

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE



Trabajo final de graduacion - Modalidad pasantía

ENTRENAMIENTO EN CARACTERIZACIÓN DE VARIEDADES
DE ARROZ Y EVALUACIÓN DE TRATAMIENTOS PARA
MEJORAR CALIDAD DE SEMILLA

Pasante:

Srta. Ana Lucía Karlen

Director:

Ing. Agr. Ma. Laura Fontana

INTRODUCCIÓN

El arroz (*Oryza sativa* L.) es el cultivo alimenticio más importante del mundo. Se cosechan más de 163 millones de hectáreas en más de 100 países (FAO, 2017) resultando el cereal base de la alimentación del 60% de los habitantes del planeta (FAO, 2007; 2014).

En Argentina alrededor de 10 cultivares, en su gran mayoría de arroz largo fino, completan la totalidad de la superficie implantada. En este sentido se considera que la elección de la variedad resulta crítica ya que condiciona tanto el rinde y la calidad del grano como otras decisiones de manejo del cultivo (densidad, protección contra enfermedades, fecha de siembra, etc.).

Particularmente IRGA 424 es la variedad que ocupa el 29% de la superficie sembrada en el país y casi el 50% en la provincia de Corrientes (ACPA y Bolsa de cereales de Entre Ríos, 2017); se trata de un cultivar de origen brasileño de excelente potencial de rendimiento, pero con importantes problemas de calidad. Por otra parte, la variedad Tranquilo FL-INTA es un material desarrollado para el cono Sur de América Latina que, si bien presenta excelente calidad industrial, mostró baja adopción a consecuencia de su bajo vigor inicial y la falta de prácticas de manejo adecuadas.

La descripción del germoplasma vegetal (caracterización) considera desde las particularidades morfológicas, fisiológicas o agronómicas hasta cuestiones genéticas detectables con marcadores moleculares (FAO, 2014). En el registro nacional de cultivares del INASE cada variedad inscripta posee un descriptor donde están consignados algunos parámetros, no obstante, varios de ellos pueden experimentar cambios en función de la fecha de siembra.

Por otra parte, el bajo vigor inicial que afecta el establecimiento inicial de la variedad Tranquilo FL INTA constituye un aspecto importante a mejorar valiéndose de todas las herramientas posibles, inclusive aquellas incluidas en el ámbito de la tecnología de semillas. Precisamente las técnicas de vigorización de semillas son tratamientos de valor agregado aplicados a simientes para mejorar su desempeño en el campo. Este término se considera sinónimo de priming o avance fisiológico e implica tratamientos postcosecha para mejorar la germinación y el crecimiento de las plántulas (Taylor et al., 1998).

Contemplando lo anteriormente expuesto puede mencionarse que la caracterización de los materiales existentes resulta de interés pues genera información importante sobre su comportamiento en diferentes ambientes (localización geográfica y/o fecha de siembra) así como también resalta la

necesidad de evaluar tratamientos que pudieran incorporarse a las prácticas habituales de manejo para mejorar su performance en condiciones de campo.

Lugar de realización

Las tareas se llevaron a cabo en la INTA EEA Corrientes localizada en Ruta Nacional 12 Km. 1008, El Sombrero - Corrientes.

OBJETIVO GENERAL

Adquirir experiencia práctica en la caracterización de las variedades de arroz IRGA 424 y Tranquilo FL INTA en ensayos a campo y experimentar tratamientos de semilla que mejoren la calidad de las mismas.

DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS

Sobre 2 variedades: IRGA 424 y Tranquilo se realizaron seguimientos fenológicos a campo en dos fechas de siembra distintas y determinaciones sobre semillas en gabinete.

La ejecución de las actividades se llevó a cabo a lo largo de 6 meses desde octubre de 2017 hasta abril de 2018.

Registros realizados sobre parcelas a campo en dos fechas de siembra

Procedimiento:

Se trabajó en los ensayos "Frío 1" y "Frío 2" que difieren entre sí por la fecha de siembra. En cada uno de ellos se realizó el seguimiento fenológico y la determinación de variables de rendimiento en las variedades Tranquilo FL INTA e IRGA 424.

El diseño experimental de ambos ensayos fue en bloques completos al azar (DBCA), con tres (3) repeticiones para cada variedad estudiada. Cada unidad experimental consistió en una parcela de 3,6 m² de superficie lograda mediante la siembra de 6 surcos de 3 m de largo espaciados 20 cm entre sí a una densidad de 90 Kg de semilla/ha. Para tal fin se empleó una sembradora experimental marca Semina de 9 surcos (figura 1).



Fig. 1. Sembradora Semina. Fecha: 5 de octubre de 2017.

En la tabla 1 se detallan las fechas de siembra y la descripción de las prácticas de manejo de cada ensayo.

Al iniciar el ensayo, se marcó 1 metro lineal al azar dentro de cada parcela de los distintos tratamientos (figura 2 a, b y c). Sobre las mismas se realizó el seguimiento fenológico durante el ciclo del cultivo y una vez finalizado el mismo y concluida la cosecha, se procedió a analizar los componentes del rendimiento.

Práctica –Descripción	Frío 1	Frío 2
Siembra: 90 kg/ha. Sembradora experimental marca Semina.	24/08/17	5/10/17
Control de malezas: Herbadox 4 L/ha + Glifosato 4 L/ha Facet 2 L/ha + Propanil 6 L/ha + Basagran 1,5 L/ha	31/08/17 ---	10/10/17 07/11/17
Fertilización: Base: 200 Kg/ha mezcla física 4:18:40 Urea pre riego: 150 kg/ha al voleo Urea pre-reinundación: 50 kg/ha al voleo	31/08/17 04/10/17 30/10/17	13/10/17 13/11/17 12/12/17
Riego: Inicio Desecamiento (prevención vaneo fisiológico) Reinundación	05/10/17 25/10/17 30/10/17	13/11/17 04/12/17 12/12/17

Tabla 1. Fechas de siembra y prácticas de manejo realizadas en los ensayos "Frío 1" y "Frío 2".

1. Seguimiento fenológico.

Para el seguimiento fenológico se utilizó la escala extendida BBCH (Hack et al., 1992); la misma considera 10 estadíos principales y 10 subdivisiones cada uno. Para determinar el estadío de crecimiento dentro de cada parcela se realizó un promedio de 3 plantas tomadas al azar.

En la tabla 2 se presentan los estadíos principales de crecimiento de la escala utilizada junto a la descripción correspondiente.

Estadíos principales de crecimiento	
Estadio	Descripción
0	Germinación, brotación, desarrollo de la yema
1	Desarrollo de las hojas (brote o tallo principal)
2	Formación de brotes laterales / macollamiento (ahijamiento)
3	Crecimiento longitudinal del tallo o crecimiento en roseta, desarrollo de brotes (retoños)/ encañado (tallo principal)
4	Desarrollo de las partes vegetativas cosechables de la planta o de órganos vegetativos de propagación / embuchamiento
5	Emergencia de la inflorescencia (tallo principal) / espigamiento
6	Floración (tallo principal)
7	Desarrollo del fruto
8	Coloración o maduración de frutos y semillas
9	Senescencia, comienzo de la dormancia

Tabla 2. Estadíos principales de crecimiento según la escala BBCH. (Hack et al., 1992).

2. Componentes del rendimiento.

Para la determinación de los componentes de rendimiento se utilizaron las plantas cosechadas del metro lineal marcado al inicio del ensayo y se analizaron los siguientes parámetros:

I. Stand de plantas.

26 días después de la emergencia se contabilizaron las plantas de 1 metro lineal dentro de cada parcela.

II. N° de macollos/metro.

Se contabilizaron los tallos de 1 metro lineal para cada variedad distinguiendo entre ellos aquellos que dieron panojas fértiles de aquellos que no, nombrándose "reproductivos" y "no reproductivos" respectivamente.

III. N° de panojas/metro.

El número de panojas en 1 metro se corresponde con el número de tallos reproductivos en 1 metro.

IV. N° de granos/panoja.

Por cada metro lineal, se tomaron 5 panojas y se realizó un promedio del número de granos llenos y vanos por panoja para cada variedad y fecha de siembra.

V. Peso de 1000 granos.

Se determinó el peso de 1000 semillas conforme a lo establecido por la Asociación Internacional de Análisis de Semilla (ISTA, 1999), que prescribe ocho réplicas de 100 semillas cada una. Cuando la diferencia entre los pesos extremos pase del límite admitido (6% para semillas de gramíneas) se trabajaría con otras 8 repeticiones eliminándose aquellas cuya media sea superior al doble de la desviación típica determinada. Se empleó una balanza OHAUS YS series y el resultado se expresó en gramos con un decimal.

