



**Ambiente y Calidad de Grano en
Genotipos de Arroz (*Oryza sativa*) Tipo
comercial Largo Ancho**

Trabajo Final de Carrera

Carrera: Ingeniería Agronómica
Alumno: Puig María Lucrecia

Director: MSc. Pinciroli, María
Codirector: Ing. Agr. Vidal, Alfonso A.
Fecha de entrega: 21/03/2016

**Facultad de
Ciencias Agrarias
y Forestales**



**UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA**

Índice General

Resumen.....	3
Capítulo I: Introducción	
I. 1.a. Generalidades del cultivo de arroz.....	4
b. El arroz y las condiciones climáticas.....	8
I. 2. Hipótesis de trabajo y objetivos.....	11
Capítulo II: Materiales y Métodos	
II. 1. Descripción de los materiales genéticos.....	12
II. 2. Descripción del ensayo experimental.....	12
II. 3. Determinación de la calidad industrial del grano.....	13
II. 4. Determinación calidad culinaria del grano.....	14
II. 5. Análisis estadístico de los resultados.....	16
II. 6. Registros climáticos, meteorológicos y análisis de suelo.....	17
Capítulo III: Resultados	
III.1. Caracterización de los ambientes.....	19
a. Caracterización de las localidades utilizando los valores históricos.....	21
b. Condiciones de clima y suelo correspondiente a los ensayos – Campaña 2011-2012.....	24
c. Cálculo de Índices agrometeorológicos: Grados días (GD) y milímetros de precipitación caídos durante llenado de grano del ciclo del cultivo.....	25
III.2. Parámetros de calidad industrial.....	26
III.3. Parámetros de calidad culinaria.....	27

Capítulo IV: Discusión	
IV.1. Calidad industrial.....	28
IV.2. Calidad culinaria.....	30
Capítulo V: Conclusiones.....	31
Bibliografía.....	32
Apéndice I (Cuadros, Gráficos, Imágenes y Tablas).....	36
Actividades optativas realizadas vinculadas al trabajo final de carrera.....	49

RESUMEN

La calidad del arroz es el resultado de la acción de varios factores relacionados con las propiedades fisicoquímicas del grano en combinación con elementos del clima. En el presente trabajo se buscó determinar el efecto de las temperaturas y precipitaciones durante el periodo de llenado de grano, sobre los componentes de calidad industrial y culinaria del grano de genotipos de arroz tipo largo ancho en dos localidades de diferentes regiones del país: La Plata (Bs. As.) y Urdinarrain (Entre Ríos). Se evaluaron 5 líneas provenientes del Programa Arroz de la FCAYF de la UNLP junto a la variedad Yerua. Ésta presenta excelente calidad y potencial de rendimiento pero su porte alto tiene algunas limitaciones para adaptarse a las técnicas de fertilización actuales y el Programa está trabajando en la selección de líneas superadoras. Se realizó la caracterización climática de ambas localidades. Se registraron las temperaturas y las precipitaciones durante el ciclo. Se calcularon los grados días y las precipitaciones acumuladas durante el periodo de llenado para cada uno de los genotipos. Se determinó: peso de mil granos con cáscara, porcentaje de grano entero y grano total, porcentaje de panza blanca y enyesado, temperatura de gelatinización mediante el test de álcali y contenido de amilosa. Con los valores obtenidos se realizó un Análisis de la Varianza (ANOVA). Las medias se compararon por el test de Tukey ($p < 0,05$). Las temperaturas medias y las precipitaciones durante el periodo llenado de grano fueron mayores en Urdinarrain. Los parámetros porcentaje de grano entero y peso de mil granos no presentaron diferencias significativas entre localidades, sí entre genotipos. Los valores de panza blanca resultaron superiores en Urdinarrain. La temperatura de gelatinización presentó diferencias entre localidades. El contenido de amilosa, entre genotipos. Se confirma que los elementos del clima pueden influir sobre la calidad del grano de arroz.

Capítulo I

INTRODUCCION

I. 1.a. Generalidades del cultivo de arroz

El arroz (*Oryza sativa L.*), junto con el trigo y el maíz, proveen alrededor de dos tercios de la energía en las dietas y son la base de la alimentación de la humanidad. El avance de la tecnología y el mejoramiento varietal han tenido un impacto considerable en la evolución de los rendimientos a nivel mundial. Sin embargo, frente a las demandas crecientes de alimentos, las posibilidades futuras de incrementar la producción son menores. Esto se debe por un lado, a que no es posible realizar un incremento importante de tierras aptas para el cultivo; y por el otro, a que la productividad se está acercando al rendimiento potencial y la brecha explorable de incremento es menor (Quintero, 2009).

Cabe destacar que los mayores productores son los mayores consumidores, por lo que a nivel internacional el arroz es el grano con menor porcentaje de comercialización respecto a su producción (Méndez del Villar, 2009). La producción mundial de arroz en 2012 alcanzó un volumen récord de 731,2 millones de toneladas (487,5 millones de toneladas de arroz elaborado), según el informe realizado por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2013). Las perspectivas para la producción mundial durante el año 2014, empeoraron considerablemente, entre otras causas por las condiciones atmosféricas irregulares, incluidas la llegada tardía de las lluvias o la persistencia de las sequías, seguidas a menudo de fuertes chaparrones e inundaciones. Estos fenómenos, junto con una posible manifestación de la anomalía meteorológica de El Niño, si bien de débil intensidad, lograron bajar el pronóstico de la producción mundial de arroz en 2014. La producción está geográficamente concentrada y más del 85% proviene de Asia. Los principales países productores son China con el 31%

de la producción mundial e India con el 21% (IRRI, 2013). En materia de exportaciones, no se destacan China ni India, ya que destinan casi el total de su producción al consumo interno, pero se encuentran en los primeros puestos países de la misma región como Tailandia con un 26% y Vietnam con un 15% de las exportaciones totales del mundo (IRRI, 2013).

Los sistemas de producción de este cereal varían considerablemente dependiendo de la región. Es así que existen sistemas de producción bajo riego, en condiciones de seco; y métodos de siembras diferentes siendo por trasplante, al voleo, pre germinado y en línea, entre otros (Barkert *et al.*, 1985).

La producción local de arroz integra una economía regional, concentrada fundamentalmente en el litoral argentino. Cerca del 50% de la producción se encuentra en la provincia de Corrientes y un 32% en Entre Ríos. El 13% se produce en Santa Fe y el resto se distribuye entre Chaco y Formosa. Actualmente se producen alrededor de 1,6 millones de toneladas anuales cosechando 235 mil hectáreas, lo que desprende un rendimiento por hectárea de aproximadamente 6,7 toneladas (Acpa, 2015). En los últimos 10 años la producción se ha incrementado en un 121%, acompañado por un alza en los rendimientos del 16% (Blengino, 2014).

En el mercado, la calidad se determina por la apariencia física, que incluye el tamaño, la forma, el quebrado y la transparencia. El arroz cáscara (con sus envolturas) se clasifica en cuatro tipos comerciales: Largo fino, largo ancho (también conocido como Doble Carolina), Mediano y Corto o Japonés. En nuestro país la producción mayoritaria corresponde al tipo largo fino mientras en segundo lugar se ubica el largo ancho. En la provincia de Entre Ríos, durante la campaña 2013-2014, la producción de este último tipo fue de 16.500 toneladas (3% del total) con una superficie cercana a las 3.000 hectáreas, que corresponde al 4% de la superficie sembrada (Bolsa de Cereales de ER, 2014).

La variedad de tipo largo ancho que predomina en Argentina es Yerua PA, existiendo aún hoy un porcentaje de la variedad Fortuna. Yerua PA fue seleccionada en La Plata hace más de 30 años y presenta excelente calidad y potencial de rendimiento pero su fenotipo tiene algunas limitaciones para adaptarse a las técnicas modernas de cultivo. Este tipo de planta corresponde al tipo de cultivares de la subespecie japónica. Son de porte alto, macollaje intermedio y largos entrenudos que en condiciones de alta fertilidad poseen alto potencial de rendimiento, aunque tienden a no resistir esta situación y se vuelcan. Poseen buen tamaño de panoja y buena capacidad de geminación (aún con bajas temperaturas), plántulas de excelente vigor. S.e adapta bien a las latitudes más altas de la zona arrocera argentina debido a su capacidad de resistir bajas temperaturas y poseer ciclo corto. Se caracteriza por requerir más tiempo en perder humedad para llegar a cosecha y es resistente al desgrane. Posee buenos porcentajes de grano entero y grano total. Los porcentajes de amilosa y la temperatura de gelatinización son bajos, siendo resultados esperables en cultivares de subespecie japónica. Debe ser cocinado con la cantidad de agua y el tiempo apropiado para obtener un grano entero, húmedo y blando. La opción por una u otra subespecie está condicionada por su uso gastronómico: mientras las variedades de subespecie japónica son empleadas en algunos platos tradicionales por ejemplo en las paellas españolas, las índicas se adaptan mejor a los platos consumidos en el centro y norte de la UE (Perez Urtasun, 2012).

