

UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA
FACULTAD DE AGRONOMIA
EVALUACION DE LA TOLERANCIA A BAJAS
TEMPERATURAS EN GERMOPLASMA ELITE DE ARROZ EN URUGUAY

por

Alejandro Oscar BARRIOS OLANO

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

MONTEVIDEO
URUGUAY
2011

Tesis aprobada por:

Director:

.....
Ing. Agr. Fernando Blas Pérez de Vida

.....
Ing. Agr. Oswaldo Ernst

.....
Ing. Agr. Pedro Blanco

Fecha:

Autor:
Alejandro Oscar Barrios Olano .

AGRADECIMIENTOS

Al director de tesis Fernando B. Pérez de Vida por su apoyo para la realización del trabajo de tesis.

Al equipo técnico y personal de la Estación Experimental INIA Treinta y Tres por su amable atención y colaboración para el desarrollo del presente trabajo.

Al Profesor Oswaldo Ernst y a la Facultad de Agronomía por todo lo que me brindó.

A mi familia y amigos por el apoyo incondicional durante toda mi carrera.

Muchas gracias

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PAGINA DE APROBACION.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VIII
1. <u>INTRODUCCION</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	2
2.1 ECOFISIOLOGIA DEL CULTIVO DE	
ARROZ EN URUGUAY.....	2
2.1.1 <u>Etapas de desarrollo del cultivo</u>	2
2.1.1.1 Etapa vegetativa.....	4
2.1.1.2 Etapa reproductiva.....	5
2.1.1.3 Etapa de llenado de	
grano y maduración.....	6
2.2 INCIDENCIA DE LA TEMPERATURA SOBRE EL	
CULTIVO.....	6
2.2.1 <u>Aspectos generales sobre etapas de</u>	
<u>desarrollo del cultivo</u>	6
2.2.2 <u>Incidencia sobre etapa vegetativa</u>	10

3.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	37
3.3.1 <u>Diseño experimental vegetativo y</u> <u>reproductivo</u>	37
3.4 MODELO ESTADÍSTICO.....	38
3.5 HIPOTESIS BIOLÓGICA.....	39
3.5.1 <u>Vegetativo</u>	39
3.5.2 <u>Reproductivo</u>	40
3.6 HIPOTESIS ESTADÍSTICA.....	40
3.6.1 <u>Vegetativo</u>	40
3.6.2 <u>Reproductivo</u>	40
3.7 TABLA DE ANAVA.....	40
3.7.1 <u>Vegetativo</u>	40
3.7.2 <u>Reproductivo</u>	41
 4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	 42
4.1 VEGETATIVO.....	43
4.1.1 <u>Fluorescencia</u>	43
4.1.2 <u>Score visual</u>	44
4.1.3 <u>Altura</u>	46
4.1.4 <u>Materia seca</u>	48
4.1.5 <u>Asociación entre variables</u>	51
4.2 REPRODUCTIVO.....	54

4.2.1 <u>Porcentaje de granos chuzos</u>	54
4.2.2 <u>Porcentaje de granos disformes</u>	59
4.2.3 <u>Porcentaje de esterilidad</u>	63
4.2.4 <u>Daño incremental relativo</u>	68
4.2.5 <u>Daño</u>	70
4.2.6 <u>Peso de 1000 granos relativo</u>	70
4.2.7 <u>Asociación entre variables</u>	71
5. <u>CONCLUSIONES</u>	76
6. <u>RESUMEN</u>	77
7. <u>SUMMARY</u>	78
8. <u>BIBLIOGRAFIA</u>	79
9. <u>ANEXOS</u>	82

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Diferentes tipos de daños por frío según estadio de crecimiento en arroz.....	8
2. Mecanismo de hipertrofia del tapete.....	19
3. Cultivares, parentales y ciclo (días) a floración.....	21
4. Cultivares con sus parentales y ciclo (días) a floración.....	35
5. Medias ajustadas por mínimos cuadrados de variables evaluadas en tratamiento de frío en vegetativo (3-4 hojas). cultivares agrupados según subtipos y ordenados crecientemente según fv/fm.....	42
6. Afección-recuperación según cultivar.....	46
7. Coeficientes de correlación y probabilidad encontrada en el estudio de correlaciones simples para las variables analizadas.....	53
8. Interacción subtipo <i>japónica</i> tropical *tratamiento.....	57
9. Porcentaje de granos vacíos por panoja, interacción nivel de temperatura*cultivar, en el conjunto total de cultivares.....	59

10. Respuesta en % granos disformes a tratamiento térmico en cultivares del subtipo <i>indica</i>	60
11. Porcentaje de granos disformes.....	61
12. Interacción promedio tratamiento* todos los cultivares para % de granos disformes por panícula.....	62
13. Respuesta en esterilidad (%) para interacción tratamiento*cultivares de subtipo <i>indica</i>	63
14. Respuesta en esterilidad para la interacción tratamiento*cultivares <i>japónicas</i>	64
15. Respuesta de esterilidad (%) para interacción tratamiento*cultivar en todos los cultivares.....	65
16. Esterilidad en diferentes momentos según cultivar.....	66
17. Esterilidad incremental relativa y daño.....	69
18. Asociación entre distintas características de granos por panoja.....	72

Figura No.	
1. Crecimiento y desarrollo del cultivo de arroz.....	3
2. Efecto de las temperaturas en diferentes etapas fenológicas.....	9
3. Evaluación de fluorescencia.....	34
4. Evaluación visual como media de mínimos cuadrados y sus desvíos según subtipo.....	44
5. Efecto general del cultivar en evaluación visual.....	44
6. Respuesta en altura (cm.) media de mínimos cuadrados y sus desvíos a los subtipos en diferentes niveles de tratamiento de frío.....	46
7. Altura media de mínimos cuadrados según subtipo...	48
8. Efecto general del subtipo.....	49
9. Efecto adictivo subtipo*tratamiento.....	49
10. Respuesta en materia seca (gr) a los cultivares para el promedio de las condiciones ambientales y térmicas (frío y no frío).....	50
11. Relación entre valores de fluorescencia y score visual en 19 cultivares de arroz tratados con frío (5 °C/24 hs).....	52
12. Asociación entre altura (cm) y score visual (1-9).....	53

13. Relación entre valores de fluorescencia y altura (cm) en 19 cultivares de arroz tratados con frío (5 °C, 24 hs).....	54
14. Porcentaje de granos vacíos en subtipos de arroz....	55
15. Porcentaje de granos vacíos en subtipo <i>indica</i>	56
16. Respuesta en % granos vacíos al subtipo <i>japónica</i>	56
17. Porcentaje de granos vacíos y granos disformes...	68
18. Eir (%), daño (%) y peso de 1000 granos relativos (%).....	69
19. Peso relativo de 1000 granos en cultivares.....	72
20. Asociación entre componentes de esterilidad.....	73
21. Asociación grano disformes(%) y esterilidad (%)....	74
22. Asociación entre granos vacíos y esterilidad en arroz.....	74
23. Asociación entre daño incremental relativo (%) y daño (%).....	75
24. Asociación esterilidad incremental relativa peso de 1000 granos relativo.....	72

1. INTRODUCCION

El arroz es uno de los cereales con mayor producción y consumo a nivel mundial, se cultiva en 150 millones de hectáreas en el mundo. En Uruguay ha demostrado un gran dinamismo e importancia productiva y económica; en este contexto, es un cultivo con alta adopción de tecnología y las prácticas de manejo adoptadas han permitido aumentar el rendimiento y los beneficios obtenidos. Más del 90% de la producción de arroz de Uruguay se destina a la exportación, destacándose como mercados Brasil, Irán y Perú.

En Uruguay el rendimiento se ha incrementado notoriamente desde la zafra 97/98 a la 08/09. El rendimiento medio durante dicho período aumentó un 55% pasando de los 5.086 Kg. /ha a los 7.800 kg/ha. La producción por hectárea de la zafra agrícola 2008/09 fue la mayor registrada en la encuesta arroceras hasta ese momento; la región norte-litoral oeste fue la que obtuvo mayor nivel de productividad. Durante el período se observa que la superficie sembrada fluctuó dentro de un rango de 150 a 195 mil hectáreas, siendo la región este donde se concentra la mayor área (entre 2/3 y 3/4 partes de la superficie nacional) (Pérez de Vida, 2010).

En Uruguay el arroz se produce en latitud 30° Norte, 34° Sur-Este y 53°-57° Oeste. En la zona Este, entre los paralelos 32 ° y 34° latitud Sur aproximadamente, donde se cultiva la mayoría del área arroceras del país existen riesgos de ocurrencia de temperaturas por debajo de los umbrales de tolerancia para el cultivo; definiéndose así un ambiente de relativa marginalidad para algunos materiales genéticos. Estas temperaturas son plausibles de ocasionar distintos niveles de estrés al cultivo y potencialmente pérdidas, dependiendo del momento fenológico del cultivo y severidad (duración e intensidad) del estrés (Pérez de Vida, 2010).

La ocurrencia de bajas temperaturas inferiores a 15 grados Celsius tienen una probabilidad de 30% en los meses de enero, febrero y primera década de marzo, en promedio de una serie 1973-2010 (Pérez de Vida, 2010). Pudiendo afectar, entonces, en la región Este

aun en siembras tempranas. Esta probabilidad aumenta en siembras tardías.

A nivel nacional e internacional existen muchos trabajos donde se estudió la respuesta al frío en diferentes cultivares, entre ellos El Paso 144 y INIA Tacuarí. Sin embargo en variedades nuevas es necesario generar información sobre su respuesta frente a efectos de frío.

El objetivo de este trabajo es indagar el efecto de la temperatura sobre un grupo elite del germoplasma de arroz del Programa de Mejoramiento de INIA, con adaptación general a nuestras condiciones ambientales. Se evaluó la respuesta del arroz en las etapas de: plántula (21 días post siembra), y prefloración (\pm 6cm entre las aurículas de la penúltima hoja y de la hoja bandera).

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 ECOFISIOLOGIA DEL CULTIVO DE ARROZ EN URUGUAY

2.1.1 Etapas de desarrollo del cultivo

Las variedades de arroz mayoritariamente cultivadas pertenecen al género *Oryza sativa* L. Es una planta anual de origen subtropical de hábito semiacuático y con un metabolismo de carbono de tipo C3.

La curva de crecimiento del cultivo de arroz medida a través de la acumulación de materia seca, no difiere al común de los cultivos de verano. En la figura No. 1 se muestra un esquema gráfico de las diferentes etapas de crecimiento del cultivo de arroz (Gamarra, citado por Ferreira y Montauban, 1998).

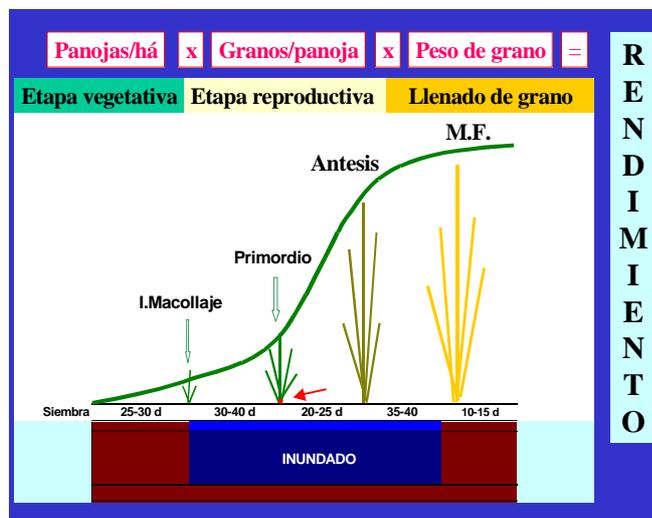


Figura No 1. Crecimiento y desarrollo del cultivo de arroz. Fuente: adaptado de Gamarra, citado por Ferreira y Montauban (1998).

El crecimiento en la planta de arroz se puede dividir en tres etapas: 1) etapa vegetativa, 2) etapa reproductiva, y 3) etapa de llenado de grano y maduración.

