 n.s	3,50*	25,6 n.s
<b>Líneas Clearfield</b>	14,5*	5,67*	4*	4n.s	3,17*	24,4 n.s
<b>Testigo INIA Merín</b>	14,0 n.s	6,25 n.s	3 n.s	5*	3,00*	24,9*
<b>Líneas <i>índicas</i></b>	14,3 n.s	6,31 n.s	4 n.s	3*	3,25*	22,1*
<b>Testigo INIA Olimar</b>	15,0*	6,50*	4 n.s	5*	3,35 n.s	25,03*
<b>Líneas <i>índicas</i></b>	14,3*	6,31*	4 n.s	3*	3,25 n.s	22,1*
<b>Testigo INIA Tacuarí</b>	16,0*	2,00 n.s	3 n.s	3 n.s	3,45 n.s	19,9 n.s
<b>Líneas <i>japónicas</i></b>	17,1*	2,07 n.s	3	3 n.s	3,49 n.s	19,6 n.s
<b>Testigo Parao</b>	16*	2 n.s	2,25*	3 n.s	3,55 n.s	18,3 n.s
<b>Líneas <i>japónicas</i></b>	17,1*	2,07 n.s	3*	3 n.s	3,49 n.s	19,6 n.s

\* Diferencia significativa para un p igual o menor a 0,05

n.s.: No significativo

Nota: La escala utilizada para la variable soltura fue: 1: Completamente agregado, 2: Con muchos agregados, 3: Con presencia de 3 a 6 granos agregados, 4: Con menos de 3 granos agregados, 5: Sin agregados.

La escala utilizada para la variable pegajosidad (textura) fue: 1: Pegajoso, 2: Blando y húmedo, 3: Blando, 4: Consistente, 5: Duro.

## **8. CONCLUSIONES**

Dentro de los cultivares Clearfield, se destacó por su rendimiento el cultivar CL1202, estando por encima del testigo Gurí INTA CL.

Desde el punto de vista de calidad:

- Obtuvo porcentajes de granos enteros que rondaron el 65 %, algo superior al testigo, además, en ambas fechas de siembra el porcentaje de granos yesosos fue menor que Gurí INTA CL.

En relación a la calidad culinaria, este cultivar obtuvo un valor de 3,5 de soltura, lo cual es positivo teniendo en cuenta que estuvo por encima del testigo Gurí INTA CL considerado de buena calidad culinaria. Con respecto a la textura, no llegó a los valores deseados (alrededor de 4,5).

Desde el punto de vista de rendimiento y dentro de las líneas experimentales índicas, los cultivares que se destacaron fueron SLF14055 y SLI13635.

Desde el punto de vista de calidad:

- En la primera época de siembra, estos cultivares tuvieron valores de entero total similares a los de los testigos. En la segunda época de siembra, no llegaron a los valores de INIA Merín, pero estuvieron por encima de INIA Olimar.
- En la proporción de granos yesosos, en la primera época, SLF14055 tuvo un porcentaje similar a los testigos y en la segunda época, tuvo valores más bajos que éstos. El cultivar SLI13635, tuvo valores muy por encima que los testigos en ambas épocas de siembra.

En relación a la calidad culinaria, los cultivares SLF14055 y SLI13635 presentaron granos sueltos, dentro de los rangos preferidos por el mercado. El cultivar SLF14055 fue el que se acercó más a la textura deseada.

Las líneas japónicas tuvieron un buen rendimiento en la siembra temprana, en comparación con el testigo INIA Tacuarí, los cultivares que se destacaron fueron L10835, L10590, L11298 con aproximadamente un 25 % más de rendimiento que el testigo.

Desde el punto de vista de calidad:

- No presentaron problemas de granos enteros, obteniendo proporciones similares a la de los testigos INIA Tacuarí y Parao, en ambas épocas de siembra.
- En la variable porcentaje de granos yesosos, L11298 fue el cultivar que mejor se comportó en ambas fechas de siembra, con valores muy inferiores a los de los testigos.

Con respecto a la calidad culinaria, las líneas japónicas presentaron granos más sueltos que INIA Tacuarí. En la variable textura no se observaron diferencias significativas entre las líneas y los testigos.

Haciendo alusión al objetivo general de este trabajo, por desempeño productivo, físico y culinario para ambas épocas de siembra, se puede decir que las líneas que están en camino a justificar su explotación son: CL1202, dentro de las líneas Clearfield; SLF14055 dentro de las líneas índicas; y L11298 dentro de las líneas japónicas.