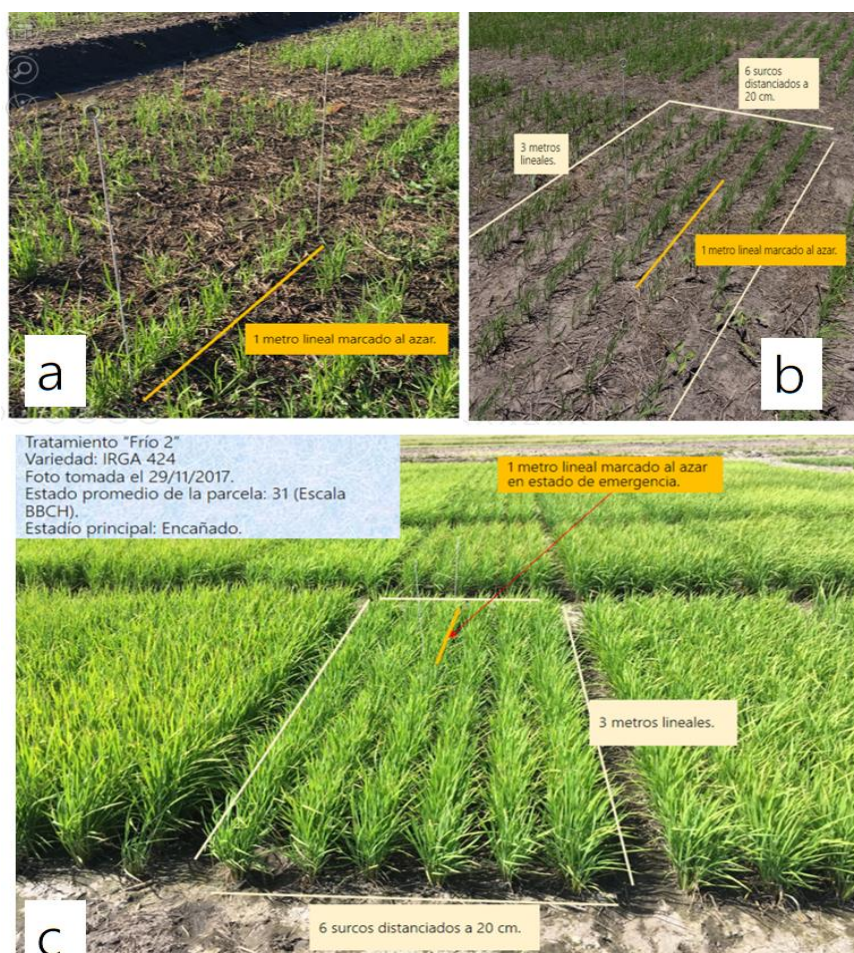


Fig. 2. a) 1 metro lineal marcado al azar en una parcela de la variedad IRGA 424 bajo el tratamiento "Frio 1", (foto tomada 24 días después de la emergencia). b) Tranquilo FL INTA bajo el tratamiento "Frio 2" 27 días después de la emergencia en un estado fenológico general de 2 macollos. c) Parcela del tratamiento "Frio 2" sembrado con la variedad IRGA 424 mostrando como estado general la iniciación de la panícula (o estado de anillo verde) a los 43 días desde la emergencia.

Resultados:

1. Seguimiento fenológico:

Considerando ambas variedades, en el ensayo "Frío 1" se registró una duración de 15 días para la etapa siembra-emergencia (emergencia: 08/09/17). Mientras que para "Frío 2" la misma tuvo una duración de 12 días (emergencia: 17/10/17). Los datos climáticos (<http://siga2.inta.gov.ar>) mostraron que el período siembra-emergencia en ambas fechas fue similar debido a que las temperaturas del suelo en agosto no fueron sustancialmente más frías que en octubre (figura 3).

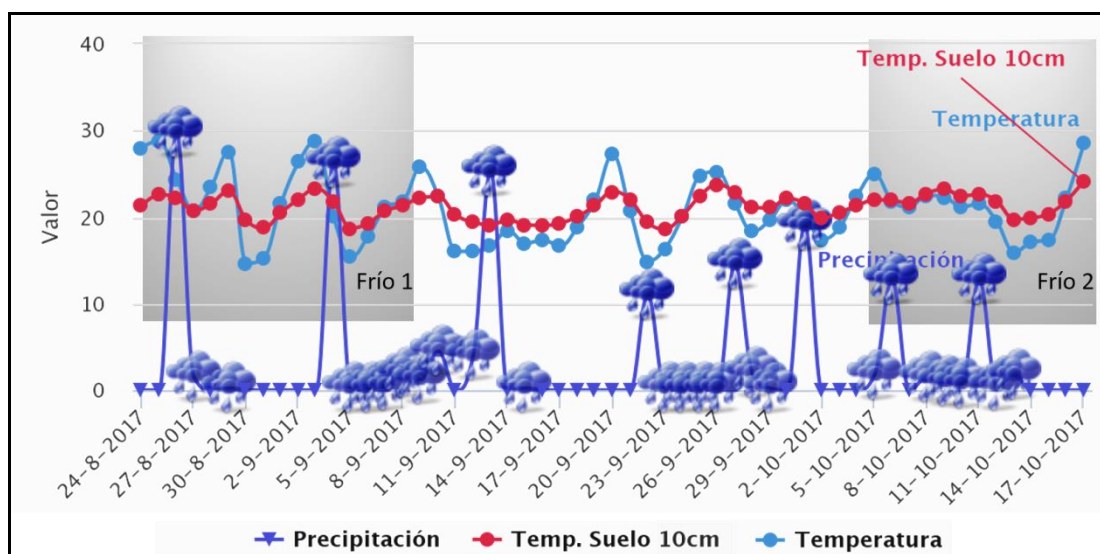


Fig. 3. Temperatura media diaria y del suelo (10 cm) durante el período siembra-emergencia de los ensayos "Frío 1" y "Frío 2". Fuente: <http://siga2.inta.gov.ar/#/data>

En la figura 4 se muestra la evolución de estados de desarrollo que muestran las dos variedades de arroz estudiadas en dos fechas de siembra distintas. Se presentan los valores medios (de 3 parcelas para cada variedad) para "Frío 2" y valores de una parcela para cada variedad en el caso de "Frío 1". Esto se debe a que, a la siembra, hubo un error en la confección del plano, por lo cual el seguimiento de las 4 parcelas restantes en el tratamiento "Frío 1" se hizo sobre variedades que no corresponden a las estudiadas en este trabajo, por esta razón no se las incluye en los análisis.

En la figura 5 se muestran las variables humedad, temperatura y precipitación en los momentos de floración y maduración de las dos variedades estudiadas bajo los tratamientos "Frío 1" y "Frío 2".

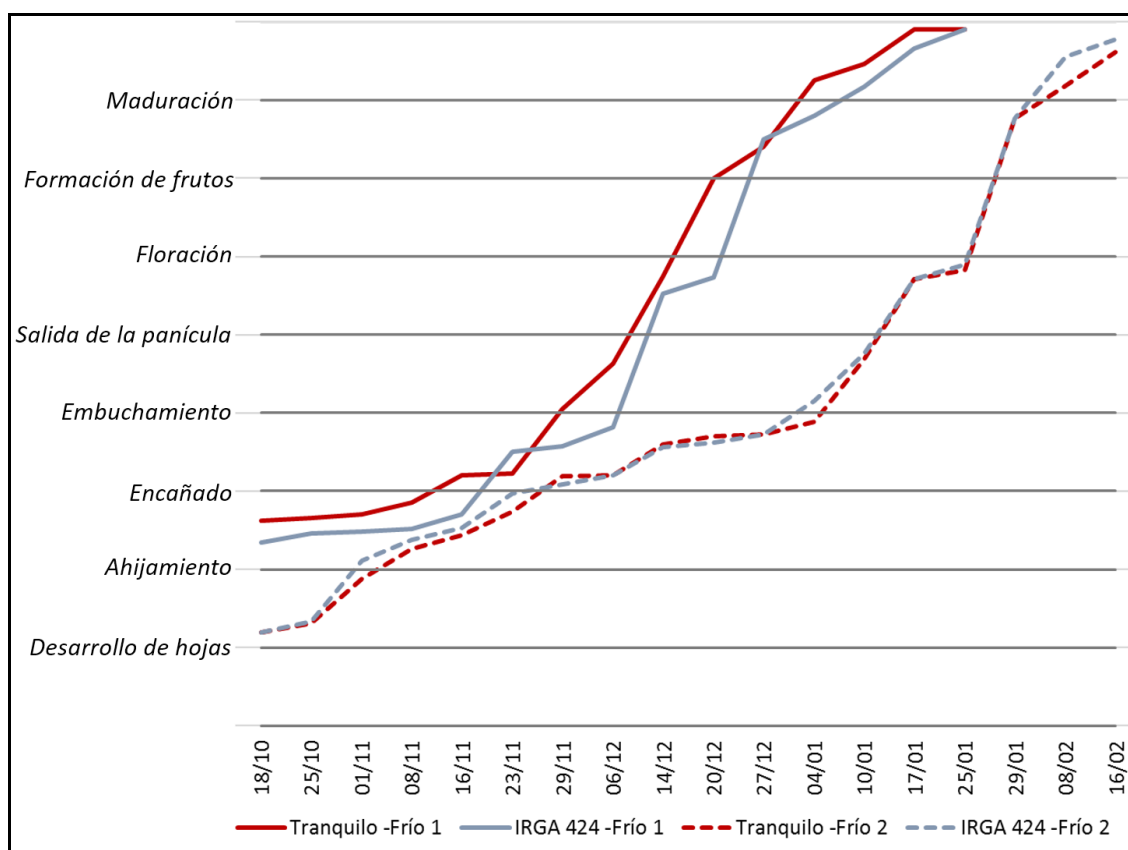


Fig. 4. Fenología según escala BBCH (Hack et al., 1992) de dos variedades de arroz en dos fechas de siembra: Frío 1 (24/08) y Frío 2 (5/10).