En términos generales las primeras etapas del cultivo (etapa vegetativa) ocurre en seco, siendo inundado el cultivo entre los 35-55 días luego de emergencia. Actualmente productores de punta de la zona Este del país están comenzando a regar d 3 a 4 semanas post siembra. Toda la etapa reproductiva y de llenado de grano ocurre en condiciones de inundación, siendo suprimido el riego unos 10 días antes de madurez fisiológica.

2.1.1.1 Etapa vegetativa

Según Ferreira y Montauban (1998) en las primeras etapas del cultivo, desde siembra hasta mediados de macollaje, su tasa de crecimiento es muy baja. En esta etapa su comportamiento es similar a cualquier cultivo gramíneo de verano en condiciones de seco y tiene una duración media de unos 50-60 días. Básicamente tiene los mismos problemas de implantación, necesita temperatura y humedad óptima para germinar e implantarse y es muy afectado por la competencia de malezas en este momento.

En dicha etapa comienza a determinarse el primer componente del rendimiento que es la máxima cantidad de tallos/ha que luego determinaran las panojas/ha.

Cabe agregar que en condiciones de riego las plantas presentan un sincronismo de crecimiento de los macollos, las hojas y las raíces. Esto es debido a que el macollo y las raíces emergen de un mismo nudo a un mismo tiempo. Por ejemplo cuando emerge la 6ª hoja, un macollo y las raíces emergen del 3º nudo, y análogamente, cuando ocurre la emergencia de la 7ª hoja, un macollo y raíces salen del 4º nudo y así sucesivamente (Zanini Neto, citado por Ferreira y Montauban, 1998).

2.1.1.2 Etapa reproductiva

Esta etapa comienza desde mediados de macollaje a fin de la floración con una duración promedio de unos 35-45 días.

Ferreira y Montauban (1998) reportan que el periodo reproductivo abarca desde la diferenciación del primordio hasta que el 50% de las flores han sido polinizadas, y que el mismo se puede dividir en: a) diferenciación del primordio floral, b) embarrigado y c) floración o antesis.

A mitad del macollaje ó incluso antes se comienzan a producir cambios a nivel del meristemo del tallo principal, dejando de producir primordios foliares para producir primordios florales.

Estos cambios se hacen visibles recién al fin del macollaje y se denomina etapa de primordio floral. En este momento el primordio tiene un tamaño de 2 mm y es posible verlo a simple vista realizando un corte longitudinal en el tallo principal.

A partir de este estadio el cultivo comienza una etapa caracterizada por altas tasas de crecimiento y los entrenudos comienzan a alargarse elevando en altura al ápice reproductivo. Cuando la panoja queda visiblemente envuelta dentro de la hoja bandera se denomina a ese estadio como embarrigado.

En esta etapa se define el segundo componente del rendimiento que es el tamaño de la panoja expresado a través del número de granos/panoja.

Si bien toda esta etapa es citada como susceptible a sufrir daños por bajas temperaturas que pueden determinar esterilidad de la panoja, se cita con más frecuencia los momentos más cercanos a la floración como los más críticos (específicamente los procesos de formación del polen).

2.1.1.3 Etapa de llenado de grano y maduración

La etapa de llenado de grano y maduración comienza luego de la floración y termina cuando la humedad promedio del grano es de alrededor del 20 %, significando que no hay más deposición de carbohidratos en el grano y comienza un período de pérdida de humedad (Ferreira y Montauban, 1998). En general, este período desde comienzo de llenado del grano hasta madurez fisiológica tiene una duración promedio de unos 30-35 días.

En la misma se define el último componente de rendimiento que es el peso de grano. Este es el componente más estable. Las condiciones ambientales en esta etapa son determinantes de la calidad industrial del grano además del tamaño.

Según Blanco, citado por Ferreira y Montauban (1998), como el período de llenado es generalmente considerado como una constante para cada área de cultivo de arroz y las diferencias entre variedades son reducidas, la clasificación de la duración del crecimiento puede ser basada en la duración desde la siembra a la floración.

2.2 INCIDENCIA DE LA TEMPERATURA SOBRE EL CULTIVO

2.2.1 Aspectos generales sobre etapas de desarrollo del cultivo

El cultivo de arroz se desarrolla en base a suma térmica, y las variedades difieren en cuanto a las unidades de calor necesarias para alcanzar los diferentes estadios. En Uruguay existe un período libre de heladas de 6 meses por lo que es posible obtener una cosecha en cualquier parte del país (Ferreira y Montauban, 1998).

Las temperaturas extremas limitan la siembra del cultivo de arroz a ciertas zonas templadas y ejercen una influencia sobre el crecimiento del mismo en los trópicos. La mínima temperatura diaria

determina la estación efectiva del cultivo (Stansel, citado por Castera et al., 1999).

El efecto de la temperatura es más complejo y menos entendido que la respuesta al largo del día. Esta afecta el crecimiento de dos maneras (Ribero, 2004): 1) Temperaturas críticas altas y bajas definen el ambiente bajo el cual el ciclo de vida de la planta de arroz puede ser completado. 2) Dentro de ese rango de temperaturas críticas, la temperatura influencia la tasa de desarrollo de las hojas, panojas y tasa de maduración, por eso fija la duración de crecimiento de una variedad bajo un ambiente dado, y eventualmente determina el ajuste de la variedad al ambiente (Yoshida, citado por Castera, 2000).

La planta de arroz, de origen tropical (C3), sobrevive en un amplio rango de temperaturas (de 10 a 50°C), siendo más afectado por mínimas extremas que por las máximas extremas (Chang, citado por Ferreira y Montauban, 1998).

Las bajas temperaturas producen mayores perjuicios en ciertas etapas de crecimiento, pero pueden tener efecto en cualquier estadio. Algunos efectos de las bajas temperaturas pueden ser: a) pobre germinación, b) decoloración de la hoja, c) falta de desarrollo, d) excursión incompleta de la panoja, e) incremento de espiguillas degeneradas, f) falla en la antesis, g) reducción de macollos, h) retraso en la floración, i) Degeneración de espiguillas, j) Madurez irregular, k) Esterilidad, l) Formación de granos anormales, Kaneda y Beachell, citados por Toriyama (1975), Vergara(1976a).

En la Estación Experimental de Chuncheon en Korea, en 1985, se reportaron los diferentes tipos de daños por frío según el estadio de crecimiento (cuadro No. 1).

Cuadro No. 1. Diferentes tipos de daños por frío según estadio de crecimiento en arroz.

Estadios	Tipos de Daño
Germinación	Bajo % de germinación y alargamiento del período para la germinación
Plántula	Inhibición del crecimiento vegetativo. Decoloración de hojas.
Después de trasplante	Inhibición de crecimiento de raíces, crecimiento y macollaje.
Meiosis y embarrigado	Inhibición del polen y formación de espiguillas.
Panojamiento	Pobre excursión de la panícula. Inhibición de dehiscencia de polen y polinización.
Maduración	Inhibición de llenado de grano. Decoloración de hojas y temprana senescencia.

Dichos autores citan que con temperaturas inferiores a 10-12°C en suelo el arroz es capaz de germinar pero su implantación se ve muy comprometida y demorada en el tiempo. Esta etapa y el crecimiento de la plántula son normales cuando se registran temperaturas medias de entre 18 a 25°C en el suelo.

Los daños por frío en última instancia se reflejan en bajos rendimientos, tal como se observa en el siguiente esquema, adaptado de Kaneda, citado por Ferreira y Montauban (1998).

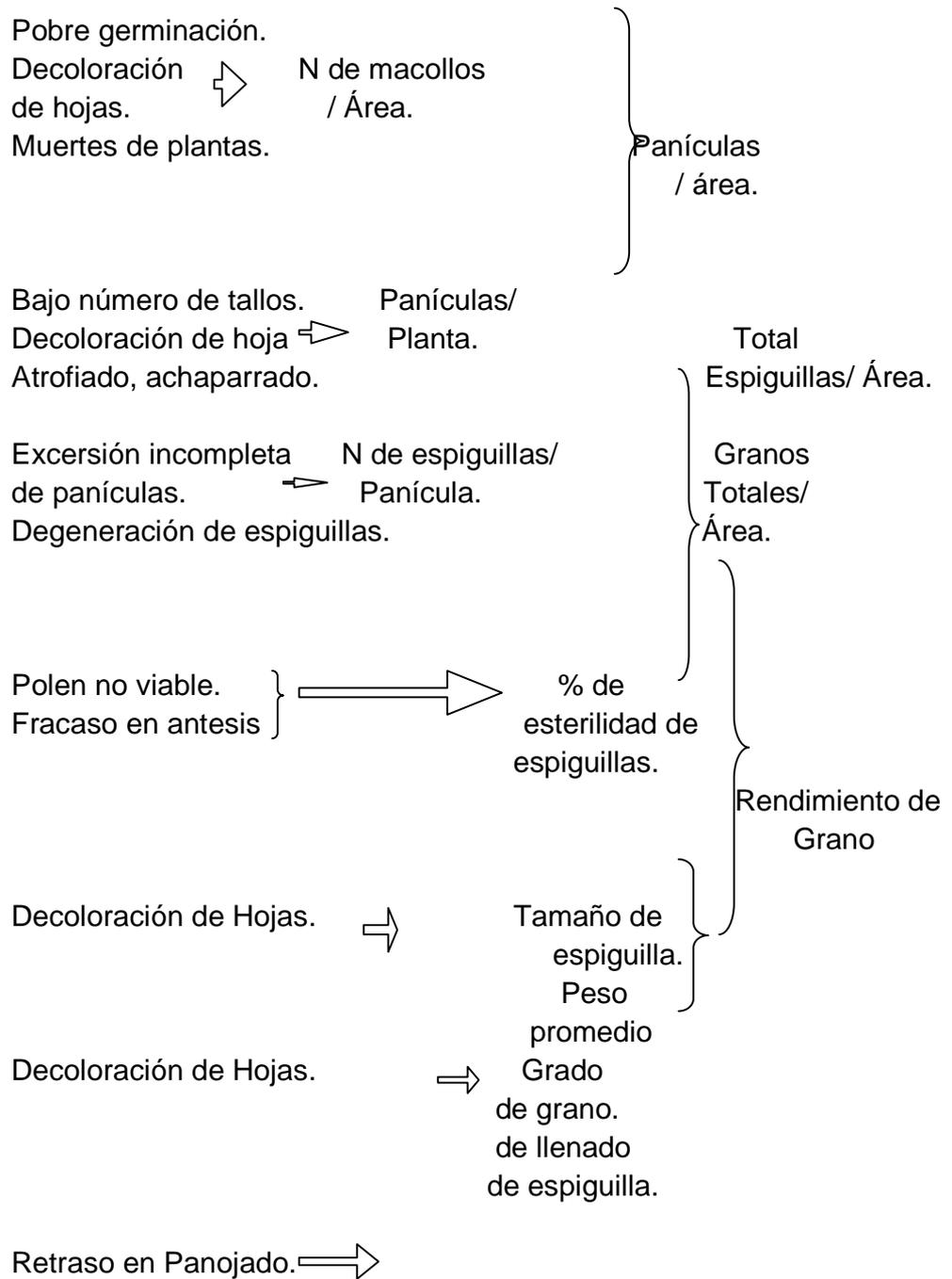


Figura No. 2. Efecto de las temperaturas en diferentes etapas fenológicas.

Tanaka, citado por Ribero (2004), cita que estudios realizados en Japón demostraron que plantas en estado de formación del primordio floral sometidas a temperaturas de 17°C durante 5 días resultaron completamente estériles, y que, la formación de polen se interrumpe causando esterilidad cuando ocurren temperaturas de 15°C durante solo una hora.

Vidal, citado por Ribero (2004), menciona que las temperaturas bajas tienen un gran efecto en la etapa reproductiva a través del incremento del porcentaje de esterilidad de flores. Se citan valores de alta esterilidad con temperaturas de 17 °C durante un lapso de 6 días. Así mismo se evidenció una interrupción marcada en la división meiótica e hipertrofismos de células, causales de la esterilidad con temperaturas inferiores a 15 °C.