Cabe destacar, que los resultados obtenidos son el reflejo de un año y de una localidad. Para poder llegar a explotar alguna de las líneas experimentales utilizadas en este trabajo se deben realizar ensayos en otras localidades y en mayor superficie.

## **9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ACA (Asociación de Cultivadores de Arroz). 2017. Represas inutilizadas esperando una baja en los precios del combustible y electricidad. (en línea). Arroz 91: 34-37. Montevideo. Consultado: 7 Ago. 2019. Disponible en: <http://www.aca.com.uy/revista-no-91#.XUsK5ehKjIU>
- ACEVEDO, M.; CASTRILLO, W.; BELMONTE, U. 2006. Origen, evolución y diversidad del arroz. (en línea). Venezuela. Consultado: 7 Ago. 2019. Disponible en: [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0002-192X2006000200001](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2006000200001)
- AGROTERRA. 2013. El arroz. Características y preparación del suelo. (en línea). España. Consultado: 2 Abr. 2019. Disponible en: <https://www.agroterra.com/blog/descubrir/el-arroz-caracteristicas-y-preparacion-del-suelo/77166/>
- ALVARADO, R.; HERNAIZ, S. 2007. Arroz manejo tecnológico. (en línea). Chile. Consultado: 7 Ago. 2019. Disponible en: <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR34383.pdf>
- ANDRADE, F.; HURTADO, J. 2007. Manual del Cultivo de Arroz. Guayas: INIAP. 161 p.
- ÁVILA, M. 2001. Evaluación de la calidad culinaria de arroz: Una herramienta al servicio del mejoramiento genético. Boletín informativo Fundación para la investigación agrícola. 7(1): 1-2.
- ÁVILA, M.; URIBE, J.; JAYAROL, Y.; ALEZONES, J.; ROMERO, M.; ALEJOS, Y.; CLISANCHEZ, N.; LÓPEZ, W. 2014. Comparación de variables físicas, culinarias y amilográficas del cultivar de arroz (*Oryza sativa* L.) MD248 con dos cultivares comerciales de arroz en Venezuela. Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos 5 (2): 70-88.

- ÁVILA, S. 2001. La podredumbre del tallo. (en línea). Uruguay. Consultado: 4 Ago. 2020. Disponible en: <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/5527/1/Revista-Arroz-2001-25-AVILA.pdf>
- BAO, L.; PEREZ, O. 2010. El gorgojo acuático del arroz. Uruguay. Consultado: 3 Jun. 2020. Disponible en: <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2836/1/18429180912092603.pdf>
- BHUIYAN, S.; SATTAR, M.; KHAN, M. 1995. Improving water use efficiency in rice irrigation through wet seeding. *Irrigation Science*. 16(1):1-8.
- BLANCO, P. 2002. Programa Nacional de Arroz. (en línea). Uruguay. Consultado: 23 Abr. 2019. Disponible en: <http://www.inia.org.uy/investigacion/programas/cultivos/arroz.htm>
- BLANCO, P. 2012. Arroz: Resultados Experimentales 2011-2012. (en línea). *Actividades de Difusión INIA (686)*: 130-176. Uruguay. Consultado: 30 Abr. 2019. Disponible en: <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/14445280812135417.pdf>
- BLANCO, P.; MOLINA, F.; PÉREZ DE VIDA, F.; ÁVILA, S.; LAVECCHIA, A.; MARCHESI, C.; DEAMBROSI, E.; MÉNDEZ, R.; SALDAIN, N.E.; ROEL, A.; ZORRILLA DE SAN MARTÍN, G.; ACEVEDO, A. 2004. INIA Olimar: Características y Comportamientos en la zafra 2003-2004. (en línea). Uruguay. *Revista INIA (38)*: 40-48. Consultado: 7 Ago. 2019. Disponible en: <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/11669/1/Arroz-2004-Blanco.pdf>
- BLANCO, P.; MOLINA, F.; PÉREZ DE VIDA, F.; MARTÍNEZ, S.; BONNECARRÉRE, V.; ROSAS, J.; CARRACELAS, G. 2013. Parao: nuevo cultivar de arroz de INIA. *Revista INIA (33)*: 38-40.