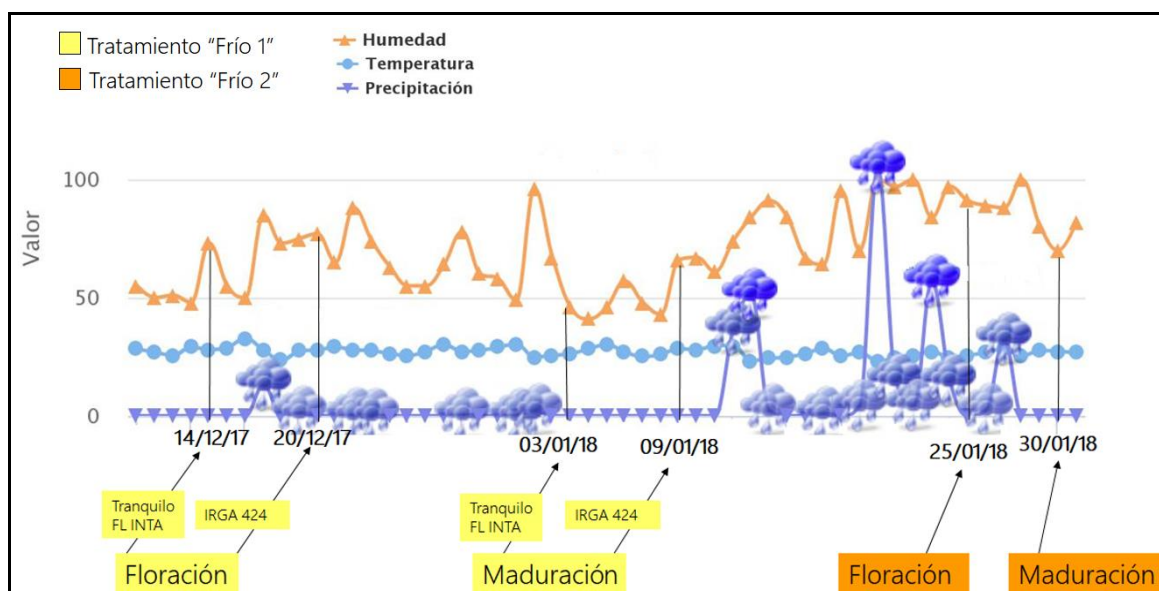


Fig. 5. Situación de humedad, temperatura y precipitación al momento de floración y maduración de dos variedades de arroz estudiadas bajo los tratamientos "Frío 1" y "Frío 2".

2. Componentes del rendimiento:

Los resultados de cada parámetro analizado se presentan a continuación:

I. Stand de plantas.

En la tabla 3 se presentan los valores de plantas en 1 metro lineal de dos variedades de arroz evaluados el 4 de octubre de 2017 en parcelas del ensayo "Frío 1".

	Stand (pl/m)
Tranquilo	33
IRGA 424	28

Tabla 3. Número de plantas/metro de dos variedades de arroz (Frío 1).

II. N° de macollos/metro.

En la tabla 4 se presentan los valores medios de número de tallos reproductivos, no reproductivos y totales registrados para 2 fechas de siembra de dos variedades de arroz.

III. N° de panojas/metro.

Se corresponde con el número de tallos reproductivos en un metro de la tabla 4.

		Tallos reproductivos	Tallos no reproductivos	Tallos totales
FRIO 1	IRGA 424	129,7 ±19.74	37,7 ±13.6	167,3 ±15.33
	Tranquilo	86,0 ±11.57	16,0 ±2.94	102,0 ±12.03
FRIO 2	IRGA 424	87,3 ±18.93	21,3 ±4.78	108,7 ±19.74
	Tranquilo	103,7 ±10.50	14,3 ±3.09	118,0 ±13.49

Tabla 4. Número de tallos en 1 metro lineal de dos variedades de arroz bajo los tratamientos "Frío 1" y "Frío 2". Se presentan las medias ±DS.

IV. N° de granos/panoja.

		Granos llenos	Granos vanos
Frio 1	IRGA 424	100,6 ±27.08	10,4 ±7.31
	Tranquilo	98,2 ±16.26	17,9 ±8.71
Frio 2	IRGA 424	115,7 ±23.76	32,9 ±7.11
	Tranquilo	97,4 ±37.43	45,5 ±24.27

Tabla 5. Número de granos llenos y vanos por panoja de dos variedades de arroz. Se presentan las medias ±DS.

V. Peso de 1000 granos.

- para Tranquilo FL INTA: 26,9g (Frío 1) y 27g (Frío 2);
- para IRGA 424: 25,1g y 25,2g para en los ensayos Frío 1 y Frío 2, respectivamente.

A continuación, en la figura 6, se puede observar la variación de los parámetros: plantas/m, tallos reproductivos/m (el cual se corresponde con el número de panojas/m), granos llenos/panoja y peso de 1000 granos a través de los valores medios calculados para cada fecha de siembra y variedad.

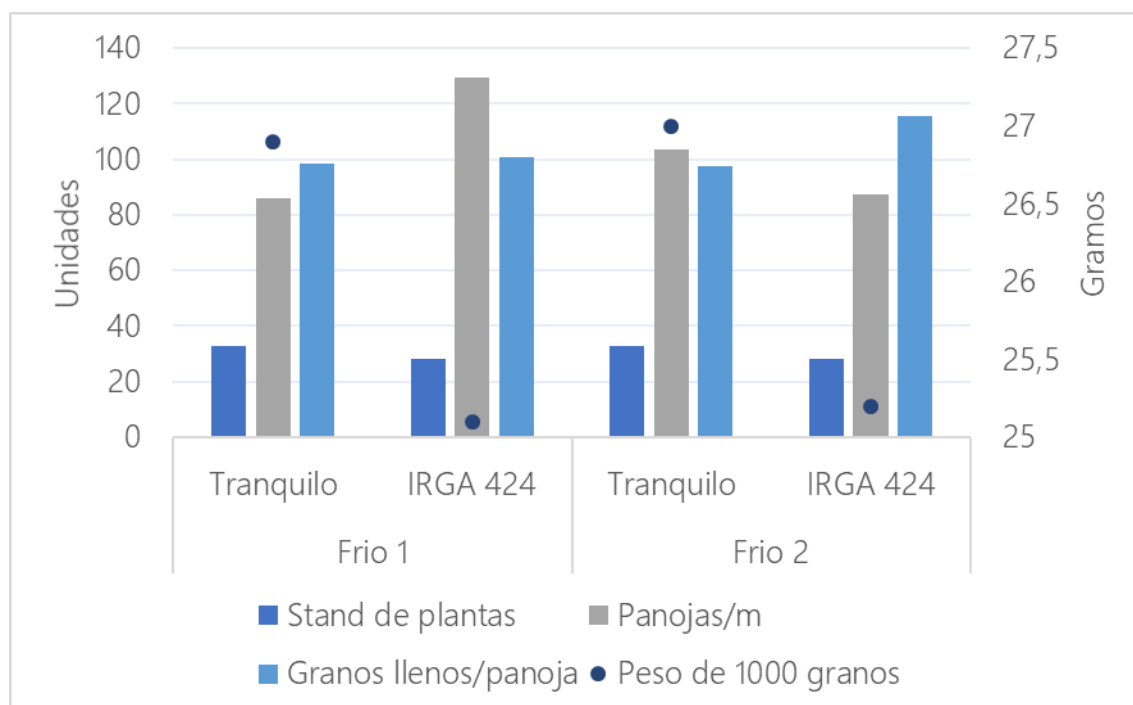


Fig. 6. Valores medios de los factores de rendimiento para las variedades de arroz Tranquilo FL INTA e IRGA 424 en dos fechas de siembra.

Determinaciones sobre semillas

Procedimiento:

1. Caracterización física de semillas:

A. Peso de 1000 granos (P_{1000}) en condiciones normales (ISTA, 1999).

Para la determinación del peso de los mil granos se siguió el protocolo descrito y ejecutado en el punto V referido a componentes del rendimiento evaluadas en el trabajo sobre las parcelas a campo.