Según Zanini, citado por Ribero (2004), la floración de una espiguilla ocurre entre las 12 y 14 horas del día y generalmente la flor permanece abierta por un período no mayor a tres horas. No todas las espiguillas de una panoja florecen al mismo tiempo. Dentro de la panoja la floración comienza por el tercio superior y luego transcurre en el medio y tercio inferior sucesivamente, demorando todo este proceso entre 5 a 10 días.

2.2.2 Incidencia sobre etapa vegetativa

Roel y Méndez (2006) indican que en la zona Este del país hay mayor probabilidad de ocurrencia de periodos muy fríos en las primeras etapas del cultivo, retrasando la emergencia de plantas y su crecimiento.

Según Chang, citado por Ferreira y Montauban (1998), el límite para la germinación y crecimiento post emergencia es de 15 °C.

Shibata, citado Ferreira y Montauban (1998) establece la correlación positiva que hay entre la tolerancia al frío de la plántula y tasa de macollaje.

Cuando la temperatura cae por debajo de cierto nivel, el crecimiento y desarrollo puede detenerse y éstas se consideran

temperaturas inefectivas; el rango es de 9 a 18 °C dependiendo del tipo varietal (Yoshida et al., citados por Blanco, 1991).

Las bajas temperaturas críticas para el macollaje son de 9 °C (Chamura y Honma, citados por Toriyama, 1975).

Frente al aumento de la temperatura, el macollaje aumenta, el intervalo foliar se acorta y cada hoja es más larga. Un incremento de la temperatura incrementa la tasa de emergencia de hojas. Siendo que el número de hojas desarrolladas en el tallo medio antes de la floración es bastante constante, el efecto de la temperatura en el período que va desde la siembra hasta la iniciación de la panícula, cuenta en mucho para la variabilidad en la duración del crecimiento de los cultivares de arroz.

Sasaki, citado por Toriyama (1975), reporta una correlación positiva entre: 1) germinación a bajas temperaturas y crecimiento inicial de plántulas. 2) crecimiento radicular y establecimiento de plántula.

Las bajas temperaturas durante elongación de entrenudos ocasionan daños irreversibles como esterilidad de las espiguillas, mientras que la muerte de plantas es el resultado indirecto del amarillamiento de las hojas y de la imposibilidad de las raíces de absorber nutrientes (Vergara, 1976b).

Según Munakata, citado por Ribero (2004) al comienzo del período de macollaje, la temperatura óptima para obtener mayor número de macollo es de 35° C. A su vez, el macollaje es inversamente proporcional a la elongación de tallos (altura de la planta), siendo el óptimo para este proceso 25°C – 30° C. Este rango de temperatura es intermedio a los dos óptimos de temperatura para obtener un mayor número de panículas. El primer óptimo se da con temperaturas de 27°, 28° a 35°C cuarenta días previos a panojamiento y el segundo a 20°C – 23° C durante veinte días previos a panojamiento.

La curva de temperatura con dos óptimos se atribuiría al incremento en la amonificación del nitrógeno del suelo por alta temperatura o bien por la inhibición de la elongación de tallos a altas y bajas temperaturas.

El macollaje termina cuando la temperatura está en un rango entre 20°C – 25°C, por 15 – 20 días previos a panojado (cambio a estado reproductivo por acumulación de unidades térmicas).

A su vez Chang, citado por Ferreira y Montauban (1998) como se menciono anteriormente, reporta que días con temperaturas mayores a 25°C, reducen el período de macollaje en variedades que provienen de altas latitudes y acelera la iniciación de la panícula y su emergencia.

Según Nishiyama (1984), durante el macollaje ocurre una severa inhibición de la absorción de fósforo y potasio con temperaturas de 17°C. Por su parte, las bajas temperaturas (13°C), inhiben la traslocación de nitrógeno, fósforo, sales y carbohidratos, lo que se traduce en menor número de panículas.

2.2.3 Incidencia en etapa reproductiva

Períodos fríos, -comunes en la zona Este del Uruguay, donde se concentra la mayor parte del cultivo-, han sido identificados como una de las principales causas de inestabilidad de los rendimientos del país. Por esta causa se limita el uso de cultivares de origen tropical (Blanco, 1991), a aquellos con mayor tolerancia como las variedades actuales El Paso 144 e INIA Olimar (Pérez de Vida, 2010). Como se mencionara, la ocurrencia de bajas temperaturas inferiores a 15 grados Celsius tienen una probabilidad de 30% en los meses de enero, febrero y primera década de marzo, en promedio de una serie 1973-2010 (Pérez de Vida, 2010). Mientras que en el extremo norte del país las probabilidades de ocurrencias de fríos se comienzan a manifestar recién a partir de la segunda década de marzo cuando ya se ha dado la totalidad de la floración Roel, citado por Castera (2000) lo identifica como el período más crítico por las consecuencias que puede tener en la esterilidad de los granos y por lo tanto en el rendimiento.

Tanaka, citado por Ferreira y Montauban (1998), cita que estudios realizados en Japón demostraron que plantas en estado de formación del primordio floral sometidas a temperaturas de 17°C

durante 5 días resultaron completamente estériles, y que, la formación de polen se interrumpe causando esterilidad cuando ocurren temperaturas de 15°C durante solo una hora.

Según Zanini, citado por Ribero (2004), la floración de una espiguilla ocurre entre las 12 y 14 horas del día y generalmente la flor permanece abierta por un período no mayor a tres horas. No todas las espiguillas de una panoja florecen al mismo tiempo. Dentro de la panoja la floración comienza por el tercio superior y luego transcurre en el medio y tercio inferior sucesivamente, demorando todo este proceso entre 5 a 10 días.

Estas apreciaciones son concordantes con las de Boerema, citado por Ferreira y Montauban (1998), que identifica el alto nivel de esterilidad de flores, a causa de daños por frío. Se convierte así, este factor, en el más significativo que contribuye a la variabilidad en la producción (Ferreira y Montauban, 1998). Stansel (1975), define el rango de temperatura ideal en la etapa reproductiva entre 22°C – 31°C.

Pérez de Vida (2010), menciona que diversos reportes señalan el estadio reproductivo en arroz como el más susceptible frente a un estrés de baja temperatura. En particular, el proceso de fecundación de flores, y por ende de formación de granos es altamente susceptible a la ocurrencia de dicho estrés. La fecundación puede ser impedida por la nula ó escasa viabilidad de los granos de polen, incluyendo una pobre habilidad para germinar en las estructuras florales femeninas. La inviabilidad del polen es atribuible al daño por frío en células germinales (estado de microsporogenesis) causando la alteración de membranas que deben mantenerse para la nutrición y maduración del polen. En este sentido se reporta que el periodo de microsporogenesis es uno de los más sensibles, durante 10 a 15 días previo al inicio de la floración.

También se reporta que durante la antesis propiamente, la baja temperatura podría afectar la germinación y progresión del tubo polínico en el proceso de fecundación. Sin embargo, de acuerdo a los registros climáticos disponibles en EEE, los eventos de bajas temperaturas son

casi exclusivos de horas nocturnas, no impactando de esa manera en la fecundación, sino en la etapa de formación de los granos de polen, Pérez de Vida (2010).

Las variedades presentan diferente resistencia y/o tolerancia a la ocurrencia de frío durante la etapa reproductiva del cultivo. Ello se refleja en el distinto incremento de la esterilidad en siembras tardías. En nuestras condiciones El Paso 144 es la más susceptible a condiciones de baja temperatura, mientras que INIA Yermal e INIA Tacuarí son las más tolerantes (Blanco et al., 2006). Se puede considerar a Bluebelle e INIA Caraguatá en un grado intermedio (Pérez de Vida, 2010).

Las bajas temperaturas en esta etapa pueden tener muy importantes efectos negativos o positivos sobre el rendimiento, tal es así que Stansel (1975), señala que una relativamente baja temperatura dentro de los rangos no perjudiciales durante la fase reproductiva, favoreció el número de espiguillas por m².

Satake, citado por Ferreira y Montauban (1998), identificó dos tipos de daños en el arroz por frío: la esterilidad y el retardo del crecimiento. En los estadios de primordio y antesis la ocurrencia de bajas temperaturas lleva a un descenso en la producción por incrementos en la esterilidad. Por otra parte el retardo en el crecimiento, causado por bajas temperaturas durante el proceso de maduración, disminuye la producción por consecuencia de la inmadurez de los granos.

Como indican Ferreira y Montauban (1998), además del efecto de las bajas temperaturas, diversos autores han reportado la incidencia de altas temperaturas en inducir la esterilidad durante la antesis.

Los daños por altas temperaturas en esta etapa, se darían, según Munakata, citado por Ferreira y Montauban (1998) de 35°C y 30°C del día y la noche respectivamente. Como estas temperaturas son difíciles de alcanzar en la Zona Este del País; son las bajas temperaturas las más problemáticas.

Según Stansel (1975), hay tres fases en la etapa reproductiva donde las bajas temperaturas pueden afectar la producción: 1ª etapa: durante la iniciación de la panícula, que ocurre aproximadamente 4

semanas previas a la floración. 2ª etapa: durante la meiosis, de 10 a 12 días previos a la primera panícula visible. 3ª etapa: durante la antesis, ocurre 1 a 3 días después de que las flores emergieron por sobre la vaina de la hoja bandera y se continúa alrededor de 14 días.

2.2.3.1. Diferenciación de primordio

Según Stansel (1975), con temperaturas menores a 15 °C, no se da la iniciación floral, ni diferenciación de las flores, A su vez éste último identifica el óptimo de temperaturas de la noche para iniciación floral y desarrollo, entre 18 y 25 °C. La óptima temperatura para la diferenciación de las flores depende del largo del día. Cuando los días son largos el óptimo de temperatura es alto, y cuando los días son cortos el óptimo de temperatura es menor.

Best, citado por Ferreira y Montauban (1998) indica que temperaturas del aire superior a 20°C e inferior a 29°C, aceleran la diferenciación de las flores.

Stansel (1975), encontró que durante la iniciación de la panícula, temperaturas inferiores a 15°C determinan que el número de espiguillas por panícula disminuya.

Matsuo et al., citados por Ribero (2004), reportaron que el desarrollo de las panículas fue retardado a bajas temperaturas, mientras que las altas temperaturas (35 – 37°C), aceleran este proceso. Si se acelera la excursión de la panícula, la planta queda más baja, las panículas quedan altas y pequeñas y el llenado de grano disminuye.

2.2.3.2 Embarrigado

Estudios realizados por Pérez de Vida (2010) coinciden con Ferreira y Montauban (1998), en que el período desde la diferenciación del primordio hasta el comienzo de la floración, es la etapa en que la planta de arroz es más vulnerable a condiciones climáticas adversas.

Aproximadamente ocho días, después del primordio, las células que producen el polen comienzan a dividirse. Las bajas temperaturas en esta etapa, pueden causar alta esterilidad del grano (Stansel, 1975).

La mayor causa de la reducción en la producción se cree que se debe a la esterilidad del polen, causada por daños por bajas temperaturas en el estado de desarrollo de joven microspora (Satake, citado por Ferreira y Montauban, 1998). Dichos autores también citan que sin embargo es probable que haya otros caminos de reducción en la producción por bajas temperaturas, esto se demuestra por otros períodos con bajas temperaturas, donde se afectaría la producción (Williams y Angus, 1994).

Según Stansel (1975) durante la meiosis, de 10 a 12 días previo a la primer panícula visible (cuando las aurículas de la hoja bandera pasan por las aurículas de la última hoja) los daños producidos están en función de las bajas temperaturas, de la duración de éstas y de las fluctuaciones diurnas, así como de las diferencias varietales.

Se puede definir la esterilidad por la ecuación:

$$\%est. = \frac{(\text{media } T^{\circ}\text{diaria} - 20^{\circ}\text{C}) (\text{No días con } T^{\circ} < 20^{\circ}\text{C}) \times 100}{(\text{rango } T^{\circ} \text{ diurna} - 1)(-10)}$$

Este autor Stansel (1975) define que temperaturas debajo de 20°C son suficientes para causar esterilidad de espiguillas.