- BLANCO, P.; Pérez De Vida, F.; Píriz, M. 1993a. Tacuarí. (en línea). Boletín de Divulgación INIA (31): 5-10. Montevideo. Consultado: 7 Ago. 2019. Disponible en: <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2729/1/111219240807155122.pdf>
- BLANCO, P.; PÉREZ DE VIDA, F.; ROEL, A. 1993b. Tolerancia al frío de los nuevos cultivares precoces INIA Yerbál e INIA Tacuarí. (en línea). XX Reunião da Cultura do Arroz Irrigado. Pelotas, RS. Consultado: 25 Jul. 2020. Disponible en: <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/4016/1/Reunion-Blanco-1993-1.pdf>
- BOLLICH, P.; LINDAU, C.; NORMAN, R. 1994. Management of fertilizer nitrogen in dry seeded, delayed-flood rice. Australian Journal of Experimental Agriculture. (34): 1007-1012.
- BORGHI, E.; ERNST, O. 2002. Bases fisiológicas del cultivo de arroz en Uruguay. (en línea). Uruguay. Consultado: 16 Jun. 2019. Disponible en: [http://www.eemac.edu.uy/dmdocuments/cereales\\_y\\_cultivos\\_industriales\\_A/cultivos\\_de\\_verano/arroz/Borgh\\_i\\_Ernst\\_Bases\\_ecofisiologicas.pdf](http://www.eemac.edu.uy/dmdocuments/cereales_y_cultivos_industriales_A/cultivos_de_verano/arroz/Borgh_i_Ernst_Bases_ecofisiologicas.pdf)
- CASSOU, S. (s.f.). Descripción de variedades de arroz. (en línea). Uruguay. Consultado: 10 Jun. 2019. Disponible en: <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=http://inase.uy/files/doc.ashx%3Fid%3D05FB35E9D292696B&ved=2ahUKEwjlcys9P3rAhU6K7kGHebECu4QFjAMegQIBBAB&usg=AOvVaw12SnCnAjjUGgXuiZE92Kww>

- CASTILLO, J. 2013. Ajustes a la fertilización N-P-K en el cultivo de arroz. (en línea). Treinta y Tres. Consultado: 26 Jul. 2020. Disponible en: <http://www.inia.org.uy/estaciones/ttres/actividades/2013/12Ajustes%20a%20la%20fert%20NPK.pdf>
- CERÓN, G. LIZARAZO, L. PEÑAFORT, R. 1972. Curso: Dirección y manejo de bodegas y plantas de silos para almacenamiento. (en línea). Bogotá. Consultado: 16 Mar. 2020. Disponible en: [https://books.google.com.uy/books?id=LZRScNJ30msC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=true](https://books.google.com.uy/books?id=LZRScNJ30msC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=true)
- CHEBATAROFF, N. 1989. Mejoramiento de arroz en Uruguay. (en línea). Uruguay. Consultado: 22 Ago. 2019. Disponible en: [https://books.google.com.uy/books?id=Fk\\_wyK3IGPEC&pg=PP3&dq=%E2%80%93Mejoramiento+de+arroz&hl=en&ei=xgkWTsjkPli3sQL9ha1w&sa=X&oi=book\\_result&ct=book-thumbnail&resnum=1&ved=0CCoQ6wEwAA#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.uy/books?id=Fk_wyK3IGPEC&pg=PP3&dq=%E2%80%93Mejoramiento+de+arroz&hl=en&ei=xgkWTsjkPli3sQL9ha1w&sa=X&oi=book_result&ct=book-thumbnail&resnum=1&ved=0CCoQ6wEwAA#v=onepage&q&f=false)
- CHEBATAROFF, N. 2012. Arroz uruguayo. Montevideo: Hemisferio Sur. 352 p.
- CIAT. 1989. Evaluación de la calidad culinaria y molinera del arroz. (en línea). Colombia. Consultado: 26 Jul. 2020. Disponible en: [https://books.google.com.uy/books?id=wC9yMXQwAbwC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.uy/books?id=wC9yMXQwAbwC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)
- CORRALES, J.; VILLALOBOS, K.; VARGAS, A.; RODRÍGUEZ, J.; GONZÁLEZ, A. 2017. Principales plagas de artrópodos en el cultivo de arroz en Costa Rica. (en línea). Costa Rica. Consultado: 10 Set. 2019. Disponible en: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/H10-10932.pdf>

- COUNCE, P.; KEISLING, T.; MITCHELL, A. 2000. A Uniform, Objective, and Adaptive System for Expressing Rice Development. (en línea). Arkansas. Consultado: 26 Jul. 2020. Disponible en: <https://acsess.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2135/cropsci2000.402436x>
- COURDIN, V.; HERNÁNDEZ, A. 2013. Dinámica del cultivo de arroz en Uruguay en el “nuevo” escenario agropecuario. *Revista Cangüé*. 34(1): 21-31.
- DEAMBROSI, E.; MÉNDEZ, R.; ÁVILA, S. 2001. Fertilización. Respuestas a las aplicaciones de fósforo y potasio. (en línea). Uruguay. Consultado: 26 Jul. 2020. Disponible en: <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/10355/1/Ad-257-cap.5-p.1-11.pdf>
- DEAMBROSI, E.; MÉNDEZ, R.; ROEL, A. 1997. Estrategia en la producción de arroz. Para un mejor aprovechamiento de las principales variables climáticas. Treinta y Tres, Uruguay. INIA. 19 p. (Serie Técnica no. 89).
- DOBERMANN, A.; FAIRHURST, T. 2000. Nutrients disorders and nutrient management. Manila: PPI/PPIC/IRRI. 190 p.
- DUNAND, R.; SAICHUK, J. 2014. Rice Growth and Development. (en línea). California. Consultado: 10 Jul. 2019. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/Rice-Growth-and-Development-Dunand-Saichuk/b1a7b291d90be80baee8e50efd0a816d8b8484cc>