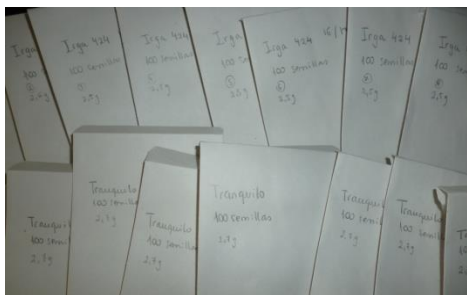


Fig. 7. Sobres de semillas preparados para la determinación del P_{1000} de cada variedad.

Se hicieron las mediciones de 8 sobres de 100 semillas cada uno (figura 7) para cada variedad.

- B. Largo y ancho de semillas mediante el del analizador estadístico de arroz S21 de TKD Tecnología Ltda.

El Analizador Estadístico de Imágenes S21 (figura 8) tiene como objetivo analizar muestras de arroz y proporcionar detalles del conjunto, así como de cada grano individual. El software procesa la información obtenida y la vuelca en una planilla Excel y en un archivo PDF, según se solicite. Realiza el análisis estadístico de un gran número de imágenes de granos capturadas por una cámara que proporciona 15 imágenes por segundo.



Fig. 8. Analizador Estadístico de Imágenes S21.

Una descripción más detallada del equipo se presenta en el Anexo.

2. Evaluación del efecto de tratamientos vigorizantes:

El priming es una técnica que implica la hidratación parcial de las semillas sin permitir la protrusión de la radícula. En esta oportunidad se evaluaron los siguientes tratamientos:

- | | |
|--|--------------------|
| 0. Testigo (semilla sin avance fisiológico). | 5. Vitavax (0,05%) |
| 1. Agua de red. | 6. Stoller Zn (7%) |
| 2. Amistar (0,05%) | 7. Stoller Fe (4%) |

- | | |
|-------------------|------------------------------------|
| 3. Sunato (0,4%) | 8. NutriFer (5%) |
| 4. Scenic (0,05%) | 9. Macro Sorb (5%) |
| | 10. Súper fosfato triple -SPT (4%) |

Los tratamientos 1 a 10 acondicionan las semillas con agua de red o con soluciones de productos comerciales. La hidratación fue controlada pues se estableció la relación masa de semilla/volumen del líquido, el tiempo de permanencia de las semillas en el medio y temperatura durante el proceso.

Para evaluar los tratamientos se trabajó con 4 repeticiones de 25 semillas en cada caso, es decir, 100 semillas por variedad.

En el planteo original se propuso realizar, además: 1) la prueba de germinación en fresco evaluando en la misma 100 semillas de cada variedad y 2) repetir las mismas evaluaciones (tanto la prueba de germinación normal como la prueba de germinación en fresco) luego de 70 días de almacenadas. Estas últimas actividades no fueron realizadas por falta de equipamiento e ineficacia de los tratamientos. De todos modos, al inicio del trabajo se tomaron 400 semillas de cada variedad, tomando su equivalente en peso: 12g.

Se prepararon 20 sobres con 6 gramos de semilla cada uno, tanto para la variedad Tranquilo FL INTA como para IRGA 424 (figura 9).



Fig. 9. Sobres con 6 g de semillas de las variedades Tranquilo e IRGA 424.

Para la preparación de los tratamientos se utilizó una relación mililitros de solución/gramos de semillas = 5:1, por lo cual sería necesario contar con tubos de 60 ml. Como los tubos empleados (tubos falco) eran de 50 ml, se realizó cada tratamiento con 2 tubos: cada uno con 6 g de semillas y 30 ml de solución.

Para cada tratamiento se requería de 60 ml de la solución correspondiente. Al estudiarse dos variedades, el volumen total/tratamiento alcanzaría 120 ml.

Además, se agregaron 80 ml extra por precaución en caso de accidentes. En base a ello, para iniciar se prepararon 200 ml de cada solución.

Preparado de soluciones (figura 10):

0. Testigo (semilla sin avance fisiológico).
1. Agua de red.
2. Amistar (0,05%): 250 cc/100 kg semilla. Preparación: 0,1 ml de producto y enrasado a 200 ml con agua.
3. Sunato (0,4%): 200 cc/100 kg semilla. Preparación: 0,8 ml de producto y enrasado a 200 ml con agua.
4. Scenic (0,05%): 250 cc/100 kg semilla. Preparación: 0,1 ml de producto y enrasado a 200 ml con agua.
5. Vitavax (0,05%): 250 cc/100 kg semilla. Preparación: 0,1 ml de producto y enrasado a 200 ml con agua.
6. Stoller Zn 7%: Solución 1,95%. Preparación: 3,9 ml de producto y enrasado a 200 ml con agua.
7. Stoller Fe 4%: Solución 3%. Preparación: 6 ml de producto y enrasado a 200 ml con agua.
8. Nutrifer (5%): Solución al 5%. Preparación: 10 ml de producto y enrasado a 200 ml con agua.
9. Macro Sorb (5%): Solución al 5%. Preparación: 10 ml de producto y enrasado a 200 ml con agua.
10. Superfosfato triple -SPT (4%): Solución al 4%. Preparación: 8 g fertilizante y enrasado a 200 ml con agua.



Fig. 10. Soluciones preparadas para el tratamiento de semillas de arroz.

Las semillas fueron colocadas en tubos falco conteniendo la solución correspondiente según el tratamiento (figura 11 a). Posteriormente cada tubo fue ubicado en un agitador de vaivén (figura 11 b y c) a 70 rpm durante 24 horas de agitación permanente a 24°C.



Fig. 11. Priming en semillas de arroz: a) semillas en tubos falco preparadas para el avance fisiológico; b y c) Tubos falco acomodados en agitador de vaivén seteado a 70 rpm. Pasadas las 24 horas se enjuagaron las semillas de cada tratamiento con agua de red (figura 12) y se dejaron secar a temperatura ambiente (figura 13 a y b) controlando su peso periódicamente hasta alcanzar peso constante.



Fig. 12. Enjuague de semillas con agua de red.

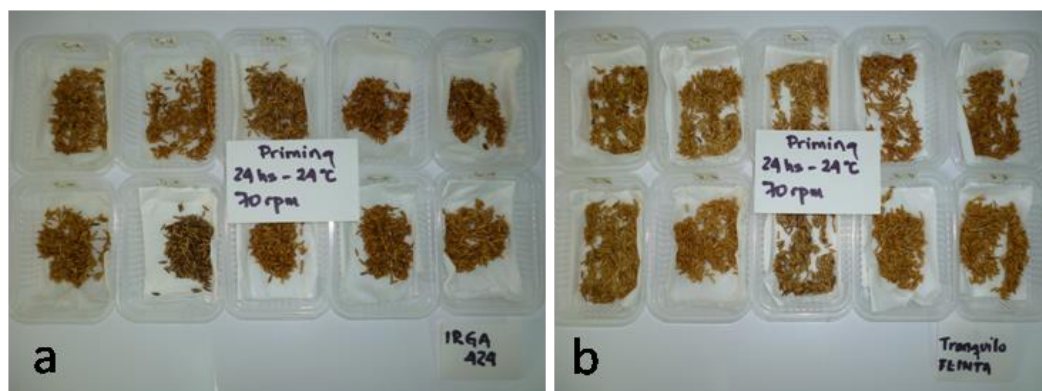


Fig. 13. Semillas de arroz tratadas: a) IRGA 424; b) Tranquilo FL INTA.

Una vez alcanzado el peso inicial de las semillas, se procedió al armado de los germinadores con 25 semillas cada uno (respetando el diseño inicial de tratamientos y repeticiones para cada variedad). Cada germinador se preparó en una caja de Petri plástica de 8,5 cm de diámetro conteniendo 4 láminas de papel tissue y 10 ml de una solución de Vitavax (fungicida) al 0,5% (figura 14 a). Posteriormente cada uno fue llevado a estufa a 30 °C (figura 14 b).

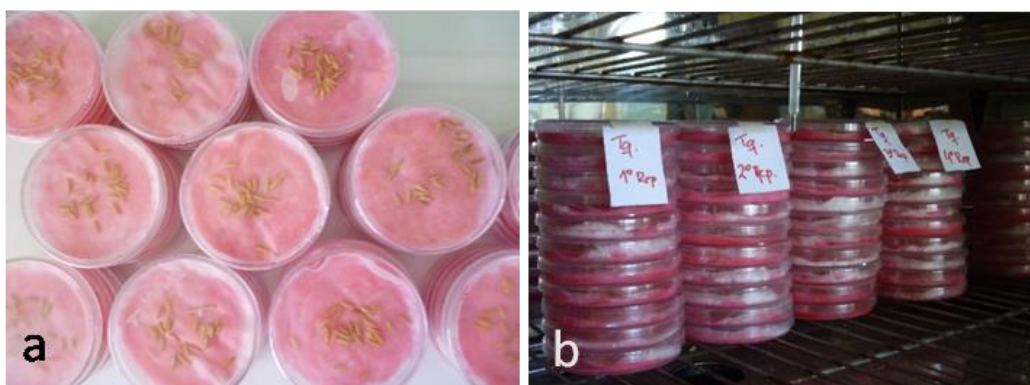


Fig. 14. a) Germinadores preparados con fungicida; b) Germinadores dentro de estufa a 30 °C.