Sin embargo otros autores definen otras temperaturas como críticas para causar esterilidad. En California (EEUU), temperaturas de la noche, por debajo de 17°C desde embarrigado a floración afectan la meiosis, y dependiendo de su extensión y duración, también ocasionan esterilidad de flores (Toriyama, 1975).

Las temperaturas críticas para esterilidad causada por tiempo frío, se reportaron entre 17 y 21 °C dependiendo de la variedad (Nishiyama, 1984).

Según Satake, citado por Ferreira y Montauban (1998), demostró que en las variedades tolerantes se indujo la esterilidad a 15-17 ° C y en las variedades sensibles a 17-19 °C. Estas temperaturas

son para condiciones constantes, lo que no ocurre en la naturaleza, donde el problema se da cuando ocurren bajas temperaturas durante el día y altas en la noche. Poca esterilidad se da cuando ocurre al inverso.

Williams et al., citados por Ferreira y Montauban (1998) mostraron que el más sensible de los estados a daños por frío es durante el estado de microspora en el desarrollo del polen, que ocurre alrededor de 10 días previos a floración. Temperaturas menores a 20°C durante este período mostraron una marcada reducción de las flores y por lo tanto fertilidad de espiguillas.

El periodo crítico para daños por frío en el campo, es probable que sea más largo que el indicado bajo condiciones de trabajo en ambientes controlados. Esto es debido a una extensión en la edad fisiológica del desarrollo de las panículas en el tallo principal y en los macollos podrían tener diferente tiempo de exposición.

Nishiyama, citado por Ferreira y Montauban (1998) encontró que los daños por bajas temperaturas en la meiosis causan esterilidad (más precisamente en el estado de joven microspora) y en la antéscis causan infertilización.

Esto corroborado por Satake, citado por Ferreira y Montauban (1998), que identificó que el estado más sensible es el de joven microspora, comprendido desde la tétrada a la primera fase de contracción después de la división meiótica. Secundariamente sería el estado previo a leptotenia. En la meiosis son marcadamente visibles las alteraciones como: movimiento de cromosomas, formación de la membrana celular.

En cambio el trabajo presentado por Satake y Hayase, citados por Ferreira y Montauban (1998), mostró que el estado más sensible al enfriamiento no es el de división meiótica, si no el de joven microspora, desde la tétrada hasta la primer fase de contracción.

Otros resultados sugieren la existencia de un secundario estado sensible al enfriamiento, que se da previo a la división meiótica de las células madres del polen.

En este antecedente se basaron Satake y Hayase, citados por Ferreira y Montauban (1998) para identificar el segundo estadio más sensible al enfriamiento, que se daría justo antes de la etapa temprana de leptoteno. Esta etapa susceptible a disturbios fisiológicos es crítica en determinar la división meiótica y el normal apareamiento de los cromosomas.

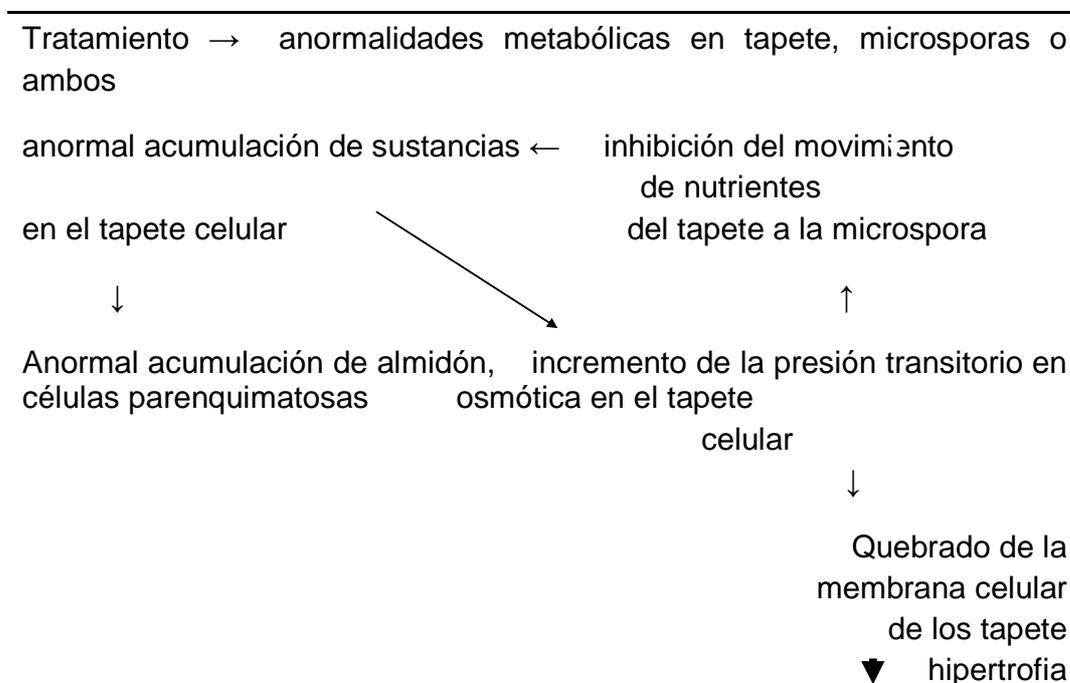
Bajas temperaturas durante esta etapa quizás provoquen subsecuentes aberraciones, tales como alta frecuencia de univalentes, cese del desarrollo y degeneración de microsporas. Se infiere los mayores efectos de las temperaturas sobre la fertilidad en dos momentos: 1) joven microspora, desde la tétrada a la primera fase de contracción. 2) estado de leptoteno. El intervalo de tiempo entre los dos estados más sensibles es estimado en alrededor de dos días y medio. La susceptibilidad al frío durante meiosis se manifiesta en la sinapsis de los cromosomas y la a normal hipertrofia del tapete celular que ocurre desde la primera a la segunda fase de contracción de las microsporas (Chang, citado por Ferreira y Montauban, 1998).

Por su parte Satake, citado por Ribero (2004) reportó éstas y otras anomalías citológicas: 1) daños en la diferenciación del grano de polen y surco embrionario de la célula madre. 2) no acoplamiento de los cromosomas durante la meiosis. 3) interrupción de la formación de la pared celular después de la meiosis, esta produce en el polen, células con 2 ó 4 núcleos que no son funcionales y degeneran. 4) hipertrofia del tejido del tapete en las anteras dañadas. El porcentaje de hipertrofia del tapete celular se incrementa con las bajas temperaturas, a su vez la tasa de hipertrofia del tapete por tratamientos con frío se correlaciona con la resistencia varietal a la esterilidad, producida por el frío.

La función del tapete celular es regular el movimiento de nutrientes desde los tejidos circundantes hacia la microspora. Si ocurren daños en el sistema metabólico (hipertrofia del tapete), el suministro de nutrientes (azúcares) a la microspora puede ser afectado, y esto sería la mayor causa de los daños que ocasiona inviabilidad de polen y esterilidad.

Cuando se da acumulación anormal de azúcar se produce el quebrado de las paredes intertapete y esto conduce a la fusión de algunos de ellos. Se observó que las anteras tratadas con frío tuvieron un incremento en el contenido de sacarosa; se asume que el anormal incremento de esta en el tapete celular, aumenta la presión osmótica y resulta en hipertrofia del tapete.

Cuadro No. 2. Mecanismo de hipertrofia del tapete



Ito, citado por Ferreira y Montauban (1998), observó que con tratamientos de frío decrece el porcentaje de polen maduro y la fertilidad de espiguillas.

El peso seco y el total de aminoácidos en las anteras decreció en un 40-50% en el tratamiento con frío (4 días a 12°C desde célula madre del polen a división meiótica) con respecto al testigo, este crecimiento fue paralelo a la esterilidad.

Para una normal madurez de las anteras la fracción prolina debe ser un 40-50 % del total de aminoácido, esto indicaría que actúa como sustancia de reserva que contribuye a la germinación del polen y crecimiento del tubo polínico.

El contenido total de aminoácido disminuye con tratamientos de frío, pero es la fracción prolina la que más decrece.

La supresión del incremento en peso total de aminoácidos y contenido de prolina de las anteras se da 4 días post tratamiento (7 días antes de floración). Este tiempo coincide justo cuando se da una aparente supresión del largo de la antena, actividad respiratoria, proteína y cantidad de ácido fosfórico soluble, por lo tanto el frío afectaría un proceso bioquímico común que conducía a esta supresión.

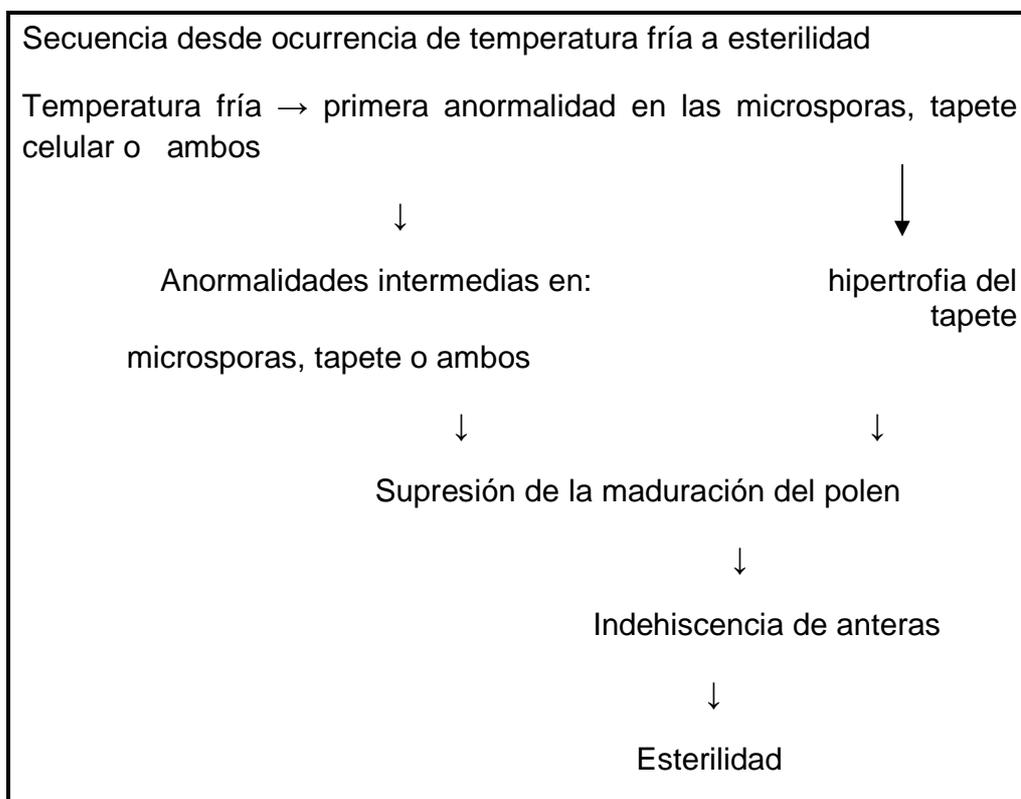
Por su parte Satake, citado por Ferreira y Montauban (1998), realizó tratamientos con frío durante meiosis, y observó retardo en el crecimiento en largo de la palea, pero no en el largo final. Por otra parte reportó que se acorta el largo de la antera entre un 10-20 % en panojado. También disminuye el peso seco por antera y el contenido de N, P, K y de proteínas. Esta disminución en panojado coincide con el descenso de la fertilidad debido al tratamiento con frío. Las anomalías pueden ser detectadas 4-5 días post tratamiento.

Ito, citado por Ferreira y Montauban (1998), identificó que la fracción prolina es la mayor de todos los aminoácidos en la antera y que su contenido decrece considerablemente en caso esterilidad fisiológica y genética.

Todos los aminoácidos disminuyen ante el enfriamiento, por lo tanto la diferencia entre anteras sanas y tratadas con frío se hace perceptible por el contenido de prolina y del total de aminoácidos cuatro días después del tratamiento.