- FERNÁNDEZ, F.; VERGARA, B.; YAPIT, N.; GARCÍA, O. 1985. Arroz: Investigación y Producción. (en línea). Colombia. Consultado: 19 Ago. 2019. Disponible en: [http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos\\_Ciat/Digital/SB191.R5\\_A7\\_C3\\_Arroz\\_Investigaci%C3%B3n\\_y\\_producci%C3%B3n\\_Referencia\\_de\\_los\\_cursos\\_de\\_capacitaci%C3%B3n\\_sobre\\_ar.pdf#page=93](http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/Digital/SB191.R5_A7_C3_Arroz_Investigaci%C3%B3n_y_producci%C3%B3n_Referencia_de_los_cursos_de_capacitaci%C3%B3n_sobre_ar.pdf#page=93)
- FLAR. 2015. RVA: Nueva herramienta para evaluar la calidad de cocción del arroz en el portafolio CIAT – FLAR. (en línea). Colombia. Consultado: 25 Mar. 2019. Disponible en: <https://flar.org/rva-nueva-herramienta-para-evaluar-la-calidad-de-coccion-del-arroz-en-el-portafolio-ciat-flar/>
- FONTANA, M.; HERBER, L.; PACHECOY, M.; OLMOS, S.; KRUGER, R. 2017. Revalorizando nuestro arroz. (en línea). Corrientes. Consultado: 25 Mar. 2019. Disponible en: [https://inta.gob.ar/sites/default/files/boletin\\_fortuna\\_web.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/boletin_fortuna_web.pdf)
- GABRIELLI, A.; PINTOS, F. 2013. Respuesta a nitrógeno en cultivar INIA Olimar según tipo de riego y sistematización. Tesis Ingeniero Agrónomo. Montevideo, Uruguay. UDELAR. Facultad de Agronomía. 94 p.
- HARDKE, J.; SADAKA, S. 2018. Rice Production Handbook. (en línea). Arkansas. Consultado: 21 Oct. 2019. Disponible en: <https://www.uaex.edu/publications/pdf/mp192/mp192.pdf>
- HEENAN, D.; LEWIN, L. 1982. Response of inga rice to nitrogen fertilizer rate and timing in New South Wales. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry. 22(115): 62-66.
- HERRERA, E. 2012. Spodoptera frugiperda: una plaga que está coevolucionando (en línea). México. Consultado: 26 Ago. 2019. Disponible en: <http://www.comprendamos.org/alephzero/63/spodopterafrugi.html>

- HOWELER, R. 1974. Anaranjamiento y Toxicidad de Hierro en Arroz de Riego en los Llanos Orientales de Colombia. (en línea). Colombia. Consultado 10 Jun. 2019. Disponible en: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/1974-27HowelerAnaranjamientoyToxicidaddeHierroenArrozdeRiegoenlosLlanosOrientalesdeColombia-159-166.pdf>
- INASE. 2015. Evaluación nacional de cultivares. Protocolo de evaluación de arroz. (en línea). Uruguay. Consultado: 2 Abr. 2019. Disponible en: <https://www.inase.uy/Files/Docs/27A0644666EC84EE.pdf>
- INFOAGRO. (s.f.). El cultivo de arroz. (en línea). España. Consultado: 25 Mar. 2019. Disponible en: <http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/arroz.htm>
- INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria). 2018. Alternativas tecnológicas para el sector arrocerero en un escenario desafiante. (en línea). Uruguay. Consultado: 29 Oct. 2019. Disponible en: <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/11223/1/ST-246-Agosto2018.pdf>
- INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). 2011. Gurí INTA CL. (en línea). Argentina. Consultado: 7 Ago. 2019. Disponible en: <https://inta.gob.ar/variedades/guri-inta-cl>
- JARMA, A.; DEGIOVANNI, V.; MONTROYA, R. 2010. Producción Eco-Eficiente del Arroz en América Latina. Colombia: CIAT. 487 p.
- JULIANO, B. 1971. A Simplified Assay for Milled Rice Amylose. (en línea). Philipines. Consultado: 9 Abr. 2019. Disponible en: [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/043\\_401971Juliano\\_ASimplifiedAssayforMilled-RiceAmylose%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/043_401971Juliano_ASimplifiedAssayforMilled-RiceAmylose%20(2).pdf)