Una vez sembradas las semillas en los germinadores, se fue tomando registro de las semillas germinadas (aquellas con radícula o coleóptilo de 2 mm) diariamente hasta el día número 20.

El ensayo de germinación incubado a 30 °C se inició el día 8 de enero de 2018. Los registros de germinación acumulada se presentan en las tablas 13 y 14 del anexo.

El efecto de los mencionados tratamientos se midió a través de las siguientes variables:

A. Poder germinativo según normas ISTA (1999).

Se realizaron 4 repeticiones de 25 semillas cada una. Se siguió el método "sobre papel" incubándolas a 30 °C. La evaluación de las plántulas fue a los 5 y

14 días después de la siembra siguiendo el procedimiento para la prueba de germinación estándar.

B. Energía germinativa (Ruan et al., 2002).

El porcentaje de semillas germinadas en relación con el número total de semillas evaluadas se registró al 4to día luego de la siembra. Se realizaron 4 repeticiones de 25 semillas cada una. Se siguió el método "sobre papel" incubándolas a 30 °C.

C. Tiempo de germinación media (Ellis y Roberts, 1981).

Se calculó acorde a la siguiente ecuación:

$$TGM = \frac{\sum Dn}{\sum n}$$

Donde n es el número de semillas que habrían germinado en el día D y n es el número de días contados desde el comienzo de la germinación.

D. Valor de germinación (Czabator, 1962).

Se realizaron 4 repeticiones de 25 semillas cada una, incubándolas a 30 °C sobre papel. Se tomaron los registros correspondientes para calcular el valor de germinación (VG) conforme a la siguiente expresión:

$$VG = VM * GDM$$

dónde: VM corresponde al valor máximo entre los valores producto de la división del porcentaje acumulado de germinación y la cantidad de días que se tardó en obtenerse; y GDM es la germinación media diaria, calculada como la razón entre el porcentaje final de germinación (PG) y el número de días transcurridos hasta llegar a ese valor.

El concepto de valor de germinación tiene por finalidad combinar en una sola cifra una expresión de la germinación total al término del período de ensayo y una expresión de la energía o velocidad de germinación.

Originalmente se había propuesto determinar el Índice de germinación (AOSA, 1983) pero la falta del registro diario de plantas anormales impidió su cálculo.

E. Prueba de germinación en fresco (Adaptado de García y Lasa (1991) y Patín y Gutormson (2005)).

La prueba de germinación en fresco consistente en la incubación de semillas (método sobre papel) a 15-18 °C y en condiciones de oscuridad para determinar PG, EG, longitud de radícula y MS de las plántulas normales.

Debido a fallas de la cámara de incubación la misma no pudo efectuarse. No obstante, se procedió a evaluar el parámetro peso seco de plantas germinadas a 30°C (mantenidas dentro de la estufa sin iluminación) para advertir la existencia de diferencias en dicha variable. Una vez analizadas las plantas de los germinadores se pasaron a sobres que se llevaron a estufa hasta peso constante. Una vez finalizado el proceso de secado se contabilizaron las plantas de cada sobre y se determinó el peso seco de las mismas (figura 15 a, b y c).

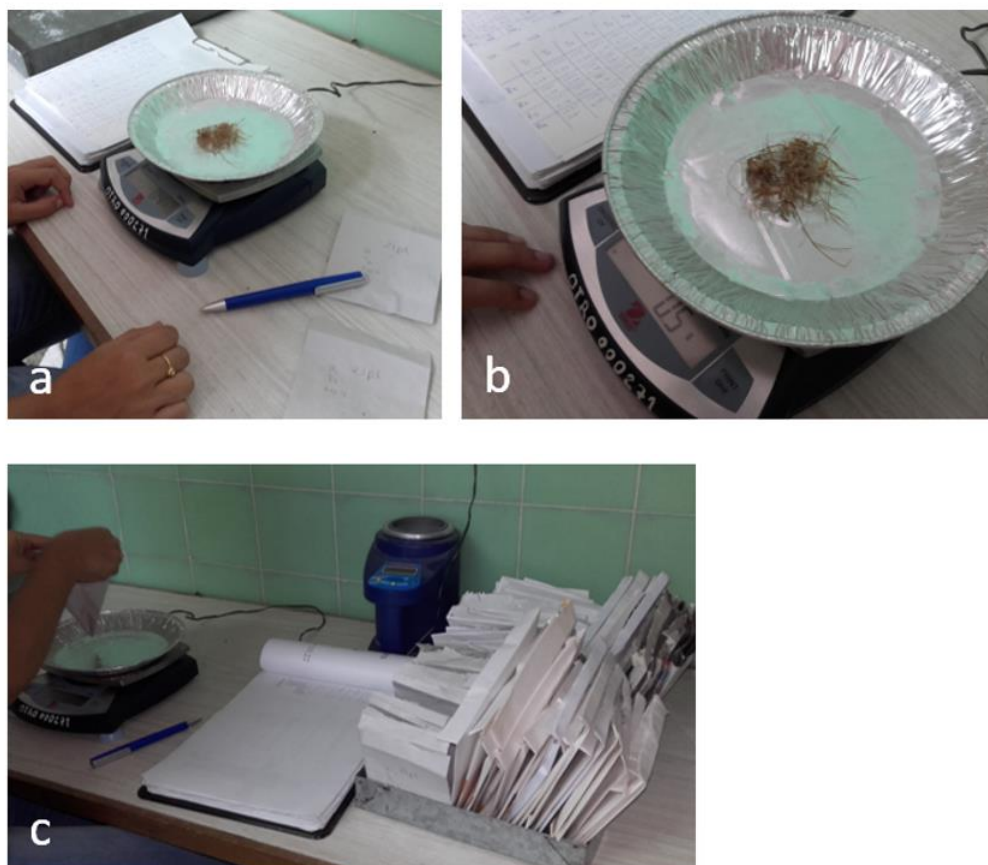


Fig. 15. Determinación del peso seco de plantas: a y b) Balanza y bandeja de aluminio conteniendo plantas secas; c) Sobres y planilla de registros.

Una vez determinadas todas las variables, se procedió a realizar un análisis de la varianza (ANAVA) y un test de comparaciones múltiples (Duncan, $\alpha=0,05$) para advertir el efecto de los tratamientos estudiados. El análisis estadístico se realizó con el software InfoStat versión 2018 (Di Rienzo et al., 2018).

3. Evaluación de la duración de los tratamientos vigorizantes en semillas almacenadas.

Las variables mencionadas en el ítem 2 se determinarían luego de 70 días de almacenamiento de las semillas tratadas. En vista de que ningún tratamiento tuvo efecto significativo respecto al testigo, se descartó su evaluación luego del almacenamiento.

Resultados:

1. Caracterización física de semillas:

A. Peso de 1000 granos (P_{1000}) en condiciones normales.

El peso de las 1000 semillas resulta, por cálculo, de 27g para la variedad Tranquilo FL INTA y de 25,1g para IRGA 424 (tabla 6).

Muestra	Peso en gramos								Promedio	Varianza	DE	CV
	1	2	3	4	5	6	7	8				
Tranquilo	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,70	0,00	0,00	0,00
IRGA 424	2,5	2,6	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,51	0,00	0,04	0,01

Tabla 6. Datos parciales y final del peso de 100 semillas de las variedades Tranquilo e IRGA 424.

B. Largo y ancho de semillas mediante el del analizador estadístico de arroz S21 de TKD Tecnología Ltda (tabla 7).

Conf Clasificación	Muestra	Origen	Filtro	Largo medio mm	Ancho medio mm
Paddy	IRGA 424	Casca	Paddy	8,92	1,86
Paddy	Tranquilo FL INTA	Casca	Paddy	9,67	2,01

Tabla 7. Largo y ancho de granos arroz cáscara de las variedades Tranquilo e IRGA 424 obtenidos a través del procesamiento de imágenes con el equipo S21.

2. Evaluación del efecto de tratamientos vigorizantes:

A. Poder germinativo

La tabla 8 presenta los valores medios de PG, el porcentaje de plantas normales, plantas anormales y semillas muertas calculados a los 14 días de iniciado el ensayo de germinación estándar para los 10 tratamientos aplicados en las dos variedades de arroz.