Como ya se mencionó, el estado de joven microspora es el más sensible y el más directamente afectado. La temperatura ambiental antes y después de éste estado crítico, influencia el grado de esterilidad que es inducido por las bajas temperaturas.

Cuadro No. 3. Secuencia desde ocurrencia de bajas temperaturas a esterilidad.



2.2.3.3 Antesis

Las temperaturas que se reportan como críticas son las menores a 22 °C en cultivares índicos, temperaturas diurnas mayores acompañadas de altos niveles de radiación dan una adecuada condición climática (Stansel, 1975).

Según Ribero (2004), diversos estudios de la incidencia de la temperatura en éste período concluyen que los daños pueden deberse tanto al efecto de bajas y altas temperaturas.

Según Stansel (1975) el período más importante en determinar la esterilidad es durante la antesis. Esta ocurre 1 a 3 días después de

que las flores emergieron por sobre la vaina de la hoja bandera y se continúa por alrededor de 14 días.

Las bajas temperaturas influyen en la maduración del polen y por lo tanto en la esterilidad de las flores. La floración tiene una distribución normal con el máximo en el 8^o-9^o día (cuando el 25 % de las flores están en antésis). La polinización ocurre 3 a 8 horas después del amanecer (entre las 10 y 15 horas).

Por otra parte la mínima temperatura para la apertura de flores es reportada desde 15 a 18 °C en variedades japónicas (Terao, citado por Ribero, 2004) a 21-22 °C para variedades índicas (Vergara, citado por Toriyama, 1975). A su vez Stansel (1975), encontró estos mismos niveles críticos de temperatura para que ocurra la antésis.

Chebataroff y Píriz, citados Ribero (2004) encontraron que temperaturas medias de 19°C o inferiores, alrededor de ocho días después del comienzo de floración, provocan de un 40 a 50 % de esterilidad en Bluebelle. Sostienen en dicho trabajo que temperaturas medias de 16°C o inferiores, actuando durante un tiempo prolongado en ese período, pueden causar esterilidad casi total. Dichos autores observaron que estos resultados no concuerdan con el momento de mayor susceptibilidad ya mencionado y del que habla la mayor parte de la bibliografía, o sea la formación de los granos de polen, que tiene lugar 10-12 días antes del comienzo de floración (Ribero, 2004).

De Souza y de Datta, citados Ribero (2004) señalan que entre las 10 y 14 horas se produce la fecundación de las flores, y las temperaturas por debajo de 15°C en ese momento pueden causar esterilidad y reducción del rendimiento y la que el número de granos por panícula depende del número de flores producidas y del número de esas flores que son polinizadas.

El efecto del frío puede ser menos severo en el período previo a floración en comparación con la esterilidad que puede ocurrir como resultado del frío durante antésis (Yoshida, citado por Ribero, 2004).

Lee, citado por Toriyama (1975), encontró una significativa correlación entre la esterilidad de plantas tratadas a bajas temperaturas

en la etapa meiótica y la esterilidad de las plantas tratadas en floración (Ribero, 2004).

Nishiyama, citado por Ferreira y Montauban (1998), reconoce los pasos en el desarrollo del polen y anteras: 1.-Crecimiento de microspora; 2.-degradación del tapete celular; 3.-Mitosis del polen; 4.-Crecimiento del polen; 5.-Dehiscencia de anteras; 6.-Recubrimiento del estigma con polen; 7.-Elongación de los tubos polínicos; 8.-Fertilización

Concluyendo que los daños por frío en la antesis causan infertilización, atribuible a una alteración en la actividad fisiológica del polen.

Satake, citado por Ferreira y Montauban (1998), identifica los daños desde la diferenciación de la antera a la germinación del polen: 1.-cese del desarrollo de la antera; 2.-polen inmaduro; 3.-parcial o total indehiscencia; 4.-poca o nula cobertura del polen sobre el estigma; 5.-falta de germinación en el estigma.

Diversos estudios de la incidencia de la temperatura en este período concluyen que los daños pueden deberse tanto al efecto de bajas y altas temperaturas.

2.2.3.4 Incidencia en etapa llenado de grano y de maduración

Ritchie, IRRI, citados por Castera (2000) afirman el concepto de que la tasa de llenado de grano es casi constante entre variedades y el promedio de temperatura es relativamente constante hasta que el grano este casi lleno, agregando que las diferencias en la duración que podrían existir, se deberían a las diferentes temperaturas registradas en las distintas localidades. Esto lleva a que la duración de esta fase sea mayor en una zona templada que en una zona tropical (Ribero, 2004).

Alta respiración producida por excesivo crecimiento vegetativo disminuye la producción de grano por excesivo sombreado, incrementando la incidencia de enfermedades y plagas. Con temperaturas de la noche mayores a 22°C, se incrementa la respiración y disminuye el balance de fotosintatos que van hacia la panícula.

Por otra parte baja iluminación y temperatura reducen la tasa fotosintética, limitando la cantidad de fotosintatos para la producción de granos. Con temperaturas por debajo de 22°C durante el día la fotosíntesis es menor pero se compensa con la menor respiración.

Stansel, citado por Ferreira y Montauban (1998) encontró que altas temperaturas durante el llenado aceleran la maduración, reducen el contenido de humedad del grano y cortan el suministro de carbohidratos, dando como resultado granos más chicos y de menor calidad. Por el contrario, baja respiración combinada con disminución en la humedad y progresivo descenso de la temperatura (21 a 14 °C), incrementa la producción.

De acuerdo a lo que señala Ferreira y Montauban (1998), el óptimo de temperatura para la maduración es entre 20 y 23°C, donde el día 20 del período de “llenado de grano”, hay una lenta declinación en madurez por bajas temperaturas y una alta declinación por altas temperaturas (Munakata, citado por Ferreira y Montauban, 1998).

Nishiyama (1984), reportó que la maduración del grano es adversamente afectada por temperaturas menores a 17 °C. A su vez Tanaka, citado por Toriyama (1975), indica que las temperaturas mínimas para la maduración de grano son entre 12 y 18 °C (Ribero, 2004).

Las bajas temperaturas en el estado de maduración tienen significativo impacto en la disposición de sustancias y en particular causan retardo en su deposición.

La reducción en la producción se debe a un progresivo descenso de la temperatura durante el estado de maduración; también cuando en este estado la temperatura es alta, la producción decrece debido a un excesivo consumo de energía acompañado de respiración durante la maduración.

Esto implica que para la fijación de dióxido de carbono a través de la fotosíntesis, son preferibles temperaturas de 25-30°C, ya que las altas temperaturas, la respiración se hace vigorosa y la sacarosa que

tendría que convertirse en sustancia de reserva es consumida como fuente de energía.

Durante la noche cuando la fotosíntesis no se produce, es deseable para el incremento de la producción del cultivo que las temperaturas sean bajas, pero no tan bajas como para inhibir la traslocación (Matsuo et al., citados por Ferreira y Montauban, 1998).

Sasaki, citado por Toriyama (1995), señala que las temperaturas no solamente afectan la fotosíntesis y la respiración, sino también la velocidad de traslocación de varios minerales a las espiguillas durante la maduración.

Fukushige, citado por Toriyama (1975), confirma que el efecto de la temperatura sobre la madurez de grano es a través del impacto en la tasa fotosintética y velocidad de traslocación.

En panículas expuestas a bajas temperaturas (11-15°C), la traslocación de ácido fosfórico fue fuertemente inhibida (Aimi y Sawamura, citados por Ribero, 2004). Estos resultados indican que la temperatura afecta la traslocación de sustancias a las espiguillas durante este período.

Excepto durante macollaje y tarde en el llenado, bajas temperaturas nocturnas (16-21°C), favorecen la producción de grano (Matsushima y Tsunoda, citados por Ferreira y Montauban, 1998).

Los mayores rendimientos en áreas templadas que en zonas tropicales han sido generalmente atribuidos a menores temperaturas durante maduración. Esto se debe a que la maduración se alarga dando más tiempo para el llenado de los granos. Días largos y altos niveles de radiación solar durante la maduración también contribuyen a obtener altos rendimientos de granos en zonas templadas (EUA, Australia y parte de Europa).

2.2.4 Tipos de daño y órganos afectados por temperaturas frías

Según Ribero (2004), temperaturas frías causan muchas lesiones en diferentes etapas de crecimiento de arroz, y resulta en algo de reducción del rendimiento. Esterilidad y retraso de crecimiento son

los principales factores de reducción del rendimiento, la esterilidad es causada por temperaturas frías en dos diferentes etapas: la etapa de joven microspora y la etapa de floración. En el tipo de retraso de crecimiento, la reducción de rendimiento de arroz es debido a insuficiente maduración de grano causada por temperaturas frías durante el período de maduración. La gran parte de el daño es esterilidad debida a temperaturas frías en torno a etapa de joven microspora en etapa de embarrigado, y siguiente daño justo antes de floración en antésis (Kariya, citado por Ferreira y Montauban, 1998).

2.2.4.1 Estado de crecimiento y sensibilidad de órganos a bajas temperaturas

Según Tsunoda y Takahashi, citados por Ribero (2004) el estado meiótico de la célula madre de polen ha sido considerada la más sensible durante el embuche o embarrigado, porque las anomalías citológicas fueron observadas microscópicamente en la meiosis.

Resultados significaron que la primera causa de infertilización es la inviabilidad de la antera, y que el pistilo y los otros órganos de la flor son semejantes a la palea, lema y lodículas son mucho menos susceptible al frío (Tsunoda y Takahashi, citados por Ferreira y Montauban, 1998).

2.2.5 Prácticas culturales para aliviar daños por frío

2.2.5.1 Manejo del agua

Según Ferreira y Montauban (1998) la ocurrencia de bajas temperaturas desde embarrigado a floración es causa de esterilidad. Según Lee, citado por Toriyama (1975) el manejo del agua es extremadamente importante en este período para aliviar el daño por frío, ya que la capacidad de calor del agua es mayor que la del aire, por lo tanto el agua de inundación en el cultivo de arroz, provoca que en la noche la temperatura del agua sea de 2 a 3°C por encima de la temperatura ambiente. La diferencia de temperatura del agua del inundación y del ambiente, podría deberse a la profundidad y turbidez

del agua (Chapman, citado por Ribero, 2004). Por lo tanto la profundidad de irrigación de 17 a 20 cm durante esta etapa se cree que es lo mejor para proteger a la joven panícula y reducir la esterilidad de espiguillas, ya que los ápices estarían dentro del agua de inundación protegidos del frío.

Satake, citado por Ferreira y Montauban (1998) reportó que la esterilidad de las plantas de arroz fue significativamente menor a 15 cm de altura del agua de irrigación que a los usuales 5 cm. Esto es así por la ubicación de las panículas que a 15 cm quedan sumergidas en el agua, que las protege del frío (Ferreira y Montauban, 1998).

Nishiyama, citado por Ferreira y Montauban (1998), encontró que temperaturas del agua mayores a 37°C inhiben el desarrollo de la panícula, siendo las variedades índicas más tolerantes a este efecto.

2.2.5.2 Manejo del nitrógeno

Según Toriyama et al., citados Ferreira y Montauban (1998) cantidades de nitrógeno aplicadas más allá del óptimo, causan excesivo desarrollo de hojas, retardo en la floración e incrementa la susceptibilidad a daños por frío. Si el contenido de nitrógeno en las hojas, en la etapa de emergencia de la hoja bandera es mayor al 3.5%, el porcentaje de esterilidad se incrementa. Incrementos de nitrógeno en la hoja bandera (ya con alto contenido de nitrógeno) por fuentes orgánicas (compost) disminuyeron significativamente la esterilidad, aumentaron el contenido de almidón crudo y la actividad radicular

Hay evidencias de que altos niveles de nitrógeno suplementado afecta la esterilidad causada por bajas temperaturas (Yoshida, citado por Ferreira y Montauban, 1998).

El estatus de nitrógeno puede afectar el número de macollos, tamaño de panículas y altura de planta. El incremento en el crecimiento y densidad de macollos bajo alta suplementación de nitrógeno podría causar plantas con ápices posicionados muy por encima del agua de inundación, y de esa manera hacer las plantas de arroz más susceptibles.