Se puede realizar una comparación de esta variedad (Yerua), con la principal variedad tipo largo ancho, Diamante, comercializada en Chile. Se puede mencionar que esta última posee un periodo más estrecho de pérdida de humedad a cosecha lo que hace que tenga un rendimiento industrial aceptable. En cuanto a la calidad culinaria, a diferencia de Yerua, la variedad Diamante posee mayor porcentaje de amilosa, pudiéndose establecer un rango que va del 22% hasta el 24%, incluso existen líneas mejoradas de esta variedad que poseen un porcentaje de amilosa de 28%. Estos

contenidos de amilosa son clasificados como intermedias, durante la cocción se expanden un poco y absorben poca agua. Después de la preparación, los granos, tienden a ser húmedos y pegajosos y de apariencia brillante. Retienen una estructura suave cuando se enfrían y son preferidos por la mayoría de los consumidores. Para la variedad Yerua el contenido de amilosa puede ir de bajo (16%) a intermedio, característica diferencial de las variedades japónicas, estableciendo algunas diferencias en cuanto al resultado de la cocción ya que suelen ser húmedas, pegajosas, de apariencia brillante y los granos suelen desintegrarse fácilmente luego de ser cocinadas (Puignau *et al.*, 1989).

En la actualidad, el Programa Arroz cuenta con líneas promisorias que presentan características diferenciadas que radican en menor altura y mayor potencial de macollaje y estructura de planta más compacta lo que les brinda un mejor comportamiento agronómico para obtener altos rendimientos (Vidal *et al.*, 2015).

La calidad del arroz es el resultado de la acción de varios factores relacionados con las propiedades fisicoquímicas del grano tales como tamaño, forma, peso, pigmentación, dureza, temperatura de gelatinización, contenido de amilosa, mientras que otros se refieren a la cosecha y su manejo, secado, transporte y almacenamiento (Martínez y Cuevas, 1989).

Se trata del único cereal que se consume como grano entero con un procesamiento de descascarado y pulido en tres variantes: grano blanco (o tradicional), grano blanco “parboiled” (arroz cáscara vaporizado) y grano integral.

Para obtener un producto en condiciones de ser consumido, en principio, el grano de arroz debe ser descascarado y luego pulido mediante esfuerzos de fricción o abrasión. Como resultado del molinado se obtiene el grano blanco y el salvado. El parámetro de evaluación está dado por el porcentaje de granos enteros obtenidos después de descascarar y pulir los granos. Del arroz cosechado, aproximadamente 20% es cáscara, y 10% es salvado, el resto (70%) está formado por granos de arroz blanco o pulido, entero y

partido o quebrado. El arroz pulido está constituido fundamentalmente por el endosperma, el salvado por el embrión y las capas externas (aleurona, tegmen, y pericarpio) y el arroz integral por ambos (endosperma y salvado). Estos parámetros se utilizan para la determinación de la calidad industrial del arroz.

Identificamos como calidad culinaria al comportamiento esperado del arroz luego de cocido. Se expresa fundamentalmente a través del porcentaje de amilosa y la temperatura de gelatinización. Los componentes principales del grano son almidón y proteínas. La composición química varía de acuerdo al factor genético de la variedad, influencias con el ambiente, aplicación de fertilizantes, grado de molienda y condiciones de almacenamiento. No obstante, podemos dar valores promedio de un 80% de almidón, 7,5% de proteína, 0,5% de ceniza y 12% de agua (Bergman *et al.*, 2009; Chandler, 1984).

I.1.b. El arroz y las condiciones climáticas

El arroz es un cultivo que presenta una gran adaptabilidad a diferentes condiciones de ambiente, lo que lo ubica como el de mayor difusión en el mundo, mediante la selección de habilidades específicas el cultivo puede adaptarse a las diferentes áreas de implantación, ajustándose a las condiciones de adversidad ambiental (Arguissain, 2006).

(Tabla 1, aquí)

Para obtener cosechas óptimas el arroz requiere temperaturas suaves (superiores a 12 y 13°C) que resultan el cero fisiológico (Ideas, 2007). Las temperaturas óptimas para el cultivo de arroz se definen de acuerdo al estado de desarrollo de la planta como puede verse en la Tabla 1.

La inflorescencia comienza a formarse unos treinta días antes del panojamiento, y siete días después de comenzar su formación ya alcanza unos 2 mm. A partir de 15 días antes del panojamiento se desarrolla rápidamente, y es éste el período más sensible a las condiciones ambientales adversas. La floración tiene lugar el mismo día de la emergencia, o al día siguiente durante las últimas horas de la mañana. Las flores abren sus glumelas durante una o dos horas si el tiempo es soleado y las temperaturas altas. Un tiempo lluvioso y con temperaturas bajas perjudica la polinización. La temperatura mínima para florecer se considera de 15°C, la óptima de 30°C. El tamaño del grano es altamente heredable en la mayoría de los ambientes, aunque las temperaturas bajas después de la floración pueden reducir ligeramente la longitud del grano (Martínez y Cuevas, 1989). Cooper *et al.* (2008) destacan la importancia de las temperaturas nocturnas sobre la calidad del grano. Las temperaturas altas de la noche intensifican la respiración de la planta, resultando en un mayor consumo de las reservas acumuladas durante el día por la función clorofílica. Por esta razón, las temperaturas bajas durante la noche favorecen el llenado y la maduración de los granos. Temperaturas nocturnas elevadas producen una disminución del peso de las panojas y un aumento en el número de granos panza blanca (Yhosida y Hara, 1977). El porcentaje de grano panza blanca puede influir sobre el contenido de amilosa y el quebrado (Lui, 2009).

El rendimiento de grano entero es el principal factor que influye sobre la calidad industrial (Kotcher *et al.*, 1990). Se ha determinado la influencia de la temperatura y humedad relativa sobre el rendimiento en grano entero y quebrado (Jodari y Liscombe 1996; Siebenmorgen y Nerhus, 1998). Además se reporta un fuerte componente genético y del tipo de grano como factor determinante sobre la calidad industrial del arroz (Jodari y Liscombe, 1996). Es reconocida la influencia que tiene la temperatura y la humedad en el período de madurez del grano. Los mismos afectan la calidad industrial y culinaria del arroz (Nikuni *et al.*, 1969; Kunze, 1986). La mayor o menor susceptibilidad a fracturarse

depende de un diverso número de variables ambientales y genéticas (Livore, 2004). Las ambientales se subdividen en las provocadas por un estrés abiótico y las provocadas por un estrés biótico. Las genéticas se refieren fundamentalmente a la regulación de los mecanismos intervinientes en el llenado de grano. La velocidad de llenado y su dependencia con la temperatura en esta etapa fisiológica determinan la fragilidad del endosperma y consecuentemente su sensibilidad al quebrado (Livore, 2004). Estudios realizados sobre los mecanismos del fisurado del grano, indican que ellas se desarrollan cuando la superficie del grano, relativamente seca, absorbe humedad del ambiente (Berrio *et al.*, 1989; Kunze, 1985).

La temperatura de gelatinización tiene una heredabilidad razonablemente alta, aunque esta puede variar tanto como 10°C en una misma variedad en casos excepcionales según el medio ambiente (Jennings *et al.*, 1981). La temperatura del aire durante el desarrollo también afecta el contenido de amilosa de los granos, pudiendo incrementarse o bajar según se registren temperaturas más bajas o altas que lo normal (Jennings *et al.*, 1981; Gomez, 1979, Mackenzie, 1994, Aboubacar *et al.*, 2006).

Los factores ambientales influyen en la calidad final del grano, ya que afectan el crecimiento de la planta y los procesos fisiológicos relacionados con la formación del grano. Las altas y bajas temperaturas por encima y por debajo de los límites críticos afectan el rendimiento de grano ya que inciden sobre el macollaje, la formación de espiguillas y la maduración. Las bajas temperaturas limitan la duración del período y la tasa de crecimiento y el desarrollo de las plantas de arroz. Las altas temperaturas causan estrés térmico sobre las plantas de arroz (FAO, 2004).

En el presente trabajo se plantea llevar a cabo una caracterización de la calidad industrial y culinaria de genotipos de arroz, llevando adelante su ciclo en dos localidades diferentes (La Plata, Bs As. y Urdinarrain, Entre Ríos), dado que la información disponible sobre la evaluación de parámetros de calidad industrial y culinaria en especial de

cultivares tipo largo ancho en diferentes ambientes, es escasa, sobre todo en la Argentina.

I. 2. Hipótesis de trabajo y objetivos

Hipótesis

Los parámetros de calidad industrial y culinaria se ven afectados por la incidencia de las variables climáticas como temperaturas máximas y mínimas y precipitaciones, durante el periodo de llenado de grano, en forma diferencial según los genotipos considerados.