Variedades	Tranquilo FL INTA				IRGA 424			
Tratamiento	PG (%)	% plantas normales	% plantas anormales	% semillas muertas	PG (%)	% plantas normales	% plantas anormales	% semillas muertas
0	90 ±8.2	65 ±2	20 ±2.5	15 ±1.3	93 ±3.3	78 ±3	14 ±2.0	6 ±0.5
1	91 ±3.3	82 ±2.3	10 ±1.7	9 ±0.8	95 ±3.3	91 ±0.8	3 ±0.5	7 ±0.5
2	87 ±4.4	78 ±2.2	6 ±0.8	13 ±1.1	99 ±1.7	91 ±1.6	6 ±0.9	2 ±0
3	92 ±2.8	76 ±1.9	15 ±0	6 ±0.8	97 ±3.3	94 ±0.5	2 ±0	4 ±0.5
4	92 ±2.8	74 ±2.9	17 ±2.9	9 ±0.4	96 ±2.8	92 ±0.7	4 ±0	4 ±0.5
5	92 ±7.5	78 ±1.8	11 ±1.8	11 ±1.5	97 ±1.7	92 ±0.7	3 ±0	3 ±0
6	93 ±5.9	91 ±1.5	2 ±0	7 ±1.2	97 ±3.3	90 ±1.5	7 ±0.8	2 ±0
7	90 ±6	75 ±3	14 ±2.9	10 ±1.5	98 ±2	96 ±1.2	2 ±0	2 ±0
8	92 ±2.8	75 ±2.5	15 ±2	8 ±0.7	92 ±4.9	78 ±2.6	14 ±2.1	7 ±0.8
9	92 ±6.3	79 ±4	10 ±2.6	11 ±1.8	96 ±4.9	95 ±0.8	2 ±0	3 ±0.5
10	94 ±2	83 ±2.3	9 ±1.6	8 ±0.7	93 ±1.7	91 ±1	4 ±0	7 ±0.4

Tabla 8. Poder germinativo y porcentaje de plantas normales, plantas anormales y semillas muertas para 10 tratamientos ensayados en semillas de arroz Tranquilo e IRGA 424. Se presentan las medias ±DS.

B. Energía germinativa

En la tabla 9 se presentan los valores medios de EG con sus respectivos desvíos calculados para los 10 tratamientos aplicados en dos variedades de arroz.

C. Tiempo de germinación media (TGM)

La tabla 10 presenta los valores medios de TGM calculados para los 10 tratamientos aplicados en dos variedades de arroz. Se detallan los valores hasta el día 14 desde la siembra ya que a partir del día 10 desde la siembra no hay variación.

Energía germinativa (día 4)		
Tratamiento	Tranquilo	IRGA 424
0	90 ±8,2	93 ±3,3
1	91 ±3,3	95 ±3,3
2	84 ±4,9	98 ±3,5
3	91 ±3,3	97 ±3,3
4	91 ±3,3	96 ±2,8
5	92 ±7,5	95 ±1,7
6	93 ±5,9	97 ±3,3
7	89 ±5,9	98 ±2
8	92 ±2,8	90 ±4,5
9	92 ±6,3	96 ±4,9
10	93 ±3,3	92 ±2,8

Tabla 9. Energía germinativa (%) evaluada al 4to día en semillas de arroz Tranquilo e IRGA 424 sometidas a 10 tratamientos. Se presentan las medias ±DS.

TGM		
Tratamiento	IRGA 424	Tranquilo
0	2.7 ±0.5	3.3 ±0.3
1	2.2 ±0.4	2.5 ±0.2
2	2.1 ±0.1	3.1 ±0.7
3	2.3 ±0.24	3 ±0.4
4	2.1 ±0.2	3 ±0.3
5	2.6 ±0.4	2.2 ±0.3
6	2.6 ±0.1	2.7 ±0.3
7	2.7 ±0.1	3.2 ±0.5
8	2.9 ±0.2	2.5 ±0.2
9	2.5 ±0.3	3 ±0.3
10	2.8 ±0.3	3.7 ±0.8

Tabla 10. Tiempo de germinación media para 10 tratamientos ensayados en semillas de arroz Tranquilo e IRGA 424. Se presentan las medias ±DS.

D. Valor de germinación.

El valor de germinación es una expresión numérica de la germinación y se interpreta de la siguiente manera: un valor cercano a cero resulta de una germinación relativamente baja y/o lenta; cuando su registro crece y se aleja de cero refleja mejoras en el proceso germinativo estimando la calidad de las simientes.

En la tabla 11 se muestran los valores de germinación de las dos variedades de arroz estudiadas bajo el efecto de 10 tratamientos.

Tratamiento	Valor de Germinación (VG)	
	Tranquilo FL INTA	IRGA 424
0	1080,7 ± 301,4	1835,9 ± 468,3
1	1217,1 ± 180,4	2126,1 ± 446,9
2	709,2 ± 399,0	1925,0 ± 661,0
3	970,5 ± 341,9	1928,0 ± 329,8
4	1140,4 ± 234,9	2402,0 ± 213,8
5	1353,3 ± 167,4	1440,4 ± 614,1
6	1354,7 ± 190,7	2192,0 ± 424,0
7	865,0 ± 312,6	1986,0 ± 516,0
8	1363,8 ± 140,2	1175,3 ± 308,1
9	1031,8 ± 60,1	1833,0 ± 688,6
10	800,3 ± 313,0	1462,4 ± 673,2

Tabla 11. Valor de germinación para 10 tratamientos ensayados en semillas de arroz Tranquilo e IRGA 424. Se presentan las medias ±DS.

E. Peso seco/planta.

En la tabla 12 se presentan los valores medios de peso seco/planta calculados para los 10 tratamientos aplicados en dos variedades de arroz.

Tratamiento	Peso seco/planta (mg)			
	Tranquilo FL INTA		IRGA 424	
0	19,89	± 0,77	17,40	± 0,77
1	19,19	± 1,36	17,02	± 1,36
2	19,64	± 0,33	15,92	± 0,33
3	17,12	± 1,30	16,80	± 1,30
4	15,57	± 1,18	15,97	± 1,18
5	15,58	± 0,43	16,15	± 0,43
6	14,55	± 0,22	16,50	± 0,22
7	14,15	± 0,61	15,54	± 0,61
8	14,54	± 1,23	12,76	± 1,23
9	14,98	± 0,68	14,75	± 0,68
10	14,21	± 1,62	14,78	± 1,62

Tabla 12. Peso seco/planta para 10 tratamientos ensayados en semillas de arroz Tranquilo e IRGA 424. Se presentan las medias $\pm$ DS.

Análisis estadístico:

En la variedad Tranquilo, las variables que mostraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos fueron el tiempo de germinación medio (p-valor 0,0042), el valor de germinación (p-valor 0,0307) y el peso seco/planta (p-valor <0,0001) (figura 16). Así mismo, con semillas de IRGA 424 tratadas se hallaron diferencias en las variables peso seco/planta (p-valor <0,0001), tiempo de germinación medio (p-valor 0,0029) y número de plantas normales (p-valor <0,0093) (figura 17).

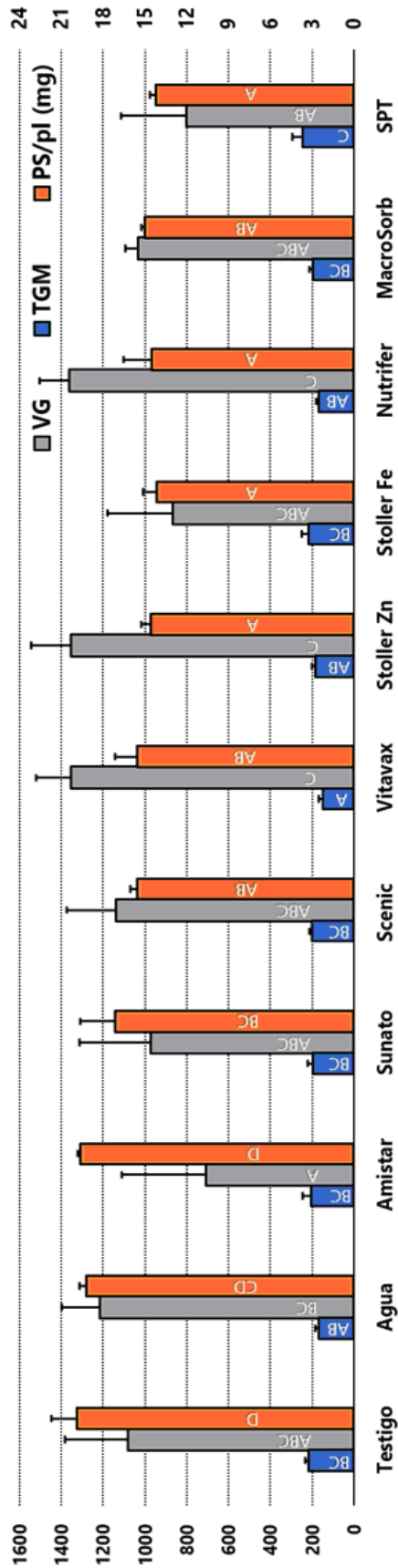


Fig. 16. Valor de germinación (VG), Tiempo de germinación medio (TGM) y Peso seco/planta para semillas de arroz Tranquilo FL INTA sometidas a tratamientos vigorizantes. Se presentan las medias $\pm$ DS. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$).