- JULIANO, B.; NAZARENO, M.; RAMOS, N. 1969. Properties of waxy and isogenic nonwaxy rices differing in starch gelatinization temperature. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 17(6): 1364-1369.
- JUN-ICHI, I.; KEN-ICHI, N.; KYOKO, I.; SHINICHIRO, Y.; YOSHIKI, I.; HIROSHI, Y.; HIDEKI, K.; YASUO, N. 2005. Rice Plant Development: from Zygote to Spikelet. *Plant Cell Physiol*. 46(1): 23-47.
- KANEDA, C.; BEACHELL, M. 1974. Response of indica-japonica rice hybrids to low temperatures. *Society for the Advancement of Breeding Research in Asia and Oceania*. (6): 17-32.
- KEALEY, L.M.; HUMPHREYS, E.; BLACK, A.S.; MUIRHEAD, W.A. 1994. Presowing nitrogen fertiliser management for aerial-sown rice on puddled soil. (en línea). Australia. Consultado: 25 Jul. 2020. Disponible en: <https://www.publish.csiro.au/an/EA9941013>
- LIAN, S. 1980. Rice yield response to nitrogen and relevant soil fertility factors. *ASPAC-FFTC Book series (Taiwan)* 18-38 p.
- LIBERMAN, A.; VELÁZQUEZ, S. 2016. Arroz INTA: Calidad culinaria para diferentes nichos de mercado. (en línea). Argentina. Consultado: 20 Ago. 2019. Disponible en: <https://inta.gob.ar/documentos/arroz-inta-calidad-culinaria-para-diferentes-nichos-de-mercado>
- LOAIZA, J.; LARRAHONDO, J. 2017. Evaluación del contenido de amilosa en arroz mediante espectroscopia de infrarrojo cercano-NIRS. (en línea). *Alan* 67(1): 56-61. Caracas. Consultado: 25 Mar. 2019. Disponible en: [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0004-06222017000100008](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222017000100008)

- MACÍAS, E. 2015. El momento oportuno para el control del gusano cogollero. (en línea). México. Consultado: 26 Ago. 2019. Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/el-momento-oportuno-para-el-control-del-gusano-cogollero>
- MARCHESI, C. 2016. Resultado de evaluaciones nacionales de cultivares de arroz. Uruguay. (en línea). Uruguay. Consultado: 14 Abr. 2019. Disponible en: <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/13599/1/Red-agosto-2016.pdf>
- MARTÍNEZ, S. 2015. Pyricularia en raigrás. (en línea). Uruguay. Consultado: 25 Jun. 2020. Disponible en: [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Presentaci%C3%B3n+Pyricularia+%20\(4\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Presentaci%C3%B3n+Pyricularia+%20(4).pdf)
- MARTÍNEZ, S. 2017. Control Químico de las principales enfermedades de arroz en Uruguay. (en línea). Uruguay. Consultado: 25 Jun. 2020. Disponible en: <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/8261/1/Arroz-2017-92-Martinez.pdf>
- MARTÍNEZ, S.; BAO, L.; ESCALANTE, F. 2018. Manual de identificación de enfermedades y plagas en el cultivo de arroz. (en línea). Uruguay. Consultado: 2 Abr. 2019. Disponible en: <http://www.aca.com.uy/Manualdeidentificaciondeenfermedadesyplagasenelcultivodearroz.pdf>
- MARTÍNEZ, S.; ESCALANTE, F.; CASALES, L.; VERGARA, A. 2014. Control de Podredumbre de tallo en arroz. (en línea). Uruguay. Consultado: 25 Jun. 2020. Disponible en: <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/4037/1/revista-INIA-39-44-47MARTINEZ.pdf>