Objetivo general

Evaluar el efecto de las temperaturas y precipitaciones sobre los componentes de calidad tanto industrial como culinaria del grano de diferentes genotipos de arroz tipo largo ancho en dos localidades de diferentes regiones del país.

Capítulo II

MATERIALES Y MÉTODOS

II. 1. Descripción de los materiales genéticos.

Se evaluaron líneas provenientes del Programa Arroz de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la UNLP. La variedad Yerua PA y 5 líneas: H362-4-2-1-1-2-1 (H362), H419-6-1-1-1 (H419), H426-31-1-2-1 (H426-31), H426-25-1-1-1 (H426-25), R/03 desc 04-2-1-5 (R/03). Todas ellas corresponden al tipo largo ancho, subespecie japónica. Las líneas evaluadas están desarrolladas para mejorar la arquitectura de planta y así adaptarse a las nuevas tecnologías de cultivo.

II. 2. Descripción del ensayo

El trabajo se llevó adelante con material del ensayo realizado en dos localidades, La Plata, Provincia de Buenos Aires y Urdinarrain, Provincia de Entre Ríos, los días 4 y 21 de octubre de 2011 respectivamente. Este ensayo comprendió la siembra de los 6 genotipos mencionados. El diseño experimental fue de bloques al azar con 3 repeticiones. Las siembras se realizaron en seco, en forma manual a razón de 350 semillas/m² en líneas a 0,20 m, en parcelas de 5 m². Los ensayos se condujeron con riego por inundación a partir de los 30 días de la emergencia y se controlaron las malezas con bispiribac sodio. La cosecha y la trilla se realizaron en forma manual, los granos se secaron en estufa a 41° C. Se realizaron observaciones fenológicas.

II. 3. Determinación de la calidad industrial del grano

Se realizaron las siguientes determinaciones de calidad industrial del grano:

- **Peso de mil granos con cáscara:**

Esta determinación generalmente se realiza sobre grano cáscara aunque, en algunas situaciones, resulta importante conocer el peso de mil granos de arroz integral o pulido.

Metodología: Se determina contando 100 granos de cada muestra, pesándolos y llevando el valor a 1000 granos.

- **Rendimiento industrial como porcentaje de grano entero y grano total**

Las bases de comercialización incluyen el rendimiento industrial en grano entero y quebrado como uno de los rubros determinantes. El mismo se determinó sobre 100 gramos de muestra libre de materias extrañas y con menos de 14% de humedad por medio de un molinillo experimental tipo Universal Guidetti y Artioli.

- **Porcentaje de panza blanca y enyesado :**

Estas áreas opacas son indeseables para el molinero; los granos con centro blanco no son deseables, porque contribuyen a su rompimiento durante la molienda. Los granos translúcidos o cristalinos son los más deseados en la industria arrocera.

La panza blanca es una opacidad que se observa:

a - En los arroces glutinosos (aquellos que son completamente opacos debido a la presencia de poros dentro de los gránulos de almidón).

b - En los arroces no glutinosos se debe a la falta de compactación de las partículas de almidón y proteínas en las células.

Las áreas opacas o yesosas se conocen también como panza blanca según su localización en el endospermo.

Metodología: Para medir este parámetro, se colocan 10 gramos de arroz pulido sobre una superficie iluminada (panzómetro) y se separan los granos que tienen el 50% o más de su superficie opaca. Luego se pesan y se refiere a porcentaje.

II. 4. Determinación de la calidad culinaria del grano

- **Temperatura de gelatinización: Prueba de álcali**

Temperatura de gelatinización es aquella a la cual los gránulos de almidón comienzan a absorber agua y se hinchan irreversiblemente en agua con pérdida de birrefringencia y cristalinidad. La temperatura de gelatinización se estimará indirectamente mediante el grado de dispersión y clarificación del arroz pulido o prueba de álcali-test utilizando el método de Little *et al.* (1958). Este ensayo permite establecer el grado de dispersión que sufren los granos de arroz remojados en una solución de OHK al 1,7% durante 23 horas a 30°C. Se realiza la observación visual en una escala que va de 1 a 7 grados.

Metodología: Seis granos enteros de arroz pulido se distribuyen uniformemente en una caja que contiene 12,6 ml de una solución de KOH al 1,7 %, la cual se deja en reposo durante 23 hs en una incubadora a 30°C.

Escala:

La dispersión alcalina se determina con base en una escala que va de 1 a 7:

Grado 1: grano de arroz inalterado.

Grado 2: grano hinchado.

Grado 3: grano hinchado con fisuras leves.

Grado 4: grano un poco agrietado, con un halo blancuzco alrededor.

Grado 5: grano totalmente abierto.

Grado 6: grano casi totalmente desintegrado.

Grado 7: grano totalmente desintegrado.

Estos grados de dispersión corresponden a las siguientes categorías de temperaturas de gelatinización:

Grado de dispersión 1, 2 y 3: temperatura de gelatinización alta, entre 74 y 80 °C.

Grado de dispersión 4 y 5: temperatura de gelatinización intermedia de 69 a 73 °C.

Grado de dispersión 6 y 7: temperatura de gelatinización baja entre 63 y 68 °C.

- **Contenido de amilosa**

El almidón está formado por la amilopectina, que es la porción ramificada y la amilosa que constituye la fracción lineal. El porcentaje de amilosa de los arroces normales varía entre 7 y 34%, disminuyendo a menos del 2% en los arroces glutinosos. Este índice determina la desintegración durante la cocción y el aspecto del arroz cocido: A menor contenido de amilosa, mayor desintegración de los granos cocidos.

Técnica:

Como reactivos se utilizan: Solución de yodo, solución de NaOH 1N, solución de ácido acético 1N y alcohol etílico de 95%.

Tratamiento de las muestras con los reactivos: De cada una de las muestras de harina de arroz previamente preparadas, se pesan 100mg y se depositan en vasos de precipitado de 200ml. Luego, utilizando una bureta se agrega 1ml de alcohol etílico al 96% y se agita el balón para disolver la harina. Se agregan después 9ml de la solución de NaOH 1N. Se colocan a baño maría durante unos minutos para gelatinizar el almidón; luego se lleva el contenido a balones de 100ml, lavando las paredes con agua destilada, y se completa el volumen. Finalmente los balones se tapan y agitan. Una vez terminada esta parte, el paso siguiente es la formación del complejo almidón-yodo. De cada uno de los balones que contienen las muestras de almidón gelatinizado se toman alícuotas de 5ml con una pipeta volumétrica y se transfieren a otros balones también de 100ml. A cada uno se añade 1ml de ácido acético 1N. Luego se agregan 2ml de solución de yodo-yoduro

de potasio, que forma un complejo de color azul con el almidón. Se completa el volumen del balón con agua destilada y se enrasa; se tapa el balón, se agita y se deja en reposo durante 30 minutos. El último paso consiste en leer los valores de absorbancia de las muestras mediante un espectrofotómetro y calcular su contenido de amilosa, que se obtiene multiplicando el valor de la absorbancia de cada muestra por el factor de conversión que se obtuvo al elaborar la curva patrón.

Lectura e interpretación de los resultados: Los rangos para calificar el contenido de amilosa son los siguientes:

- Alto contenido de amilosa, entre 28 y 32%
- Contenido intermedio de amilosa, entre 23 y 25 %
- Bajo contenido de amilosa, entre 8 y 20 %

En el laboratorio se desarrolló la técnica en base al método propuesto por Williams *et al.*, 1958 (modificado por Juliano, 1974), en el cual se comparan los valores de transmisión de luz obtenidos de muestras analizadas con los valores que se hallan en una curva patrón de amilosa.

II. 5. Análisis estadístico de los resultados

En una primera instancia, con los valores obtenidos se realizó un Análisis de la Varianza (ANOVA) multifactor utilizando como fuentes de variación las localidades y los genotipos. En aquellos parámetros donde se observó interacción localidad por genotipo, se procedió a realizar un análisis de una vía, para cada parámetro de calidad y cada localidad. Las medias se compararon por el test de Tukey ($p < 0,05$). Se empleó el programa estadístico Statgraphics plus 4.1.

II. 6. Registros climáticos, meteorológicos y análisis de suelo.

Registros climáticos históricos

Para la localidad de La Plata, se utilizaron los datos suministrados por la Sección Agrometeorología de la Estación Experimental “Julio Hirschhorn” de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de La Plata. Para la localidad de Urdinarrain se utilizaron los registros de una serie de años 1966-2011 pertenecientes a la localidad de Concepción del Uruguay, distante menos de 65,3 km en línea recta de la localidad de Urdinarrain y sin accidentes orográficos marcados que produzcan grandes modificaciones en el clima. Los mismos fueron suministrados por la Dirección de Climatología del INTA Concepción del Uruguay (Entre Ríos).