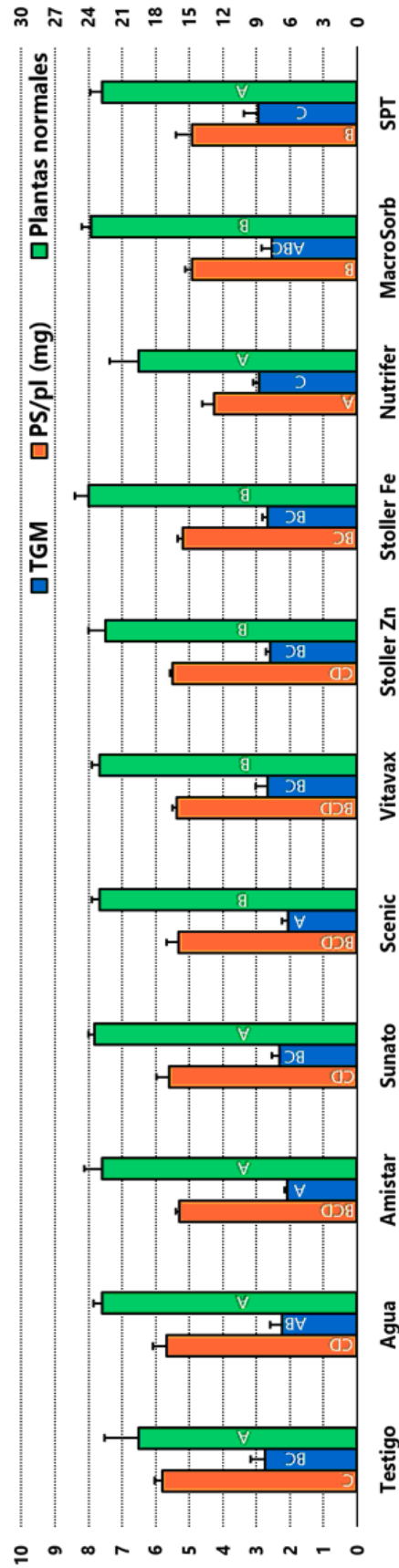


Fig. 17. Tiempo de germinación medio (TGM), Peso seco/planta (PS/pl) y número de plantas normales para semillas de arroz IRGA 424 sometidas a tratamientos vigorizantes. Se presentan las medias $\pm$ DS. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$).

CONSIDERACIONES FINALES

Durante los seis meses de trabajo, he tenido la posibilidad de poner en práctica conocimientos adquiridos durante la carrera, así como también aprender nuevas metodologías y formas de trabajar.

El trabajo de *priming* sobre las semillas fue una instancia de entrenamiento en preparado de soluciones y seguimiento de las etapas para cumplir los objetivos.

Durante el entrenamiento a campo, tanto en el seguimiento fenológico como en el análisis postcosecha, conté con la posibilidad de vivenciar la actividad agrícola y las prácticas de manejo relacionadas al cultivo de arroz.

En su conjunto, el trabajo fue muy fructífero para mi formación, con claros objetivos a corto, mediano y largo plazo. Cabe destacar que las personas con las que compartí la experiencia me enseñaron mucho sobre el trabajo en equipo y todo el personal del Grupo Arroz (INTA Sombrerito) estuvo siempre dispuesto a evacuar las dudas que iban surgiendo.

ANEXO

Registro de germinación acumulada: Se presentan las medias $\pm$ DS.

Tranquilo																				
Días desde la siembra																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0	2 ±0	19 ±2.9	22 ±1.9	23 ±2.1	23 ±2.1	23 ±2.1	23 ±2.1	23 ±2.1	23 ±2.1	23 ±2.1	23 ±2.1	23 ±2.1	23 ±2.1	23 ±2.1	23 ±2.1	23 ±2.1	23 ±2.1	23 ±2.1	23 ±2.1	23 ±2.1
1	7 ±2.1	22 ±0.8	23 ±1.1	23 ±0.8	23 ±0.8	23 ±0.8	23 ±0.8	23 ±0.8	23 ±0.8	23 ±0.8	23 ±0.8	23 ±0.8	23 ±0.8	23 ±0.8	23 ±0.8	23 ±0.8	23 ±0.8	23 ±0.8	23 ±0.8	23 ±0.8
2	1 ±0.8	20 ±1.7	21 ±1.2	21 ±1.2	21 ±1.5	21 ±1.5	21 ±1.5	21 ±1.5	22 ±1.5	22 ±1.5	22 ±1.5	22 ±1.5	22 ±1.5	22 ±1.5	22 ±1.5	22 ±1.5	22 ±1.5	22 ±1.5	22 ±1.5	22 ±1.5
3	5 ±1.9	20 ±2.4	23 ±1.1	23 ±0.8	23 ±0.8	23 ±0.8	23 ±0.8	23 ±0.8	23 ±0.8	23 ±0.8	23 ±0.8	23 ±0.8	23 ±0.8	23 ±0.8	23 ±0.8	23 ±0.8	23 ±0.8	23 ±0.8	23 ±0.8	23 ±0.8
4	4 ±1.5	21 ±1.8	23 ±0.8	23 ±0.8	23 ±0.7	23 ±0.7	23 ±0.7	23 ±0.7	23 ±0.7	23 ±0.7	23 ±0.7	23 ±0.7	23 ±0.7	23 ±0.7	23 ±0.7	23 ±0.7	23 ±0.7	23 ±0.7	23 ±0.7	23 ±0.7
5	10 ±1.4	22 ±1.1	23 ±1.9	23 ±1.9	23 ±1.9	23 ±1.9	23 ±1.9	23 ±1.9	23 ±1.9	23 ±1.9	23 ±1.9	23 ±1.9	23 ±1.9	23 ±1.9	23 ±1.9	23 ±1.9	23 ±1.9	23 ±1.9	23 ±1.9	23 ±1.9
6	5 ±2	22 ±1.8	23 ±1.5	23 ±1.5	23 ±1.5	23 ±1.5	23 ±1.5	23 ±1.5	23 ±1.5	23 ±1.5	23 ±1.5	23 ±1.5	23 ±1.5	23 ±1.5	23 ±1.5	23 ±1.5	23 ±1.5	23 ±1.5	23 ±1.5	23 ±1.5
7	1 ±0.7	19 ±1.1	22 ±1.4	22 ±1.5	22 ±1.5	22 ±1.5	22 ±1.5	22 ±1.5	23 ±1.5	23 ±1.5	23 ±1.5	23 ±1.5	23 ±1.5	23 ±1.5	23 ±1.5	23 ±1.5	23 ±1.5	23 ±1.5	23 ±1.5	23 ±1.5
8	7 ±1.8	21 ±1.1	23 ±0.7	23 ±0.7	23 ±0.7	23 ±0.7	23 ±0.7	23 ±0.7	23 ±0.7	23 ±0.7	23 ±0.7	23 ±0.7	23 ±0.7	23 ±0.7	23 ±0.7	23 ±0.7	23 ±0.7	23 ±0.7	23 ±0.7	23 ±0.7
9	3 ±1.6	20 ±1.5	23 ±1.1	23 ±1.6	23 ±1.6	23 ±1.6	23 ±1.6	23 ±1.6	23 ±1.6	23 ±1.6	23 ±1.6	23 ±1.6	23 ±1.6	23 ±1.6	23 ±1.6	23 ±1.6	23 ±1.6	23 ±1.6	23 ±1.6	23 ±1.6
10	1 ±0.5	15 ±2.2	23 ±1.7	23 ±0.8	23 ±0.8	23 ±0.8	24 ±0.5	24 ±0.5	24 ±0.5	24 ±0.5	24 ±0.5	24 ±0.5	24 ±0.5	24 ±0.5	24 ±0.5	24 ±0.5	24 ±0.5	24 ±0.5	24 ±0.5	24 ±0.5

Tabla 13. Germinación acumulada para la variedad de arroz Tranquilo.