- MARTÍNEZ, S.; SARAVIA, H.; TERRA J.; ZORRILLA, G. 2018. Alternativas tecnológicas para el sector arrocerero en un escenario desafiante. Treinta y Tres. Uruguay. INIA. 92 p. (Serie Técnica no. 246).
- MÉNDEZ DEL VILLAR, P. 2010. (en línea). Cali. Consultado: 2 Abr. 2019. Disponible en: [http://www.infoarroz.org/portal/uploadfiles/20100925084346\\_17\\_mercados\\_arroceros\\_en\\_lac\\_\\_patricio\\_mendez\\_del\\_villar.pdf](http://www.infoarroz.org/portal/uploadfiles/20100925084346_17_mercados_arroceros_en_lac__patricio_mendez_del_villar.pdf)
- MÉNDEZ, R.; DEAMBROSI, E. 2009. Coberturas nitrogenadas para la producción de arroz. Montevideo. Uruguay. INIA. 38 p. (Serie Técnica no. 179).
- MENESES, R. 2008. Manejo integrado de los principales insectos y ácaros plagas del arroz. (en línea). Cuba. Consultado: 2 Abr. 2019. Disponible en: [http://cagricola.uclv.edu.cu/descargas/libros/LIBRO\\_Manejo\\_Integrado\\_de\\_los\\_principales\\_insectos\\_y\\_acaros\\_plagas\\_del\\_arroz.pdf](http://cagricola.uclv.edu.cu/descargas/libros/LIBRO_Manejo_Integrado_de_los_principales_insectos_y_acaros_plagas_del_arroz.pdf)
- MOLDENHAUER, K.; COUNCE, P.; HARDKE, J. 2018. Rice Growth and Development. En: Division of Agriculture. University of Arkansas System. Rice production handbook. Arkansas. p. 9-20.
- MOLINA, F.; BLANCO, P.; PÉREZ DE VIDA, F. 2011. Nuevo cultivar de arroz L5502 Parao. Arroz (68): 28-34.
- MORAES, J.; FREIRE, C. 1974. Variação do pH, da condutividade elétrica e da disponibilidade dos nutrientes nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio em quatro solos submetidos a inundação. Pesquisa Agropecuaria Brasileira. Sér. Agron. Brasil. (9):35-43
- OLMOS, S. 2006. Apuntes de morfología, fenología, ecofisiología y mejoramiento genético del arroz. Corrientes. UNNE. 13 p.

- OZUNA, F. 1998. Fundamentos y tecnologías para la producción de arroz. En: Simposio Internacional de Arroz. (1, 1998, México, México). Inifap.; SAGAR. (eds.). 1er Simposium Internacional de Arroz. México.
- PERDOMO, M.; GONZÁLEZ, J.; C. DE GALVIS, Y.; GARCÍA, E. 1983. Los macronutrientes en la nutrición de la planta de arroz. Cali. CIAT. 36 p.
- PERDON, A.; MARKS, B.; SIEBENMORGEN, T.; REID, N. 1997. Effects of rough rice storage conditions on the amylograph and cooking properties of medium-grain rice cv. Bengal. *Cereal Chemistry*. 74(6): 864-867.
- PÉREZ DE VIDA, F.; BLANCO, P.; CARRACELAS, G.; VARGAS, J. 2015. Evaluación final de cultivares. *Revista INIA* (748): 4-6.
- PÉREZ DE VIDA, F.; BLANCO, P.; MOLINA, F. 2016. INIA Merín, nuevo cultivar de arroz: alta productividad y resistencia a *Pyricularia*. *Revista INIA* (44): 15-19.
- PONNAMPERUMA, F. 1972. The Chemistry of Submerged Soils. *Advances in Agronomy*. (en línea). Philippines. Consultado: 26 Jul. 2020. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0065211308606331>
- QUINTERO, C.; ARÉVALO, E.; BOSCHETTI, G.; SPINELLI, N. 2006. Clorosis en suelos con calcáreo. Experiencias en el cultivo de arroz en Entre Ríos. (en línea). Argentina. Consultado: 26 Jul. 2020. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/285879715\\_Clorosis\\_en\\_suelos\\_con\\_calcareo\\_experiencias\\_en\\_cultivo\\_de\\_arroz\\_en\\_Entre\\_Rios#read](https://www.researchgate.net/publication/285879715_Clorosis_en_suelos_con_calcareo_experiencias_en_cultivo_de_arroz_en_Entre_Rios#read)