Registros meteorológicos correspondientes a la campaña 2011-2012

Se registraron las temperaturas medias mensuales y las precipitaciones, para la campaña correspondiente al ensayo (2011-2012). Se utilizaron los datos meteorológicos de temperaturas diarias en abrigo meteorológico y precipitaciones suministrados por la Sección Agrometeorología de la Estación Experimental “Julio Hirschhorn” de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de La Plata y la Dirección de Hidráulica de la Municipalidad de Urdinarrain (Entre Ríos). Durante el período de llenado de grano, para cada uno de los genotipos y en cada localidad, se determinaron los siguientes índices agrometeorológicos: Grados día (GD) por el método residual considerando 10°C como temperatura base (Brown, 1969) y precipitación acumulada (PA).

Con respecto al análisis de suelo, éste se realizó previo a la siembra, se solicitó un estudio de suelo a la cátedra de Edafología de la UNLP, del lugar donde se llevó a cabo el ensayo.

Capítulo III

RESULTADOS

III. 1. Caracterización del ambiente de las localidades de La Plata y Urdinarrain

Localización Geográfica de las localidades

Las coordenadas geográficas de La Plata son 34° 56' Latitud Sur, 57° 57' Longitud Oeste a 26 msnm. Se encuentra en la provincia de Buenos Aires y es considerada una zona subóptima desde el punto de vista de la oferta ambiental para el cultivo del arroz. Urdinarrain, en cambio, se encuentra en la zona productora de arroz, a 32° 41' de latitud S y 58° 53' de longitud O y a 54 msnm. en la provincia de Entre Ríos (Figura 1).

(Fig. 1, aquí)

Caracterización de los Suelos de las localidades en estudio y su aptitud para el cultivo de arroz

Gran parte de los suelos involucrados en el cultivo de arroz en la provincia de Entre Ríos, corresponde al Orden Vertisol (Peludertes argiacuolicos y argiudolicos) y en menor medida a Alfisoles o Molisoles con características vérticas, denominados genéricamente vertisólicos integrados. Son suelos de textura fina, con un contenido de arcilla del 40-50%, sobre todo del tipo de las esmectitas (montmorillonita). Generalmente tienen textura franco arcillo-limosa en los horizontes superficiales y arcillo-limosa en los subsuperficiales. Las características más importantes de los suelos Vertisoles son su color oscuro uniforme, elevado contenido de arcilla, formación de grietas profundas y anchas en la fase

seca y sistemas de espejos de fricción (slickensides) intersectados. Se han identificado otros tipos de suelos que son apropiados para la producción de arroz, los cuales poseen características vérticas y corresponden a los Ordenes Alfisoles o Molisoles. La característica en común es su alto contenido de arcillas, fundamentalmente de naturaleza esmectítica, lo que les imprime condiciones favorables para evitar la pérdida de agua por drenaje profundo y por consiguiente los hace apropiados para el cultivo de arroz bajo riego, tal como se realiza en la provincia de Entre Ríos (Quintero, 2009).

En cuanto a la región de La Plata, los suelos del área se han diferenciado en primera instancia según sus materiales originarios. Se han distinguido así dos ambientes contrastantes: el área continental con suelos desarrollados a partir de sedimentos loésicos eólicos y fluviales, que abarca la mayor parte del partido, y el área de la planicie costera con sedimentos aportados por ingresiones marinas. Los suelos con mejor drenaje pertenecen principalmente a los órdenes Molisol y Vertisol. Se caracterizan por sus perfiles de fuerte desarrollo, con horizontes A oscuros, generalmente espesos y bien provistos de materia orgánica, a los que subyacen horizontes B con marcados rasgos de iluviación de arcilla, acompañados, especialmente en los Vertisoles, por evidencias de expansión y contracción de los materiales. Son suelos con elevada capacidad de intercambio catiónico aportada por la materia orgánica y la arcilla. Desde el punto de vista físico los altos tenores de la fracción fina le confieren moderada a baja permeabilidad y elevada plasticidad, particularmente en el sector iluvial del perfil (horizontes B). En general estos suelos serían aptos para el cultivo de arroz por ser suelos con baja capacidad de drenaje y por poseer altos contenidos de arcilla, aunque en menor cantidad que para Entre Ríos.

a. Caracterización de las localidades utilizando los valores históricos

Caracterización climática de la provincia de Entre Ríos

La provincia de Entre Ríos presenta un clima templado y húmedo característico de las regiones de llanura. Su posición geográfica intermedia entre el ecuador y el polo hace que las temperaturas promedio se ubiquen en el rango de templadas, entre 17° y 20° C. Posee un régimen regular de precipitaciones durante el año, registrándose en promedio de 1000 a 1300 mm anuales. En invierno se suelen suceder fuertes heladas y temperaturas bajo cero. En verano se pueden registrar temperaturas del orden de los 34 a 38 °C. Las condiciones de regularidad de las precipitaciones y la gran cantidad de ríos y arroyos que rodean la provincia brindan su cuota de humedad al suelo y el aire. Los valores de humedad atmosférica son elevados de entre 73 a 75% (Quintero, 2009).

Caracterización climática del partido de La Plata

El clima en general es templado húmedo. La temperatura media anual es de 16,3 °C, con enero como el mes más cálido (22,8 °C) y julio como el más frío con 9,9 °C. Las temperaturas absolutas han sido 43 °C y -5 °C. Las precipitaciones se ubican entre los 1000 a 1200 mm anuales, siendo su distribución más o menos constante a lo largo del año, registrándose los valores mínimos durante los meses invernales. La humedad relativa media anual es de 77 %, variando entre 85 % (junio) y 70 % (enero) (Hurtado *et al.*, 2006).

A continuación se muestran los registros históricos de temperaturas medias en forma comparativa para ambas localidades (Figura 2). Para la localidad de Urdinarrain, se utilizaron los valores históricos de la localidad más próxima encontrados, en este caso Concepción del Uruguay.

(Fig. 2, aquí)

Como se puede observar en la Figura 2, las temperaturas medias registran diferencias entre localidades, siendo inferiores las temperaturas registradas para la localidad de La Plata. Esto se corresponde con las diferencias señaladas en la caracterización climática para ambas localidades.

(Fig. 3, aquí)

Los valores de temperaturas mínimas son inferiores para la localidad de Concepción del Uruguay como puede observarse en el Figura 3, donde se muestran los valores de ambas variables climáticas para La Plata y Concepción del Uruguay. En el caso de las temperaturas máximas se observa que son superiores en esta última localidad. El valor mínimo de temperatura se ubica en el mes de julio siendo de 6,7°C y 5,9°C para las localidades de La Plata y Concepción del Uruguay, mientras que el máximo se registra en el mes de enero con valores de 28,5°C y 31°C para La Plata y Concepción del Uruguay.

(Fig. 4, aquí)

En el caso de las precipitaciones, Concepción del Uruguay registra valores de precipitaciones medias mensuales superiores a La Plata como puede observarse en el Figura 4, excepto para los meses de julio, agosto y septiembre, donde los valores son levemente superiores en esta última. El resto de los meses del año las diferencias son significativamente superiores para la localidad de Concepción del Uruguay. El valor mínimo para esta localidad se registra en el mes de julio (55,6mm) mientras que el máximo se corresponde con el mes de marzo (137,1mm). Para el caso de La Plata, el mes más seco es junio con 69mm, mientras que el valor máximo, al igual que lo registrado para Concepción del Uruguay, se localiza en el mes de marzo con 121mm.

(Fig. 5, aquí)

La distribución estacional de las precipitaciones en ambas localidades es similar, como se puede observar en la clasificación climática, ambas localidades se ubican dentro de los climas templados sin estación seca, Como se desprende del análisis del Figura 5, si bien la distribución estacional es homogénea para ambos casos, durante el invierno y la primavera, La Plata registra un mayor porcentaje de precipitaciones, mientras que durante el otoño y el verano los porcentajes son mayores para la localidad de Concepción del Uruguay.

Clasificación Climática de las localidades

De acuerdo a las variables climáticas mencionadas para cada una de las localidades podemos establecer la clasificación climática de las mismas de acuerdo a la clasificación de Köppen (1900 y 1936) basada fundamentalmente en las diferentes formaciones o asociaciones que presentan los vegetales como respuesta al clima. De acuerdo a esto estableció cinco grupos fundamentales de clima. Cuatro grupos están definidos según la temperatura media mensual (Grupos A, C, D y E) y solo uno de acuerdo a la relación entre la evaporación y la precipitación (Grupo B). Dentro de esta clasificación existen subdivisiones en tipos climáticos indicados con letras minúsculas que establecen la estacionalidad de las precipitaciones.

f: sin estación seca.

s: la estación seca es el verano.

w: la estación seca es el invierno.

Se introdujo una tercera letra para incorporar más variaciones en la temperatura u otros elementos atmosféricos.