IRGA 424																				
Días desde la siembra																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0	1 ±0.	23 ±1.7	23 ±0.	23 ±0.	23 ±0.	23 ±0.	23 ±0.	23 ±0.	23 ±0.	23 ±0.	23 ±0.	23 ±0.	23 ±0.	23 ±0.	23 ±0.	23 ±0.	23 ±0.	23 ±0.	23 ±0.	23 ±0.
1	9 ±3.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.
2	12 ±0.4	24 ±0.8	25 ±0.9	25 ±0.9	25 ±0.4	25 ±0.4	25 ±0.4	25 ±0.4	25 ±0.4	25 ±0.4	25 ±0.4	25 ±0.4	25 ±0.4	25 ±0.4	25 ±0.4	25 ±0.4	25 ±0.4	25 ±0.4	25 ±0.4	25 ±0.4
3	9 ±2.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.
4	11 ±2.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.
5	7 ±4.	23 ±1.1	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.
6	5 ±1.5	24 ±1	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.	24 ±0.
7	5 ±1.5	24 ±1.2	25 ±0.	25 ±0.	25 ±0.	25 ±0.	25 ±0.	25 ±0.	25 ±0.	25 ±0.	25 ±0.	25 ±0.	25 ±0.	25 ±0.	25 ±0.	25 ±0.	25 ±0.	25 ±0.	25 ±0.	25 ±0.
8	4 ±1.8	22 ±0.	23 ±1.1	23 ±1.1	23 ±1.1	23 ±1.2	23 ±1.2	23 ±1.2	23 ±1.2	23 ±1.2	23 ±1.2	23 ±1.2	23 ±1.2	23 ±1.2	23 ±1.2	23 ±1.2	23 ±1.2	23 ±1.2	23 ±1.2	23 ±1.2
9	7 ±3.	23 ±1.8	24 ±1.6	24 ±1.2	24 ±1.2	24 ±1.2	24 ±1.2	24 ±1.2	24 ±1.2	24 ±1.2	24 ±1.2	24 ±1.2	24 ±1.2	24 ±1.2	24 ±1.2	24 ±1.2	24 ±1.2	24 ±1.2	24 ±1.2	24 ±1.2
10	4 ±1.2	22 ±1.5	23 ±0.	23 ±0.	23 ±0.	23 ±0.	23 ±0.	23 ±0.	23 ±0.	23 ±0.	23 ±0.	23 ±0.	23 ±0.	23 ±0.	23 ±0.	23 ±0.	23 ±0.	23 ±0.	23 ±0.	23 ±0.

Tabla 14. Germinación acumulada para la variedad de arroz IRGA 424.

Descripción del equipo Analizador Estadístico de Imágenes S21 (figura 18):

Para capturar imágenes de muestras se recomienda encender la lámpara del S21 20 minutos antes de comenzar a realizar el análisis, para estabilizar el brillo. Durante este tiempo se procede a pesar muestras de 50 gramos para analizarlas. Para ello se coloca el arroz cáscara en la taza de metal del equipo. En el software se completan los campos referidos a la muestra: nombre de origen, identificación de la muestra (nombre creado por el usuario para identificar la muestra) y peso (peso de la muestra en gramos) y se presiona "Capturar". Seguidamente se levanta la taza, se hace clic en el botón "Confirmar" y se activa la vibración del S21 para que los granos comiencen a caer y sean fotografiados. Para concluir, se hace clic en el botón "Detener y Procesar" cuando todos los granos hayan caído en su vaso de recolección.

Actualmente la utilización de esta tecnología es una opción que trae muchas ventajas para la actividad molinera (Maciel et al., 2018) pues permite calificar la muestra proporcionando datos de sus dimensiones (largo, ancho, relación L/A) y de los defectos (panza blanca, yesoso, granos partidos, manchados) de granos procesados. Así mismo agiliza el proceso cuando se lo usa para la determinación del largo y ancho de arroz cáscara.

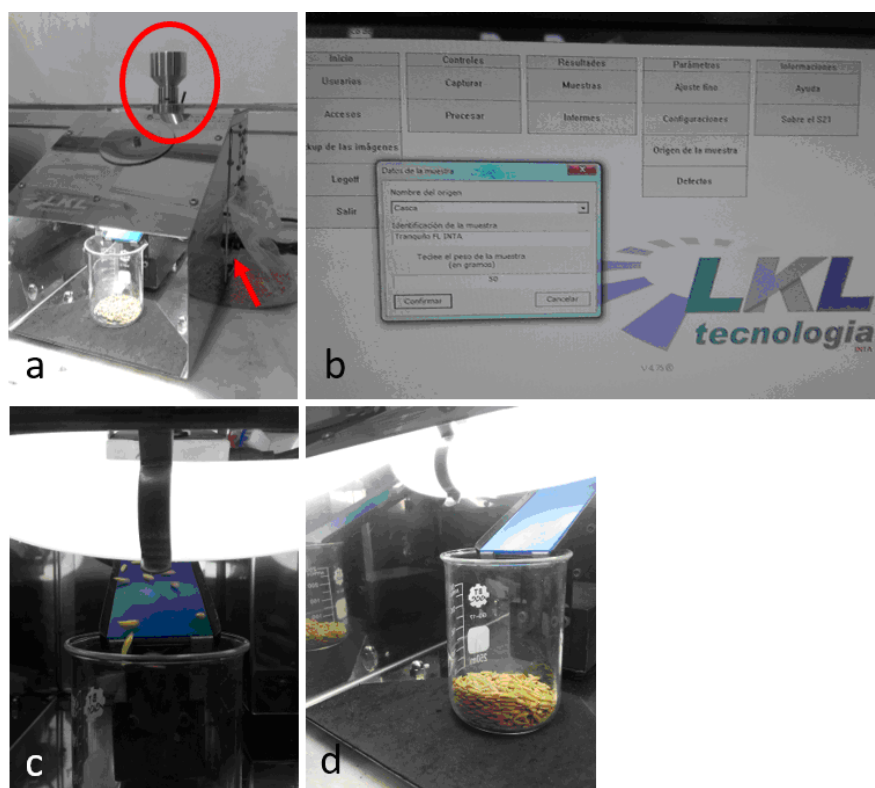


Fig 18. Procesamiento de muestras en S21: a) Taza de ingreso de muestras (círculo) y botones de activación de la lámpara y la vibración (flecha); b) Detalles del software; c) Caída de granos y registro fotográfico; d) Finalización del análisis con toda la muestra en el vaso de recolección.

BIBLIOGRAFÍA

- ACPA y Bolsa de Cereales de Entre Ríos. 2017. Disponible en: http://www.acpaarrozcorrientes.org.ar/Informes_arroceros.html
- AOSA – Asociación Oficial de Análisis de Semillas. 1983. Seed Vigor Testing Handbook. Contribution No. 32 to the Handbook on Seed Testing. Association of Official Seed Analysis, Springfield, IL.
- Czabator, F. 1962. Germination value: an index combining speed and completeness of pine seed germination. *Forest Science* 8, 386-396.
- Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., Gonzáles, L., Tablada, M. y Robledo, C.W. InfoStat versión 2018. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Ellis, R.A. y Roberts, E.H. 1981. The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. *Seed Sci Technol* 9, 373–409.
- FAO. 2007. Arroces maleza- origen, biología, ecología y control. Estudio FAO producción y protección vegetal 188. Roma. ISSN 1014 1227
- FAO. 2014. Normas para bancos de germoplasma de recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura. FAO, Roma, Italy. 22 May 2014. <http://www.fao.org/3/a-i3704s.pdf>
- FAO. 2014. Seguimiento del mercado del arroz de la FAO. Volumen XVII Edición N° I. abril de 2014.
- FAO. 2017. FAOSTAT-base de datos. Roma, Italia. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/en/#home>
- García de Izaguirre, Á. y Lasa Dolhagaray, J. M. 1991. Ensayos de vigor de nascencia: revisión bibliográfica (No. 631.52 582.0467 582.016). Consejo Superior de Investigaciones Científicas (España).
- Hack, H., Gall, H., Klemke, T., Klose, R., Meier, U., Stauss, R. y Witzemberger, P. 1992. Scale for phenological growth stages of potato (*Solanum tuberosum* L.). *Proceedings der 12. Dreijahrestagung der Euro. Gesell. für Kartoffelforschung* Paris, 153–154.

- ISTA - International Seed Testing Association. 1999. International rules for seed testing. Rules 1999. (No. Suppl).
- Maciel, S. y Herber, L. 2018. Evaluación de la calidad molinera de arroz Fortuna INTA mediante el analizador estadístico de imágenes S21. (p. 43-54) en: Proyecto Arroz – Resultados Campaña 2017/2018. Corrientes: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. ISSN 0327-4209.
- Patin, A. y Gutormson, T. 2005. Evaluating Rice (*Oryza sativa* L.) Seed Vigor. Seed Technology, 27 (1), 115-120. Disponible en: www.jstor.org/stable/23433224
- Ruan, S. L., Xue, Q. Z. Effects of chitosan coating on seed germination and salt-tolerance of seedlings in hybrid rice (*Oryza sativa* L.). Acta Agron Sin, Netherlands, 2002.
- Taylor A.G., Allen P.S., Bennett M.A., Bradford J.K., Burris J.S. y Misra M.K. 1998. Seed enhancements, Seed Sci. Res. 8, 245–256.