- QUIRÓZ, M. 2005. Etapas de crecimiento y desarrollo de la planta de arroz. (en línea). Uruguay. Consultado: 14 Jul. 2019. Disponible en: [https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Esquema-de-las-diferentes-fases-y-etapas-del-crecimiento-y-desarrollo-de-la\\_fig4\\_274780010](https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Esquema-de-las-diferentes-fases-y-etapas-del-crecimiento-y-desarrollo-de-la_fig4_274780010)
- ROEL, A. 1999. Riego en arroz: Manejo eficiente de la inundación. (en línea) Boletín de Divulgación INIA (67): 4-14. Uruguay. Consultado: 8 Set. 2019. Disponible en: <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2766/1/111219240807160631.pdf>
- ROEL, A.; DEAMBROSI, E.; MÉNDEZ, R. 1997. Estrategia en la producción de arroz, para un mejor aprovechamiento de las principales variables climáticas. Montevideo. Uruguay. Unidad de Difusión e Información Tecnológica del INIA. 15 p. (Serie Técnica no. 89).
- ROSAS, J.; GÓMEZ, A.; LAGO, F.; MACEDO, I. 2013. Monitoreo de arroz rojo resistente a imidazolinonas en chacras con uso intensivo del sistema clearfield. (en línea). Actividades de difusión INIA (713): 3-5. Uruguay. Consultado: 10 May. 2019. Disponible en: <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/7971/1/Ad-713-c.5-p.3-5.pdf>
- RUIZ, D.; CENTENO, N. 2007. Evaluación del comportamiento agronómico de 11 líneas avanzadas de arroz (*Oryza sativa* L.) en el valle de Sébaco, durante la época de postrera del 2006. Tesis Ingeniero Agrónomo. Managua, Nicaragua. Universidad Nacional Agraria. Facultad de Agronomía. 49 p.
- SAG. 2003. Manual técnico para el cultivo del arroz. Honduras. DICTA. 59 p.

- SAHRAWAT, K. 2005. Fertility and organic matter in submerged rice soil. (en línea). India. Consultado: 23 Ago. 2019. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/228362089\\_Fertility\\_and\\_organic\\_matter\\_in\\_submerged\\_rice\\_soil](https://www.researchgate.net/publication/228362089_Fertility_and_organic_matter_in_submerged_rice_soil)
- SALVO, H.; PAREDES, M.; BECERRA, M. 2015. Producción de arroz: Buenas Prácticas Agrícolas (BPA). (en línea). Chile. Consultado: 16 Jun. 2019. Disponible en: <https://docplayer.es/49391734-Autores-produccion-de-arroz-buenas-practicas-agricolas-bpa-profesionales.html>
- SÁNCHEZ, A. 2011. Efecto de distintas alternativas de cultivos de cobertura invernal sobre la respuesta a nitrógeno en el cultivo de arroz en siembra directa. Tesis Ingeniero Agrónomo. Montevideo. Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 64 p.
- SATAKE, T.; YOSHIDA, S. 1978. High Temperature-Induced Sterility in Indica Rices at Flowering. Japanese Journal of Crop Science. 47(1): 6-17.
- SOSBAI (Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado). 2007. Recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. En: Congreso Brasileiro de arroz irrigado (5, 2007, Pelotas, RS, Brasil). Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado. Pelotas, RS. Embrapa Clima Temperado. 69 p.
- STANSEL, J. 1975. Effective utilization of sunlight. In: Six decades of rice research in Texas. College Station, Texas A&M University Press. 43-50 p.
- TINOCO, R.; ACUÑA, A. 2009. Cultivo de arroz (*Oryza sativa*). Costa Rica: INTA. 78 p.
- TODO AGRO. 2011. Nuevo cultivar de arroz: Gurí INTA CL. (en línea). Argentina. Consultado: 7 Ago. 2019. Disponible en: <http://www.todoagro.com.ar/noticias/nota.asp?nid=15475>

- URUGUAY XXI. 2018. Informe anual de comercio exterior. (en línea). Montevideo. Consultado: 12 Mar. 2019. Disponible en: <https://www.uruguayxxi.gub.uy/uploads/informacion/690cc2f9aaa8763b54d802d8e991665b4e007585.pdf>
- URUGUAY. Decreto no. 321/988. Comercialización del arroz cáscara. Uruguay. 01 Jul. 1988. (en línea). Consultado: 16 Set. 2019. Disponible en: <https://www.impo.com.uy/bases/decretos/321-1988/2>
- URUGUAY. MGAP. (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca). s.f. Arroz. (en línea). Uruguay. Consultado: 28 Mar. 2019. Disponible en: <http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/arroz.pdf>
- URUGUAY. MGAP. DIEA. (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones y Estadísticas Agropecuarias). 2018. Anuario Estadístico Agropecuario 2018. (en línea). Uruguay. Consultado: 15 Set. 2019. Disponible en: [https://descargas.mgap.gub.uy/DIEA/Anuarios/Anuario2018/Anuario\\_2018.pdf](https://descargas.mgap.gub.uy/DIEA/Anuarios/Anuario2018/Anuario_2018.pdf)
- URUGUAY. MGAP. DIEA. (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones y Estadísticas Agropecuarias). 2019. Anuario Estadístico Agropecuario 2019. (en línea). Uruguay. Consultado: 15 Set. 2019. Disponible en: <https://descargas.mgap.gub.uy/DIEA/Anuarios/Anuario2019/Anuario2019.pdf>
- WILLIAMS, J.; SMITH, S. 2001. Correcting Potassium Deficiency Can Reduce Rice Stem Diseases. California. Consultado: 26 Jul. 2020. Disponible en: [https://pdfs.semanticscholar.org/69d8/e05beb56897692f730ce6c026b91255a024f.pdf?\\_ga=2.24581370.1776937599.1595808896-2094940586.1595808896](https://pdfs.semanticscholar.org/69d8/e05beb56897692f730ce6c026b91255a024f.pdf?_ga=2.24581370.1776937599.1595808896-2094940586.1595808896)