Por su parte se ha comprobado que la ausencia de fertilización con fósforo en suelos con deficiencias en este nutriente, atrasa el desarrollo de la planta de arroz en 15-20 días. Esto produce un atraso en la floración, que puede provocar un aumento de esterilidad si se producen fríos en esta etapa. Este efecto se puede ver acrecentado por riegos tardíos (Chebataroff, citado por Ribero, 2004).

2.2.6 Mejoramiento genético en tolerancia al frío

Ferreira y Montauban (1998) citan que se encontró que las variedades japónica son más resistentes al frío, ya que las índicas necesitan mayor temperatura para desarrollar grano.

Chang, citado por Ribero (2004) reporta que la tolerancia a baja temperaturas aparenta ser controlada por dos o más genes en la meiosis. A su vez la tolerancia a la temperatura del agua fría durante la iniciación de la panícula en variedades japónicas involucra por lo menos 7 genes con dominancia y efecto aditivo (heredabilidad = 64%). También se determinó que decoloración de hojas y altura de planta en estado de plántula son parámetros de selección por tolerancia al frío. Estas características agronómicas retardan la floración, inhiben la excursión de la panícula y disminuyen la fertilidad de grano (Ferreira y Montauban, 1998).

Toriyama (1975) indica en Japón la relación entre patrones de clima y patrones de crecimiento de arroz, determinando que las investigaciones en selección sean dirigidas hacia el mejoramiento de líneas que muestren menor retardo del crecimiento a bajas temperaturas a través de todas las etapas de crecimiento y menor esterilidad a bajas temperaturas desde embarrigado a floración. Por otra parte en Korea el mejoramiento apunta a mejorar la eficiencia de selección en: germinación, temprano crecimiento de la planta (post transplante), división meiótica y crecimiento del polen.

La tolerancia al frío varía de una variedad a otra y de una etapa de crecimiento a otra. En la cría de líneas híbridas de japónicas con índicas, el parental japonico es usado como donante de la tolerancia al frío.

2.3 CARACTERIZACIÓN DE GENOTIPOS INDICAS Y JAPONICAS

Según Stansel (1975), el pasaje a estado reproductivo está en función de cada variedad. Se distinguen tres grupos de maduración: 1. Madurez tardía: son las sensibles al fotoperíodo, requieren un largo de día determinado, son la mayoría de las variedades índicas tradicionales. 2. Madurez temprana: las variedades japónicas no son (o muy poco) sensibles al fotoperíodo. El total de días a estado reproductivo se da por acumulación de unidades térmicas (UT). Esta se da por la media de °C/día, con temperaturas mayores a 10 °C (temperatura base) acumula, pero no se acumula más de 15UT/día. 3. Madurez intermedia: en los que hay interacción de temperatura y fotoperíodo.

Según Vergara (1976a), las variedades resistentes a bajas temperaturas son las que mantienen altas tasas fotosintéticas aún a bajas temperaturas e intensidades de luz. En condiciones óptimas no hay diferencia entre variedades sobre el total del período de crecimiento. A su vez define el óptimo rango de temperatura para la actividad fotosintética de variedades índicas entre 25 – 35 °C, y para variedades japónicas entre 18 – 33 °C.

Las variedades índicas son marcadamente más afectadas por las variaciones climáticas principalmente por temperatura, seguido por horas de sol. La distribución del parénquima clorofiliano es diferente en índicas y japónicas (clorénquima más compacto). En japónicas al ser más compacto conserva más la temperatura siendo esto importante en la etapa de plántula. En japónicas se encontró correlación entre el tamaño de la semilla y germinación lo cual no solamente se atribuye a que tenga más endosperma. Las variedades japónicas tienen mayor porcentaje de germinación que variedades índicas a bajas temperaturas, debido a que éstas son más sensibles a las bajas temperaturas en la germinación (Ferreira y Montauban, 1998).

Según Stansel, citado por Castera (2000) cuando la temperatura cae por debajo de 10°C por más de tres días durante el llenado y maduración del grano, el rendimiento se detiene en los cultivares índicos. Sin embargo los cultivares japónicos pueden seguir

desarrollándose hasta con 2 a 3°C menos.

Los rangos de temperatura para la sobre vivencia y crecimiento de las cruces japónicas por índicas no logran una combinación de rango total de temperaturas. Por eso Stansel (1975) los clasifica como cultivares: de temperaturas cálidas, intermedias y frías. Dentro de los rangos de 18 a 35 °C para cultivares de temperaturas cálidas y 15 a 33 °C para cultivares de temperatura fría, la temperatura se correlaciona positivamente con el crecimiento de la planta durante la fase vegetativa, sin embargo la correlación es negativa en estadios más tardíos.

Las variedades japónicas, las cuales se adaptan a áreas frías por su mayor resistencia a las bajas temperaturas, son ampliamente sembradas en países templados, como ser China Central y Norte, Japón y Corea. Ambas variedades, indistintamente pueden sembrarse en regiones subtropicales como Taiwán. Al respecto, Vergara (1976b) constato que en las regiones montañosas de los trópicos, donde fueron sembradas cierto tipo de índicas, se notaron algunos grados de tolerancia la frío (Castera, 2000).

Las variedades de zona templada se denominan japónica, y, las tropicales, índicas. Una forma básica intermedia, es la llamada “bulu” o javánica (Ribero, 2004).

Trabajos en la EEE durante 1996, conducidos por Zorrilla, muestran que en siembras tempranas de agosto con temperaturas de suelo de 16-17 °C, II. El Paso 144 (índica) mostró menores porcentajes de germinación y emergencia que INIA Caraguatá (japónica) y ésta que INIA Tacuarí (japónica), coincidiendo con la conocida debilidad al frío de El Paso 144 en otras etapas del cultivo (Ferreira y Montauban, 1998).

En el arroz japónica, se afirma que la temperatura media óptima para llenado de grano es de 20 a 22 °C (Matsushima, citado por Ribero, 2004). Se considera que la maduración insuficiente producida a temperaturas más bajas que las antes citadas ocurre porque la traslocación se vuelve más lenta (Matsushima, citado por Ferreira y

Montauban, 1998), mientras que por el contrario se considera que la aparición de granos incompletos a mayores temperaturas de las indicadas precedentemente se debe a la pérdida de compuestos orgánicos causada por el aumento del ritmo respiratorio (Yamamoto, citado por Ferreira y Montauban, 1998), una disminución del índice de área foliar (Murata, citado por Ribero, 2004), o un acortamiento del período de llenado de grano (Vergara, 1976).

Las variedades japónica tienen la caña corta, son de alto rendimiento y responden a fuertes aplicaciones de fertilizantes nitrogenados mediante la producción de un alto volumen de grano. Toleran mejor que las variedades *Indicas* las temperaturas bajas y pueden crecer y desarrollarse más rápido que esta última cuando la temperatura del agua es baja (Ferreira y Montauban, 1998).

Las variedades índica, de glumas y hojas ligeramente pubescentes. La mayoría de los cultivares más recientes son insensibles al fotoperíodo por lo tanto, los cambios en la duración del crecimiento son muy pequeños según cuál sea la estación o el mes de siembra. Esta insensibilidad incrementa la adaptabilidad del arroz a las diferentes latitudes en lo referente a la duración de su crecimiento, a menos que la temperatura sea limitante (Castera, 2000).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN

El trabajo se realizó en INIA Treinta y Tres, en su Estación Experimental de Villa Sara en el Km. 281 de la Ruta 8, Treinta y Tres, cuyas coordenadas planas son 33°15'21.39"SUR, 54°25'38.05"OESTE, a 46 metros sobre el nivel del mar.

3.2 METODOLOGÍA EMPLEADA Y DETERMINACIONES

3.2.1 Vegetativo

El estudio de respuesta a bajas temperaturas en estadios vegetativos se realizó en un grupo de 18 cultivares élite (cuadro No. 4), incluidos en la etapa final de evaluación del Programa de mejoramiento genético de INIA, con sede en INIA Treinta y Tres. En dicho grupo se incluían cultivares testigos de tolerancia diversa a este estrés.

El material vegetal se sembró manualmente el 12/1/09, a una densidad aproximada de 10 semillas por pote.

Al 16/2/09 se realizó el raleo manual de plantas, hasta quedar una población de 5 / pl. / pote.

Se utilizó suelo de la Unidad Experimental Villa Sara. Se fertilizó con un fertilizante binario, aportándose nutrientes equivalentes a 120 Kg de N/ha y 65 Kg. de P/ha.

Dichos potes se mantuvieron en invernáculo hasta el momento de la evaluación post-tratamiento, la cual comenzó a los 2 días del mes de marzo del 2009 y con la excepción de los momentos de tratamiento en cámara de frío.

Se siguió el protocolo definido por M. Cruz (FLAR, 2003), según el cual se someten plantas de arroz en estado vegetativo (3-4 hojas) a 5°C

durante 24 hs (horas consecutivas) en cámara de crecimiento, disponiendo de luz solar. Se dispusieron de dos grupos: 1) tratado y 2) testigo.

Luego del tratamiento de baja temperatura, se realizaron cuatro tipos de evaluaciones: lectura de fluorométrica mediante Fluorímetro (Hansatech), altura de plantas, acumulación de biomasa y score visual al 9/3/09.

En el primer caso, la evaluación se realizó en el estadio de 3-4 hojas, seguidamente al tratamiento de frío, utilizándose la segunda hoja emergida para la lectura con el fluorímetro. En el segundo caso la lectura mediante el score visual se realizó una semana postratamiento.

El protocolo para la lectura de fluorescencia establece un periodo de 30 minutos de espera en oscuridad de la hoja a ser evaluada. Esto se realizó por medio de un clip plástico que mantiene en oscuridad la parte de la hoja que posteriormente recibe el haz de luz que emite el equipo. Esto se realizó en potes tratados y testigo simultáneamente. .

También se verificó la necesidad de que las plantas no tuvieran otro factor de estrés (deshidratación, exceso de calor) (datos no presentados), ya que se constituye en una evidente fuente de variación indeseada en el experimento.

El fundamento funcional de este equipamiento se basa en que a un tejido vivo de clorofila recibiendo radiación (fotosintéticamente activa (400 a 700 nm) ó de onda corta: menor a 400 nm) le sucede una emisión de fluorescencia (F) de onda larga a partir de la clorofila -en el rango de 680 a 760 nm. Esta emisión se origina en tejido de clorofila "a" asociado al fotosistema II, y es producto de la excitación/recuperación de equilibrio de electrones. Manteniendo la hoja (ò planta entera) en la oscuridad se da un nivel mínimo de F, ò F_0 . Al recibir luz saturante, F alcanza un valor máximo (F_m). La altura relativa de ese pico es indicador de la integridad del sistema fotosintético. En hojas sanas es mayor y baja sustancialmente según el grado de daño por estreses abióticos, por ejemplo frente a bajas temperaturas. En hojas mantenidas en oscuridad, esta emisión es la primera reacción detectada en fracción de segundos posterior a la irradiación con luz saturante y es alternativa a la canalización de la energía de saturación de electrones como energía fotoquímica ò disipación de calor. Estos procesos ocurren a

continuación lo cual se refleja en el descenso inmediato de la emisión de fluorescencia.

La evaluación visual se realiza 7 días pos-tratamiento en escala 1 = tolerante, 3=media y 9=muy susceptible.

Posteriormente, a 10 días del tratamiento de bajas temperaturas, se procedió a medir altura de plantas y un muestreo destructivo para evaluación de crecimiento (biomasa). Las muestras se secaron en horno marca MEMERT durante 48 hs a 60 °C. Una vez extraídas del horno se pesan en balanza de precisión marca Denver Instrument Company.