Por todo esto es posible clasificar a ambas localidades dentro del tipo climático Cfa, climas templados lluviosos con invierno suave, sin estación seca y veranos calurosos siendo la temperatura del mes más cálido mayor a 22°C.

b. Condiciones de clima y suelo correspondiente a los ensayos – Campaña 2011-2012.

El suelo: En la siguiente tabla se muestran los valores del análisis de suelo en que se implantaron los ensayos.

(Tabla 2, aquí)

Los valores arrojados por el análisis de suelo en ambas localidades, son valores típicos de los suelos de la zona donde se realizó el ensayo, los cuales no presentan ningún tipo de impedimento para el normal crecimiento y desarrollo del cultivo. Si bien no son valores excelentes son aptos para la producción de arroz (Tabla 2).

(Tabla 3, aquí)

Según se puede observar en la Tabla 3, las temperaturas medias para el periodo en el cual se desarrolla el cultivo (Octubre 2011 – Abril 2012) no arrojan diferencias significativas entre localidades, confirmando que se encuentran ubicadas dentro de los climas templados, manteniendo temperaturas medias para el ciclo citado entre 15 y 25°C.

En cuanto a las precipitaciones, se observa una mayor acumulación de las mismas para la localidad de Urdinarrain, aproximadamente el doble que en La Plata, registrando esta localidad el máximo valor de lluvia acumulada durante el mes de febrero, siendo de

473,7mm (Tabla 3). Estos resultados coinciden con lo mencionado en el apartado de caracterización climática, donde se observa que Entre Ríos posee registros superiores de temperaturas y precipitaciones para los meses de cultivo (Figuras 2 y 4).

c. Cálculo de Índices agrometeorológicos GD y milímetros de precipitación caídos durante llenado de grano del ciclo del cultivo

Los genotipos panojaron entre el 27 de enero y el 3 de febrero en La Plata y entre el 2 y el 11 de febrero en Urdinarrain.

(Tabla 4, aquí)

Los valores promedio de los índices calculados durante el periodo de llenado de los 6 genotipos resultaron superiores en la localidad de Urdinarrain (Tabla 4). En términos generales, es normal que los cultivares posean una mayor acumulación calórica en esta localidad. Esto determinaría un comportamiento diferencial de los cultivares en la duración del periodo de llenado de grano. Ha sido un año inusual con respecto a las abundantes precipitaciones. Según se puede observar en la Tabla 4, tanto para el índice Grados día como precipitación acumulada, la variedad Yerua fue la que arrojó el valor máximo en la localidad de Urdinarrain, mientras que el valor mínimo lo arrojó la línea R/03 para la localidad de La Plata. La diferencia observada en las precipitaciones acumuladas entre genotipos se debe a la diferencia de fecha de panojamiento. En la localidad de U entre el 4 y el 7 de febrero se registraron 297 mm de lluvias. Las genotipos H362-4, H419-6, H426-31 que panojaron entre los días 10 y 11 de febrero no acumularon estos milímetros caídos durante el periodo de llenado. (Tabla 4).

III.2. Parámetros de calidad industrial

Según se observa en la Tabla 5, los parámetros porcentaje de **grano entero (GE)** y **peso de mil granos (PMG)** no presentaron diferencias significativas entre localidades. Los genotipos R/03 y Yerua presentaron los mayores valores de GE, mientras que la línea H362 arrojó el menor.

En cuanto al resultado de PMG, entre genotipos, se observa que la línea H419 arrojó el mayor valor, siendo la línea H362 la que obtuvo el valor mínimo.

Los valores de **Panza Blanca (PB)**, a diferencia de los parámetros mencionados anteriormente, presentaron diferencias entre localidades, resultando en Urdinarrain un 73.5% mayores. En cuanto a los resultados entre genotipos, con excepción de H419, las líneas presentaron menores valores que Yerua.

(Tabla 6, aquí)

El porcentaje de **grano total** presentó diferencias entre los genotipos para las dos localidades estudiadas (Tabla 6). El 87% presentó valores equivalentes en ambas localidades; mientras R/03 arrojó el mayor valor en Urdinarrain. En LP, Yerua presentó mayor porcentaje de GT que R/3.

III.3. Parámetros de calidad culinaria

(Tabla 7, aquí)

En la tabla 7, vemos que los valores de álcali-test muestran que entre localidades existen diferencias, siendo en U un 12 % menores, o sea menor temperatura de gelatinización en esta localidad. En cuanto al mismo parámetro evaluado entre genotipos se observó que los genotipos Yerua y H362 mostraron los mayores resultados quedando las demás líneas valores con inferiores.

(Tabla 8, aquí)

En cuanto al contenido de amilosa, las variedades Yerua, H426-25 y H362 dieron los máximos valores para ambas localidades, cabe destacar que los valores para la localidad LP fueron todos superiores (Tabla 8). Si se analiza cada una de las localidades, para LP la línea H362 arrojó el máximo resultado, mientras que R/03 tuvo el mínimo para dicha localidad. En el caso de Urdinarrain los máximos valores fueron dados por las líneas H362 y H426-31.

Capítulo IV

DISCUSIÓN

IV. 1. Calidad industrial

Los valores de porcentaje de **grano entero** no presentaron diferencias entre ambas localidades (Tabla 5). Si bien en U las precipitaciones acumuladas durante el período de llenado de grano fueron mayores, con promedios de 513,2 mm y 336,7 mm en las localidades de U y LP para los 6 genotipos estudiados (Tabla 4), éstas no parecen haber influido sobre el rendimiento en grano entero, probablemente debido a que las precipitaciones muestran una distribución homogénea.

Los genotipos presentaron diferencias en el rendimiento en grano entero (Tabla 5). Esto puede explicarse si se considera que la mayor o menor susceptibilidad del grano a fracturarse depende además de los factores ambientales, de otros factores como el genotipo y la biometría del grano que interactúan entre sí (Bhashyam *et al.*, 1985). En esta oportunidad, Yerua y R/03 presentaron los mayores valores de GE en ambas localidades, mientras H362 el menor valor.

El porcentaje de **grano total** presentó diferencias entre los genotipos para las dos localidades estudiadas (Tabla 6). El 87% presentó valores equivalentes en ambas localidades; R/03 mostró un menor valor en LP, posiblemente, debido a que fue uno de los últimos en panojar con lo cual la madurez se acerca al otoño, momento en que las temperaturas resultan templadas en esta localidad con promedios mensuales de 19,5 y 15,5°C para los meses de marzo y abril (Tabla 6). Esto también se corresponde con los GD donde puede observarse una menor acumulación de temperaturas para este genotipo (Tabla 4). El resto de las líneas se comportaron en forma equivalente al testigo (Yerua) en

LP. Mientras en U, la línea R/03 presentó el mayor valor y H419 y H426-31 los menores (Tabla 6).

El valor de **peso de mil granos** no presentó interacción significativa localidad por genotipo (Tabla 5). Esto coincide con Martínez y Cuevas (1989) quienes sostienen que el tamaño del grano es altamente heredable en la mayoría de los ambientes. La tendencia a presentar un mayor tamaño de grano observada este año también se ha registrado en experiencias anteriores (Vidal, *et al.*, 2012) debido a las condiciones de temperatura más propensas para el llenado de grano. En esta oportunidad también resultó mayor, aunque esta diferencia no alcanzó a ser significativa. Los valores de las líneas variaron entre 37,7 y 33,3 g, siendo el peso de Yerua de 35,2 g. La línea H419 superó al testigo, mientras H362 arrojó el menor valor promedio en ambas localidades (Tabla 5).

Los valores de **panza blanca** presentaron diferencias entre localidades (Tabla 5). En U los valores son mayores para la totalidad de los genotipos. Como se puede observar en la tabla 3, las temperaturas mínimas en U fueron más elevadas, en especial en los meses de enero a marzo. Según Cooper *et al.* (2008) es destacable la importancia que tienen las temperaturas nocturnas sobre la calidad del grano. Temperaturas mínimas elevadas producen una disminución del peso de las panojas y un aumento en el número de granos panza blanca (Yhosida y Hara, 1977). Las temperaturas nocturnas frescas retardan el período de llenado del grano, y por lo tanto mejoran la transparencia del mismo. Las temperaturas nocturnas de los meses de febrero y marzo fueron menores en LP (17,9 y 14,4°C en LP y 18,7 y 15,8°C en U). En este caso, también las elevadas precipitaciones pueden haber influido al reducir la radiación solar incidente por generar una alta nubosidad en detrimento de la transparencia del grano. En cuanto a los resultados entre genotipos, la totalidad de las líneas presentó menores valores que el testigo Yerua, representando una visible mejora en la calidad.