- YOSHIDA, S. 1981. Fundamentals of rice crop science. Philippines: IRRI. 269 p.
- ZORRILLA, G. 2017. Investigación en sistemas arroceros: más arroz, más calidad, menos costos y reduciendo la huella ambiental. Revista INIA. (50): 29-33.
- ZULUAGA, A. 2014. Laboratorio de calidad de arroz del Fondo Latinoamericano para arroz de riego. Práctica empresarial para el título de Ingeniero Agrónomo. Cali. Universidad San Buenaventura. Facultad de Ingeniería. 40 p.

## 10. ANEXOS

### Anexo 1

#### Modelos Lineales Generalizados

Variable	Siembra temprana			Siembra tardía		
	Modelo	Valor AIC	Valor BIC	Modelo	Valor AIC	Valor BIC
Floración (días)	Errores independientes	494,65	578,93	Errores independientes	644,47	728,40
Altura de planta (cm)	Autorregresivo de orden 1	621,96	708,79	Autorregresivo de orden 1	479,58	563,85
Podredumbre del tallo	Errores independientes	386,12	470,39	Errores independientes	370,57	449,59
Mancha agregada	Autorregresivo de orden 1	482,74	569,57	Autorregresivo de orden 1	377,75	459,16

Variable	Siembra temprana			Siembra tardía		
	Modelo	Valor AIC	Valor BIC	Modelo	Valor AIC	Valor BIC
Rendimiento (kg/ha)	Errores independientes	1640,69	17327,52	Errores independientes	1680,01	1764,29
Blanco Total (%)	Errores independientes	479,62	565,36	Errores independientes	339,63	426,47
Entero Total (%)	Errores independientes	526,09	609,31	Autorregresivo de orden 1	462,84	549,68
Yesosos (%)	Errores independientes	521,78	605,00	Errores independientes	569,13	653,40
Relación L/A (mm)	Simetría compuesta	-199,78	-114,04	Simetría compuesta	-218,83	-132,00
Peso 1000 granos (g)	Errores independientes	237,85	321,07	Errores independientes	472,02	553,07

Siembra temprana			
Variable	Modelo	Valor AIC	Valor BIC
Tiempo de Cocción (min)	Errores independientes	99,41	148,17
Dispersión alcalina	Autorregresivo de orden 1	108,57	158,41
Apariencia (soltura)	Errores independientes	104,55	152,92
Pegajosidad (textura)	Autorregresivo de orden 1	90,08	139,92
Contenido de amilosa (%)	Autorregresivo de orden 1	140,95	190,78

## Anexo 2

Resultados del test de normalidad Shapiro – Wilk sobre las variables de respuesta

Variables	Siembra temprana	
	Distribución	p – valor
Rendimiento (kg/ha)	No Normal	0,009
Blanco Total (%)	No Normal	<0,0001
Entero Total (%)	No Normal	<0,0001
Yesosos (%)	No Normal	<0,0001
Relación L/A (mm)	No Normal	0,008
Peso 1000 granos (g)	No Normal	<0,0001

Variables	Siembra tardía	
	Distribución	p – valor
Rendimiento (kg/ha)	No Normal	<0,0001
Blanco Total (%)	No Normal	0,0003
Entero Total (%)	No Normal	0,0004
Yesosos (%)	No Normal	<0,0001
Relación L/A (mm)	No Normal	<0,0001
Peso 1000 granos (g)	No Normal	<0,0001

Variables	Siembra tardía	
	Distribución	p – valor
Tiempo de cocción (min)	No Normal	<0,0001
Dispersión alcalina	No Normal	<0,0001
Apariencia (soltura)	No Normal	0,001
Pegajosidad (textura)	No Normal	0,01
Expansión en volumen (cm)	Normal	0,72
Contenido de amilosa (%)	No Normal	0,01