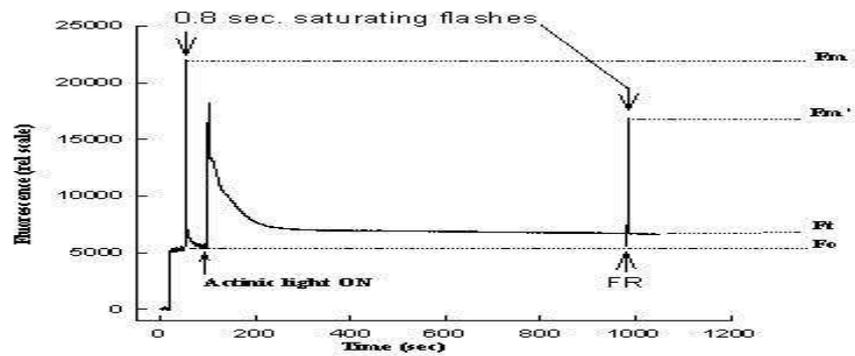


Figura No. 3. Evaluación de fluorescencia.

Se utiliza la medición de la reacción de fluorescencia (F) de la clorofila para evaluar la capacidad fotosintética de la planta sometida a un estrés (Figura No. 3).

Cuadro No. 4. Cultivares, parentales y ciclo (días) a floración.

No.	Cultivar	Cruzamiento	C. Flor(días)
1	El Paso 144	IR930-2/IR665-31-2-4	112
2	INIA Tacuarí	Newbonnet/NewrexL79	98
3	INIA Olimar	IRGA 177/Mt409/EP144	105
4	L5388	INIA Tacuarí/L1414	107
5	L5502	INIA Tacuarí/L1844	108
6	L5287	L1130/L1844	106
7	L5578	L1844/INIA Tacuarí	105
8	L5381	INIA Tacuarí/L1414	110
9	L6056	INIA Tacuarí/L1816	103
10	L5688	L1966/L1130	113
11	C289	Koshikari/INIA Tacuarí	125
12	Bluebelle		107
13	INIA Caraguatá	L38//L75/Tx23	
14	L2825CA	L933//L579	102
15	INIA Cuaró	Mt BR(IRGA)409/EP144	110
16	L4806	L1435/L1066	105
17	FL04489	CT6746/FL00447//FL00482	111
18	FL04337	UA99-96/UA99-113//IRGA 417	110

Se utilizó potes de 9 cm. de diámetro y 11 cm. de altura cuando se sembraron los materiales.

3.2.2 Reproductivo

Se utilizó un tratamiento de baja temperatura de 5°C durante 36 hs aplicado en plantas con tallos marcados en similar estadio fenológico prefloración (\pm 4cm entre las aurículas de la penúltima hoja y de la hoja bandera).

Para dicho experimento se siguió el mismo manejo que se estableció en materiales y métodos descritos por Pérez de Vida (2008).

La fecha de siembra fue en los días 2 y 3 de diciembre del 2008. Se dispusieron 4 repeticiones en todos los tratamientos (incluyendo testigos). Se marcaron tallos de esas plantas para evaluar los componentes de rendimiento, excepto número de tallos por unidad de superficie en el entendido que no serían afectados por los tratamientos. Se realizó una

aplicación de insecticida el 31/12/08; de urea el 22/1/09, a razón de 95 Kg. /ha, equivalente a 0,31gr/pote, y de fungicida (Alero) previo a la floración ante la aparición de síntomas de *Rhizoctonia* spp.

Se marcaron tallos en un número variable (6 a 10) por pote. La marcación de tallos se realiza mediante análisis de los días de ciclo a floración a nivel de campo tal como se interpreta del cuadro No. 4 y seguimiento por palpación a nivel de planta en invernáculo.

Se cosecho a madurez, manteniéndose la individualidad en los registros de aquellas panículas marcadas previo a floración. Dicha cosecha manual comenzó el 8/4/09, finalizando al 25/4/09.

Al determinar las variables se tiene en cuenta que: para cada cultivar se dispuso de un número variable de panículas muestreadas en el rango de 21 a 40, por lo cual se verifico su ajuste a la distribución normal.

La falta de ajuste determinó la no inclusión en el análisis estadístico al cultivar C289 (subtipo *japónica* templado) este cultivar no se adaptó a las altas temperaturas que se registraron dentro del invernáculo, por lo cual sufrió un estrés principal en el exceso de temperatura mas que por el tratamiento de frío sometido. Eso fue apreciable por un escaso desarrollo de plantas y panículas de muy pocos granos así como alta esterilidad aun en el tratamiento testigo.

Cada repetición consto de un pote de 30 cm. de diámetro y 45 cm. de alto, en el que se establecieron 3 plantas. Dichos potes se mantuvieron en invernáculo hasta el momento de la evaluación post-tratamiento.

3.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

3.3.1 Diseño experimental vegetativo y reproductivo

El diseño es Diseño Completo al Azar con un arreglo Factorial de los tratamientos.

Partiendo de los registros y determinaciones efectuadas, se calcularon las siguientes variables:

-Vegetativo:

Nivel de Fluorescencia (Fv/Fm).

Evaluación Visual (1-9).

Altura de Planta (cm).

Materia Seca (gr).

-Reproductivo:

Porcentaje de granos vacíos

Porcentaje de granos disformes.

Porcentaje de esterilidad.

Esterilidad Incremental = %Daño.

Esterilidad Incremental Relativa =% Daño Relativo.

Porcentaje de Peso de 1000 granos Relativos

Metodología para las determinaciones:

Las panículas se trillaron individualmente y de modo manual. Los granos obtenidos se procesaron con un separador de viento modelo SEED SORTER, Trade KM Mark, KIYA SEISAKUSHO (Tokio Japón), seguidamente se procedió al conteo de granos en contadora FERTILITY COUNTER, Trade KM Mark, KIYA SEISAKUSHO, LTD (Tokio Japón), finalmente se pesaron los granos en balanza de precisión marca Denver Instrument Company.

Para el análisis estadístico se utilizó el programa JMP, versión 7.0.

Variables aleatorias:

a. % Granos Vacíos = (No. Vacíos / No. Totales) x 100

b. % Granos Disformes = (No. Disformes / No. Totales) x

100

c. % esterilidad = [(Sumatoria de granos vacíos por panícula (d/c repetición) + número de grano disformes (d/c repetición)) / (Total de granos llenos)] x 100

d. Esterilidad Incremental = % Daño = % esterilidad (d/c repetición)- % esterilidad promedio del testigo.

e. Esterilidad Incremental Relativa = % Daño Relativo = [(% esterilidad (d/c repetición)- % esterilidad del testigo)/ (% esterilidad del testigo)] x 100.

f. Porcentaje de Peso de 1000 granos Relativos = (peso de granos llenos / número de granos llenos) x 1000.

3.4 MODELO ESTADISTICO

En variables evaluadas en estadios vegetativo y reproductivo se utilizó el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + V_i + T_j + (V \times T)_{ij} + \varepsilon_{ijk};$$

donde,

i: 1; 2; 3...18 cultivares (líneas experimentales y variedades testigos)

j: 1; 2 (1= tratamientos de estrés de baja temperatura, 2= sin estrés de baja temperatura)

k – 1; 2;...; n mediciones (n fue variable entre 6 y 8 panículas por pote)

Y_{ijk} : variables aleatorias descritas anteriormente.

μ – media poblacional

v_i – efecto cultivar

t_j – efecto estrés de baja temperatura

(V.T) ij –efecto interacción cultivar por estrés de baja de temperatura

ε_{ij} K– error experimental entre U.E.

En estadio reproductivo, la variable aleatoria % de daño relativo o esterilidad incremental relativa por baja temperatura, fue construida

como: ((% de esterilidad en condiciones de estrés térmico (5 C durante 36 hs) – % de esterilidad en testigos)/ % de esterilidad en testigos). En este caso el modelo utilizado fue:

$$Y_{ijk} = \mu + V_i + \varepsilon_{ij};$$

Siendo μ : media poblacional, v_i : efecto cultivar, ε_{ij} – error experimental entre U.E.

3.5 HIPOTESIS BIOLOGICA

Tomando como referencia dos variables aleatorias para cada estadio tratado:

3.5.1 Vegetativo

- H_0 : El nivel de fluorescencia del sistema fotosintético promedio de cada variedad es igual después de cada tratamiento.
- H_a : Existe diferencias entre el nivel de fluorescencia del sistema fotosintético promedios para cada tratamiento.

3.5.2 Reproductivo

H_0 : El porcentaje de granos chuzos promedio de cada variedad es igual después de cada tratamiento.

H_a : Existe diferencias entre el porcentaje de granos chuzos promedios para cada tratamiento.

3.6 HIPOTESIS ESTADISTICA

3.6.1 Vegetativo.

Ho: $\mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_n$

Ha: Existe al menos un μ_n diferente.

3.6.2 Reproductivo

Ho: $\mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_n$

Ha: Existe al menos un μ_n diferente.

3.7 TABLA DE ANAVA

3.7.1 Vegetativo

V	F de	gl
	T	1(t-1)
	V	18(V-1)
	V.T	18
	Error	72(Vxr)
general	Total	109

3.7.2 Reproductivo

F de V	gl
T	1(t-1)
V	17(V-1)

V.T	17
Error	68(Vxr)
Total general	103

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los cultivares evaluados fueron 11 del subtipo *japónica* tropical (JTr), 6 *indica* y 1 *japónica* templado (JTm), los cuales se analizaron en estadios vegetativo (3-4 hojas) y reproductivo (10 a 15 días prefloración) con la numeración descripta en el cuadro No. 5.

Cuadro No. 5: Medias ajustadas por mínimos cuadrados de variables evaluadas en tratamiento de frío en vegetativo (3-4 hojas). Cultivares agrupados según subtipos y ordenados crecientemente según fv/fm.

Subtipo	Cultivar	No.	Altura(cm.)	MS(gr)	SV(1-9)	Fv/Fm	% Fluorescencia (Tes=100)	% Reducción de Fluorescencia (L2825CA=100)
<i>indica</i>	FL04337	18	34.52	0.56	5.33	0.46	54.19	-36.13
<i>indica</i>	El Paso 144	1	35.12	0.42	5.83	0.46	52.61	-36.08
<i>indica</i>	INIA Cuaró	15	36.75	0.44	6.33	0.5	56.23	-29.96
<i>indica</i>	INIA Olimar	3	39.17	0.5	6.83	0.6	54.70	-32.09
<i>indica</i>	L4806	16	34.55	0.53	5.33	0.6	68.24	-15.95
<i>indica</i>	FL04489	17	40.02	0.52	6	0.71	61.16	-24.67
<i>Jap.templado</i>	C289	11	34.3	0.54	2.66	0.51	59.80	-29.10
<i>jap tropical</i>	INIA Caraguatá	13	37.6	0.46	4.66	0.37	43.19	-49.02
<i>jap tropical</i>	L5688	10	35.7	0.43	3.5	0.55	60.50	-23.46
<i>jap tropical</i>	L 5502	5	30.12	0.43	3.83	0.6	66.29	-16.41
<i>jap tropical</i>	L5381	8	31.22	0.47	5.33	0.61	70.83	-15.63
<i>jap tropical</i>	L5578	7	33.62	0.4	5.5	0.61	70.77	-15.30
<i>jap tropical</i>	INIA Tacuarí	2	30.92	0.34	5.66	0.63	69.23	-12.33
<i>jap tropical</i>	Bluebelle	12	37.05	0.38	5.83	0.64	71.72	-10.48
<i>jap tropical</i>	L6056	9	30.65	0.38	4.5	0.65	70.13	-10.41
<i>jap tropical</i>	L 5388	4	34.8	0.47	4.33	0.72	80.14	-0.18
<i>jap tropical</i>	L2825CA	14	34.5	0.47	3.33	0.72	89.83	0
<i>jap tropical</i>	L 5287	6	30.9	0.47	3.66	0.73	87.96	2.08
MEDIA	—	—	34.53	0.45	4.91	0.59	65.97	-19.73

4.1 ESTADIO VEGETATIVO

4.1.1 Fluorescencia

Según el ANAVA no hay respuesta significativa en F_v/F_m para los diferentes subtipos (Prob > F = <0.4046), en tanto hay respuesta muy significativa para el tratamiento térmico (Prob > F = <0.0001). La interacción subtipo por tratamiento no fue significativa (Prob > F = <0.4256).