IV 2. Calidad culinaria

Los valores de **álcali** resultaron menores en la localidad de U, en un 12% según se puede concluir analizando la Tabla 7, esto representa un aumento de la **temperatura de gelatinización** del almidón coincidiendo con la bibliografía consultada (Huang, 2013; Yoshida and Hara, 1977; Jennings *et al.*, 1981; Lisle *et al.*, 2000; Zhong *et al.*, 2005). Temperaturas del aire altas después de floración producen un aumento en la temperatura de gelatinización disminuyendo la calidad del grano, mientras que temperaturas bajas la reducen. Observando la Tabla 3, las temperaturas máximas resultaron más elevadas en U, siendo de 26,9° y 35,6°C para los meses de enero a abril en LP y U respectivamente.

Las diferencias entre genotipos responden a características genéticas. Yerua y H362 resultaron los de menor temperatura de gelatinización (mayor valor de test de álcali) diferenciándose del resto.

Los valores de **contenido de amilosa** presentaron interacción significativa localidad por genotipo (Tabla 8). El 50% de los genotipos arrojó un valor equivalente de contenido de amilosa en ambas localidades. Solo el comportamiento del genotipo H362 y el testigo, Yerua (aunque en forma no significativa) coinciden con Asaoka *et al.*, (1985) e Inouchi *et al.*, (2000) quienes encontraron que cultivares creciendo a bajas temperaturas (25°C) poseen contenidos de amilosa significativamente más altos que aquellos cultivares que crecen a mayores temperaturas (30°C).

Los genotipos de tipo largo ancho presentan en general valores de amilosa menores a los de tipo largo fino por lo que resultan más pegajosos una vez cocidos. La diferencia entre cultivares es mayormente genética, el de mayor contenido en ambas localidades fue H362 y el de menor R/03.

Capítulo V

CONCLUSIONES

El porcentaje de grano de entero resulto una variable estable en las diferentes condiciones y relacionado a los genotipos.

La influencia del ambiente con respecto al porcentaje de grano total depende de los genotipos.

Se confirma la importancia de la selección en el logro de transparencia del grano.

Es necesario considerar cambios en la temperatura de gelatinización en el manejo de producciones provenientes de distintos orígenes.

Las modificaciones en el contenido de amilosa deben ser más estudiadas sobre todo H362 considerando las diferencias de temperaturas.

Observando los parámetros de calidad, las líneas desarrolladas por el Programa pueden convertirse en una alternativa superadora a Yerua, variedad de tipo largo ancho cultivada en la actualidad, especialmente considerando el beneficio adicional de su bajo porte.

Capítulo VI

Bibliografía

- Aboubacar, A.; Moldenhauer, K.; McClung, A.; Beighley, D.; Hamaker, B. 2006. Effect of Growth Location in the United States on Amylose Content, Amylopectin Fine Structure, and Thermal Properties of Starches of Long Grain Rice Cultivars.
- Acpa, 2015. Asociación Correntina de Plantadores de Arroz http://www.acpaarrozcorrientes.org.ar/Paginas/El_arroz_estadisticas.html Fecha de consulta: 12/1/2015.
- Arguissain, G. G. 2006. Ecofisiología del Cultivo de Arroz. *En: El Arroz, su cultivo y sustentabilidad en Entre Ríos. In: Benavidez, R. (Director de Obra). Tomo I. Universidad Nacional del Litoral y Universidad Nacional de Entre Ríos; Ed. UNER, UNL. Entre Ríos. R.A., pp 75 – 89.*
- Asaoka, M., Okuno, K., and Fuwa, H. 1985. Effect of environmental temperature at the milky stage on amylose content and fine structure of amylopectin of waxy and nonwaxy endosperm starches of rice (*Oryza sativa* L.). *Agricultural Biology Chemistry*, vol. 49, pp. 373-379.
- Barkert, R., Herat. R. W. and Rose, B. 1985. Asian rice farming systems. *En: The rice economy of Asia. Barker, R., Herat. R.W (eds). Ed. Resource for the future. Washington. U.S. pp 14 – 35.*
- Bergman, C.; Chen, M. H.; Delgado, J. Gipson, N. 2009. Rice quality program. USDA – ARS – Rice Research Unit Rice quality program, pp 21 – 24.
- Berrio, L. E, Cuevas- Perez, F. E. 1989. Cultivar differences in milling yields under delayed harvesting of rice. *Crop Sci.* 29: 1510-1512.
- Bhashyman, M. K.; Srinivas, T.; Khan, T. A.1985. Evaluation of grain chalkiness in rice. *Rice Journal v.88 (7) 5, p.13-16.*
- Blengino, C. 2014. Arroz, Informe de Coyuntura N°2, Julio. Área de Sectores Alimentarios. Dirección de Agroalimentos. Ministerio de Agricultura, Ganadería y pesca de la Nación.
- Bolsa de Cereales de Entre Ríos. 2014. Informe producción arroz - Campaña 2013/14 <http://bolsacer.org.ar/Fuentes/siberd.php?Id=648>. Fecha consulta: 13/8/2015

- Brown, D. M. 1969. Heat unit for corn in souther Otario. Departament of Agricultural and Food, Otario, Canada.
- Chandler, R. F. 1984. La planta de arroz moderna y la nueva tecnología: mayores potenciales para la producción de arroz en los trópicos. En: Arroz en los trópicos, guía para el desarrollo de programas nacionales. Chandler, R.F. Instituto Interamericano de cooperación para la agricultura. Serie de Investigación y Desarrollo nº 12. San José. C.R. pp 7 – 18.
- Cooper, N. T. W.; Siebenmorgen T. J.; Counce, P. A. 2008. Effects of nighttime temperature during kernel development on rice physicochemical properties. *Cereal Chemistry*, 85:276-285.
- early-season rice quality. *Field Crops Research*.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2002. Agricultura mundial: hacia los años 2015/2030. Disponible en: <http://www.fao.org/DOCREP/004/Y3557S/y3557s08.htm#TopOfPage>. Fecha de consulta: (20/10/2014).
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2004. <http://www.fao.org/docrep/006/y2778s/y2778s04.htm>. Fecha consulta: 13/8/2015
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2013. Seguimiento del Mercado de Arroz. <http://www.fao.org/economic/est/publicaciones/publicaciones-sobre-el-arroz/seguimiento-del-mercado-del-arroz-sma/es/>. Fecha consulta: 20/10/2014
- Gomez, K. A. 1979 Effect of environment on protein and amylose conet of rice. *In: Workshop on Chemicals Aspects of Rice grain quality. IRRI Procceding*, p.59-68. <http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/27046/Analisis+ambiental+del+partido+de+La+Plata-2.pdf?sequence=4>. Fecha consulta: 13/8/2015.
- Huang, M. 2013. On-farm assessment of effect of low temperature at seedling stage on
- Hurtado *et al.* , 2006. Análisis ambiental del partido de La Plata. Aportes al ordenamiento territorial. Instituto de Geomorfología de suelos. Centro de Investigaciones de suelos y aguas de uso agropecuario (CISAUA). Convenio ministerio de Asuntos Agrarios de la Pcia. de Buenos Aires y la Facultad de Ciencias Naturales y Museo (UNLP). 134p.
- Ideas. 2007. La Producción y el comercio internacional de arroz. Observatorio de Corporaciones Transnacionales, Boletín nº 16. Córdoba, España enero, 2007. Ed. Ideas Iniciativa de Economía alternativa y solidaria, 56pp.

- Inouchi, N., Ando, H., Asaoka, M., Okuno, K., and Fuwa, H. 2000. The effect of environmental temperature on distribution of unit chains of rice amylopectin. *Starch*, vol. 52, pp. 8-12.
- International Rice Research Institute (IRRI). 2013. World Rice Statistics Online Query Facility. http://irri.org/index.php?option=com_k2&view=itemlist&layout=category&task=category&id=744&Itemid=100346&lang=en. Fecha de consulta: 12/06/2015.
- Jennings, P. R.; Coffman, W. R.; Kauffman, H. E. 1981. Mejoramiento de arroz. CIAT. Centro Internacional de Agricultura Tropical, 233p.
- Jodari, F. y Lisconbe, S. D. 1996 Grain Fissuring and milling yields of rice cultivars as influenced by environmental conditions. *Crop Science*, vol 36, p: 1496-1502.
- Kocher, M. F.; Siebenmorgen, T. J.; Norman, R. J. y Wells B. R. 1990. Rice kernel moisture content and size distributions at harvest. *American Society of Agricultural Engineers*, v 33, n 2. p: 541-547.
- Kunze, O.R., 1986. Effect of variety and environmental factors on milling qualities of rice. International rice Research Institute, Philippines.
- Little, R. R.; Hilder, G.B.; Dawson, E. H. 1958. Differential effect of dilute alkali on 25 varieties of milled white rice. *Cereal Chemistry*, 35:111-126.
- Liu, Q.; Zhou, X.; Yang, L.; Li, T. 2009. Effects of chalkiness on cooking, eating and nutritional qualities of rice in two indica varieties. *Rice Science*, 16(2): 161–164.
- Mackenzie, K. 1994. *Rice Science and Technology*. ed. Board Louisiana: Wayne Marshall cap. Breeding for rice quality, p.83-111.
- Martínez, C. y Cuevas, F. Evaluación de la calidad culinaria y molinera del arroz. 1989. CIAT centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia, 75pp.
- Mendez del Villar, P. 2009. Arroz, tendencias del mercado. Informativo mensual del mercado mundial de arroz. CIRAD. n°. 63.
- Nikuni Z., Hizucuri S., Kumagai K., Hasegawa H., Moriwaki T., Fikui T., Doi K., Nara S. Maeda I., 1969. The effect of temperatura during the maturation periodo n the physco-chemical properties of potato and rice starches. *Memorius of the institute of scientific and industrial research, Osaka University* 26: 1-27.
- Ntanos, D.A.; Phillippou, N.; Hadjisawa-Zinoviadi, S. 1997. Effect of rice harvest time and grain moisture on milling yield and grain breakage. *Agricultural Med.* 127, p.23-28.
- Perez Urtasun (2012). Efecto del tratamiento de altas presiones sobre la calidad de cocción del arroz (*Oryza Sativa* L, cultivar Maratelli) Tesis Doctoral. Universidad Pública de Navarra. España. Pag 10.

- Plan Mapa de Suelos de la Provincia De Entre Ríos. (1984). Suelos y erosión de la provincia de Entre Ríos. Serie Relevamiento de Recursos Naturales N° 1. Tomo 1. Convenio INTA-Gobierno de Entre Ríos. III Edición. 109 p.
- Puignau, J; Mejoramiento de Arroz. Dialogo XXXIII. Reunion sobre mejoramiento de Arroz en el Cono Sur. Goiana GO Brasil 17:21 de Julio 1989.
- Quintero Guastavino, C. E. 2009. Factores Limitantes para el Crecimiento y Productividad del Arroz en Entre Ríos, Argentina, Tesis doctoral, Universidad A Coruña. Instituto Universitario de Geología, 197pp.
- Siebenmorgen, T. Nerhus, Z. 1998. Milling rice breakage due to environmental conditions. Cereal Chemistry, vol. 75 (1): 149-452.
- Vidal, Alfonso A.; Pincirolí, María; Bezus, Rodolfo y Scelzo, Liliana J. 2012. Influencia de la temperatura ambiente sobre el ciclo y la calidad de grano de distintos genotipos de arroz tipo largo fino. XIV Reunión Argentina de Agrometeorología (RADA, 2012), Actas, pag. 137-138
- Vidal, Alfonso A.; Bezus, Rodolfo; Pincirolí, María; Scelzo, Liliana J. 2015. Rendimiento y Calidad de Lineas de Arroz Largo/Fino, especiales y Largo/Ancho del Programa Arroz UNLP, campaña 2014/15. Jornadas Proarroz INTA. Concordia Agosto 2015.
- Williams, V. R.; Wu, W. T.; Tsai, H. R. 1958. Varietal differences in amylose content of rice starch. Journal Agricultural Food Chemistry, 6: 47-48.
- Yoshida S. 1981. Fundamentals of rice crop science. Los Baños (Philippines): International Rice Research Institute; 269 p.
- Yoshida S.; Hara, T. 1977. Effects of air temperature and light on grain filling of an indica and a japonica rice (*O. sativa* L.) under controled environmental conditions. Soil Science Plant Nutrition, 23:93-107.

Apéndice I

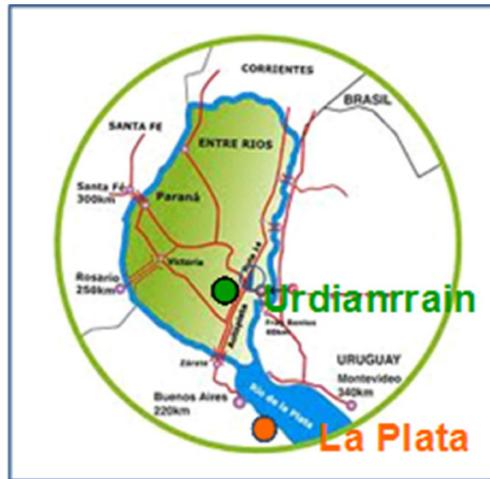
Cuadros, Gráficos, Imágenes y Tablas.

Tabla 1. Temperaturas críticas en las diferentes etapas de desarrollo del arroz

	Temperaturas críticas (°C)		
	Baja	Alta	Óptima
Germinación	10	45	20-35
Emergencia y establecimiento de plántulas	12-13	35	25-30
Elongación de las hojas	7-12	45	31
Macollaje	9-16	33	25-31
Iniciación de la panícula	15		
Diferenciación de la panícula	15-20	38	
Floración	22	35	30-33
Maduración	12-18	30	20-22

Fuente: Yoshida, 1981.

Figura 1. Localización geográfica de las localidades La Plata (Buenos Aires) y Urdinarrain (Entre Ríos).



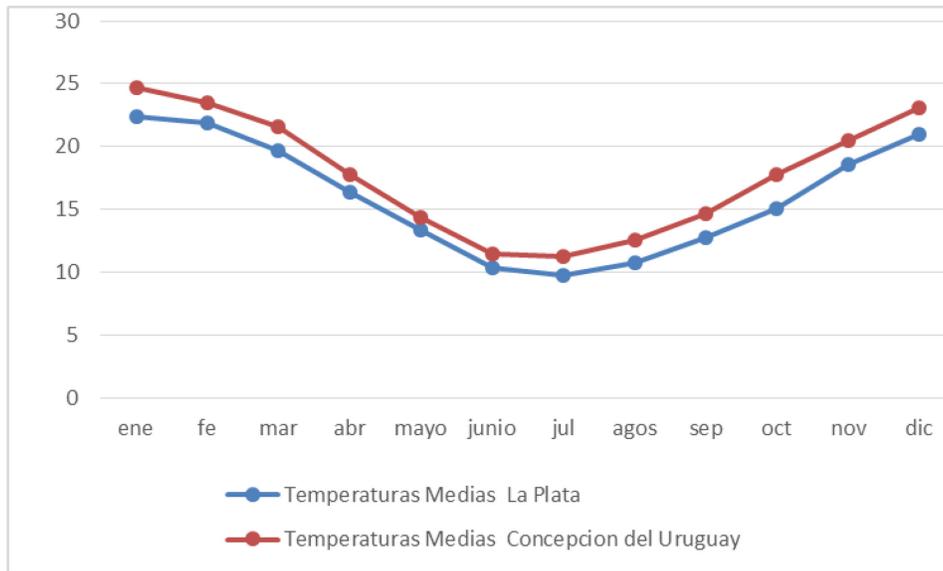


Figura 2. Temperaturas medias para las localidades de La Plata y Concepción del Uruguay.

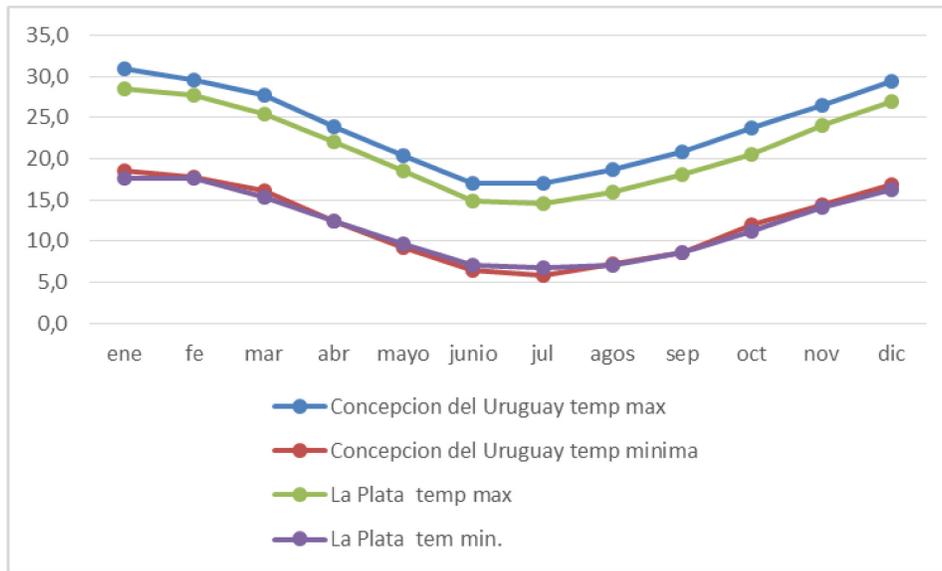


Figura 3. Temperaturas máximas y mínimas históricas para ambas localidades.

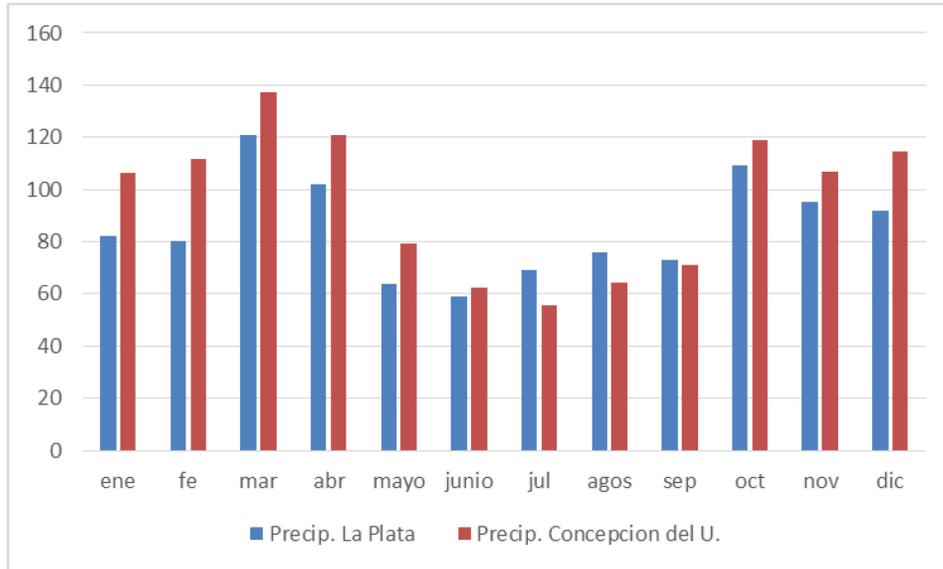


Figura 4. Distribucion anual de las precipitaciones en ambas localidades.

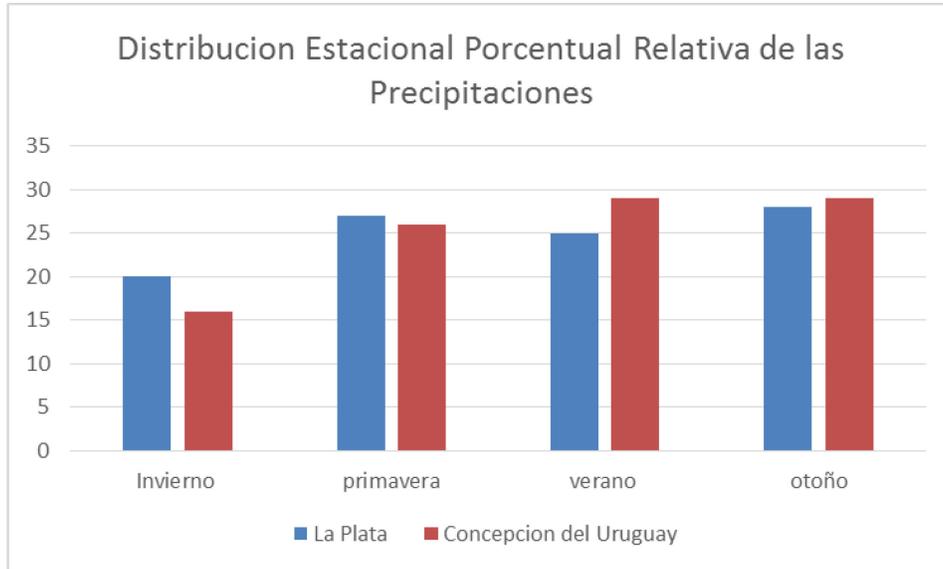


Figura 5. Distribución estacional porcentual relativa de las precipitaciones para ambas localidades.

Tabla 2. Análisis de suelo

	La Plata	Urdinarrain
pH	6,2	6,3
N Total (%)	0,184	0,20
Fósforo (ppm)	18	11
Materia Orgánica (%)	3,70	3,0

Ref. Datos suministrados por la Cátedra de Edafología FCA y F. (pH relación suelo/agua 1:2,5, determinación potenciométrica; Carbono fácilmente oxidable, método Walkey-Black; Materia orgánica= $1,724 \times C$ (%); Fósforo: método Bray Kurtz N°1; Nitrógeno total: digestión húmeda, evaluación por método Micro-kjeldahl).

Tabla 3. Temperaturas medias y valores de precipitación durante el ciclo del cultivo para ambas localidades

		Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Prom./ suma
Temp. Media(°C)	LP	15,2	20,3	20,4	25,5	24,7	19,5	15,5	20,2
	U	16,6	22,2	22,8	25,7	23,8	21	17,5	21,4
Temp. Mínima(°C)	LP	9,9	14,6	14,6	17,9	18,0	14,5	9,7	14,2
	U	11,5	15,4	15,6	18,3	18,7	15,8	11,7	15,3
Temp. Máxima(°C)	LP	20,7	26,2	26,4	31,4	29,4	25,2	21,6	25,8
	U	22,2	28,7	29,6	33,1	29,6	27,1	23,9	27,7
Precipitaciones (mm)	LP	60,4	81,8	58,6	32,3	187,4	49,4	52,4	522
	U	153,7	93,7	51,8	104,9	473,7	210,3	19,8	1108

Ref. LP: La Plata, U: Urdinarrain.

Tabla 4. Valores de los índices agrometeorológicos considerados para los 6 genotipos en ambas localidades

	Grados Día		Precipitación	
	LP	U	LP	U
Yerua	868,5	924,1	380,5	687,9
H362-4	868,5	809,9	380,5	390,3
H419-6	772,2	799,2	280,4	390,3
H426-31	868,5	809,9	380,5	390,3
H426-25	838,5	848,7	342,7	610,3
R/03	756,9	848,7	255,4	610,3
Promedio	828,9	840,1	336,7	513,2

Ref. LP: La Plata, U: Urdinarrain

Tabla 5. Valores medios para los parámetros grano entero, peso de mil granos y pansa blanca para los 6 genotipos y las 2 localidades bajo estudio

	GE (%)	PMG(g)	PB (%)
Localidades			
La Plata	57,0 a	34,7 a	1,3 b
Urdinarrain	57,7 a	35,1 a	4,9 a
Genotipos			
Yerua	62,8 a	35,2 b	4,9 a
H362	50,9 c	33,3 c	2,6 abc
H419	55,0 bc	37,7 a	4,4 ab
H426-31	55,3 bc	33,4 c	2,1 bc
H426-25	58,2 ab	34,6 bc	2,8 abc
R/03	61,8 a	35,2 b	1,7 c

Letras diferentes en las columnas expresan diferencias significativas entre genotipos (Tukey, $p < 0,05$).

Ref.: **GE**: Porcentaje de grano entero, **PMG**: Peso de mil granos; **PB**: Porcentaje de pansa blanca.

Tabla 6. Valores medios para los resultados del parámetro grano total (GT) para los 6 genotipos bajo estudio.

Genotipos	GT (%)	
	LP	U
Yerua	71,3 A a	70,0 A ab
H362	68,0 A ab	69,8 A ab
H419	69,1 A ab	67,1 A b
H426-31	68,0 A ab	68,1 A b
H426-25	67,8 A ab	70,6 A ab
R/03	65,8 B b	71,6 A a

Letras minúsculas en las columnas y mayúsculas entre filas expresan diferencias significativas (Tukey, $p < 0,05$).

Tabla 7. Resultados de álcali para los 6 genotipos y las 2 localidades bajo estudio.

	Test de Álcali
Localidades	
La Plata	4,05 a
Urdinarrain	3,57 b
Genotipos	
Yerua	5,37 a
H362	5,13 a
H419	3,12 b
H426-31	3,20 b
H426-25	2,73 b
R/03	3,31 b

Letras diferentes en las columnas expresan diferencias significativas entre genotipos (Tukey, $p < 0,05$).

Tabla 8. Porcentaje de amilosa para los 6 genotipos bajo estudio en las 2 localidades.

Genotipos	Amilosa	
	LP	U
Yerua	17,0 A b	15,25 A c
H362	24,0 A a	18,4 B a
H419	14,5 B d	17,75 A ab
H426-31	16,0 B bc	19,0 A a
H426-25	16,75 A b	17,25 A ab
R/03	15,0 A cd	16,0 A bc

Letras minúsculas en las columnas y mayúsculas entre filas expresan diferencias significativas (Tukey, $p < 0,05$).

Actividades optativas realizadas vinculadas con el trabajo final

Pasantía: Evaluación de las técnicas de laboratorio para el análisis de la calidad del grano de arroz. Año de realización: 2014

Presentación del trabajo completo: “Ambiente y calidad de grano en genotipos de arroz (*Oryza sativa* L.) tipo comercial largo ancho” en las jornadas de Jóvenes Investigadores, La Plata, 25, 26 y 27 de agosto de 2015. Autor: Lucrecia Puig

Beca de experiencia laboral: “Evaluación de los requerimientos climáticos y la calidad de grano de distintos genotipos de arroz en situaciones de diferente oferta ambiental”. Inicio: septiembre 2015 y sigue. Director: Pincirolí, María.