Considerado el conjunto de los genotipos, no se detecta un efecto significativo de cultivares (Prob > F = <0.9572). Los valores medios de cultivares tuvieron un rango de 0.606 a 0.816, (CV=56.21%), sin embargo la alta variabilidad en los datos dificulta la detección de diferencias significativas (DMS=0.55). Por otra parte, se infiere una respuesta en F_v/F_m muy significativa para el tratamiento de estrés térmico (Prob > F = <0.0001,) así como se obtiene interacción (cultivar*tratamiento) no significativa (Prob > F = <0.9663).

El % de reducción en F_v/F_m relativo al cultivar L2825CA por stress de frío varió significativamente entre cultivares (P=0.05; DMS (5%)= 7.15%). En este sentido los genotipos más tolerantes fueron L2825CA (testigo de consistente tolerancia), L5388, L5287 y FL04489 (subtipo *indica*) (cuadro No. 5).

Otros cultivares como INIA Tacuarí, L6056, L5578, L5381 y Bluebelle presentan reducciones del orden del 10% (cuadro No. 5). Sin embargo, en el extremo de susceptibilidad para este grupo de cultivares elite, se encuentra INIA Caraguatá. Por otra parte, INIA Tacuarí, cultivar destacado por una buena tolerancia en estadios reproductivos tiene una tolerancia intermedia.

Los cultivares *indica*, L4806, INIA Olimar, INIA Cuaró, El Paso 144, FL04337, integran el conjunto de mayor sensibilidad a este estrés en estadio vegetativo temprano.

Es de destacar que la recuperación del sistema fotosintético en plantas en este experimento fue total en el tercer día post tratamiento (segunda evaluación post tratamiento, datos no presentados), aunque visualmente se apreciaban síntomas de amarillamiento y marchitamiento.

4.1.2 Score visual

El factor subtipo de arroz presentó un efecto muy significativo ($\text{Prob} > F = < 0.0001$) en score de evaluación visual realizado siete días pos tratamiento (Figura No. 6). El promedio del grupo *indica* (5,85) es mayor que en *japónica* tropical (4.56), así como el valor del único cultivar *japónica* templado (2.66), fue el inferior (4).

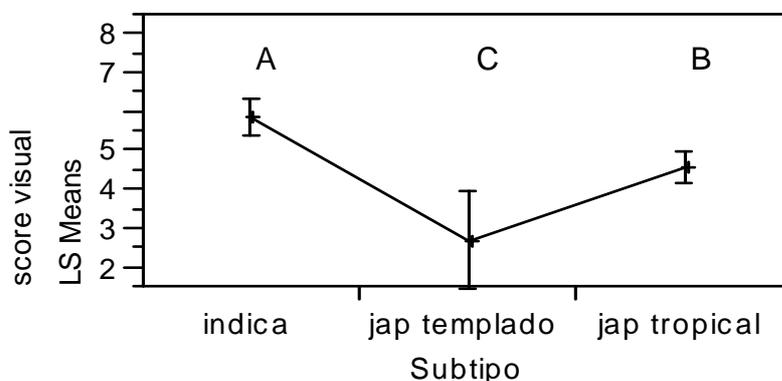


Figura No. 4 Evaluación visual como media de mínimos cuadrados y sus desvíos según subtipo. medias seguidas por la(s) misma(s) letra(s) no difieren estadísticamente, según test de student's t al 5%, dms=1.44, cv=21.07%.

Considerando la variación entre cultivares, el ANAVA detecta un efecto muy significativo ($\text{Prob} > F = < 0.0001$) en score visual. El gráfico indica que hay una dispersión en los promedios según cultivares.

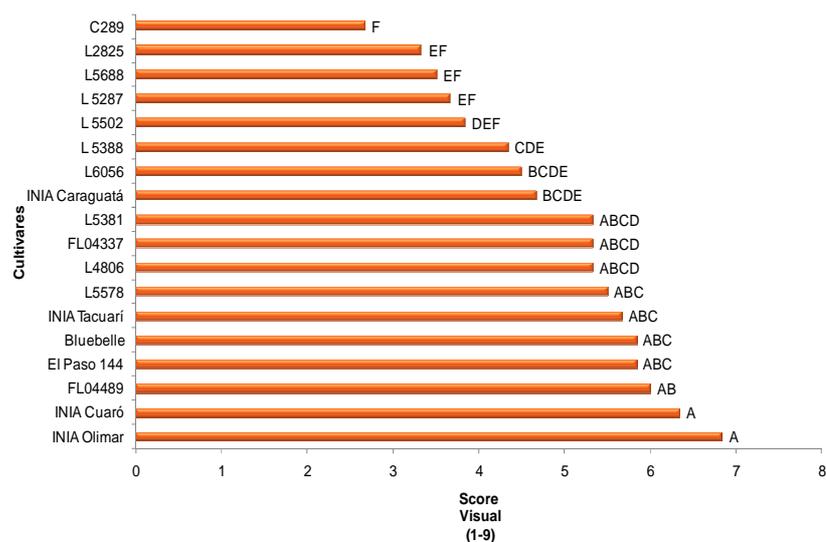


Figura No. 5: Efecto general del cultivar en evaluación visual. medias seguidas por la(s) misma(s) letra(s) no difieren estadísticamente, según test de student's t al 5%, DMS=1.92, CV=19.34%.

Se destaca C289 con valores de tolerancia junto a los mencionados L2825CA y L5688. INIA Caraguatá presenta una tolerancia intermedia, mientras que materiales *indica* mantienen su menor tolerancia como esperado, ubicándose INIA Tacuarí (5.7) junto a estas.

A continuación se presenta un cuadro interpretativo de nivel de afección- recuperación por frío.

Cuadro No. 6: Afección-recuperación según cultivar.

Subtipo	Cultivar	No.	Recuperacion	
			Afeccion (Fv/Fm)	(SV: 1-9)
<i>indica</i>	FL04337 El Paso	18	0,46	5,33
<i>indica</i>	144	1	0,46	5,83
<i>indica</i>	INIA Cuaró	15	0,5	6,33
<i>indica</i>	INIA Olimar	3	0,6	6,83
<i>indica</i>	L4806	16	0,6	5,33
<i>indica</i>	FL04489	17	0,71	6
<i>jap templado</i>	C289 INIA	11	0,51	2,66
<i>jap tropical</i>	Caraguatá	13	0,37	4,66
<i>jap tropical</i>	L5688	10	0,55	3,5
<i>jap tropical</i>	L 5502	5	0,6	3,83
<i>jap tropical</i>	L5381	8	0,61	5,33
<i>jap tropical</i>	L5578 INIA	7	0,61	5,5
<i>jap tropical</i>	Tacuarí	2	0,63	5,66
<i>jap tropical</i>	Bluebelle	12	0,64	5,83
<i>jap tropical</i>	L6056	9	0,65	4,5
<i>jap tropical</i>	L 5388	4	0,72	4,33
<i>jap tropical</i>	L2825	14	0,72	3,33
<i>jap tropical</i>	L 5287	6	0,73	3,66
Promedios			0,59	4,91

4.1.3 Altura

Para altura de planta medida diez días pos tratamiento, se constata un efecto general del subtipo de arroz muy significativo ($\text{Prob} > F = < 0.0002$). En cambio no se aprecia entre tratamientos de estrés térmico ($\text{Prob} > F = < 0.3020$), así como tampoco es significativa la interacción subtipo* tratamiento ($\text{Prob} > F = < 0.5535$).

Tal como se aprecia en la Figura No. 6, la altura de plántulas es mayor en el subtipo *indica* (36.65 cm), seguida por el cultivar C289

(*japónica* templado) (36.11 cm) y en tercer lugar el grupo subtipo *japónica* tropical (33.12 cm). Estos resultados indican que las diferencias apreciadas no se atribuyen al tratamiento térmico, ya que no concuerdan con la tolerancia a frío expresada mediante evaluación fluorométrica y visual. Los cultivares del subtipo *indica* expresan una mayor altura perse que el subtipo *japónica*; indicativo de un componente de mayor vigor de plántulas.

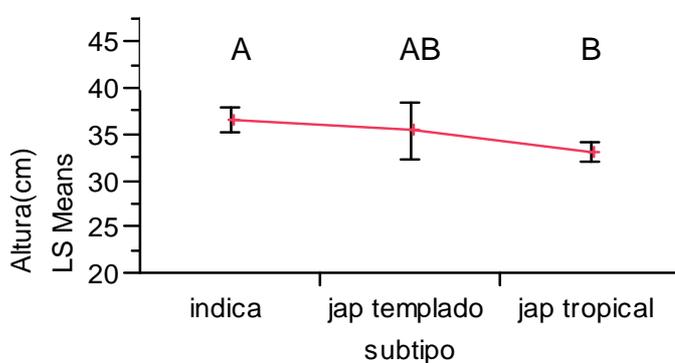


Figura No. 6: Respuesta en altura (cm.) según subtipo. medias seguidas por la(s) misma(s) letra(s) no difieren estadísticamente, según test de student's t al 5%, DMS=2.24, CV= 5.78%.

En particular el factor cultivar –considerando su conjunto total– tiene un efecto muy significativo ($\text{Prob} > F = < 0.001$) sobre la altura de plantas; mientras que el tratamiento térmico (factor simple) y su interacción con cultivar no presentan en efecto significativo ($\text{Prob} > F = < 0.1305$) ($\text{Prob} > F = < 0.1321$).

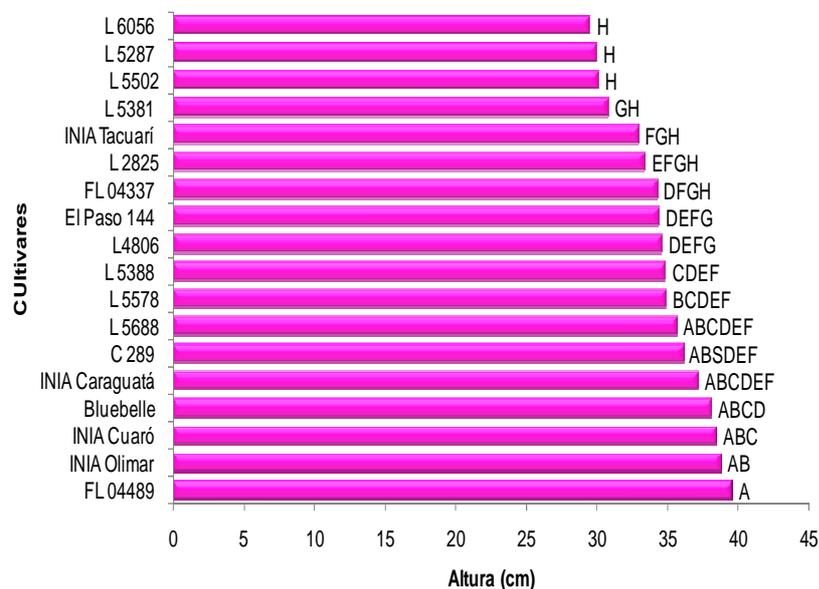


Figura No. 7. Altura (cm) media ajustada por mínimos cuadrados según cultivares. medias seguidas por la(s) misma(s) letra(s) no difieren estadísticamente, según test de student's t al 5% (prob > f =<0.0011), DMS=3.90, CV= 5.14%.

De los análisis se aprecia que cultivares del subtipo *indica* como FL04489, INIA Olimar, INIA Cuaró, así como *japónica* tropical, Bluebelle e INIA Caraguata, junto con la *japónica* templada C289 presentan mayor altura post tratamiento sin diferencias entre los mismos. Excluyendo a C289, estos cultivares están entre los de menor tolerancia al frío como se comentara anteriormente (Cuadro No. 5).

Los cultivares L6056, L5287 del subtipo *japónica* tropical, presentan valores de alta e intermedia tolerancia al estrés térmico junto con menor altura de plantas.

4.1.4 Materia seca

Considerando la acumulación de biomasa aérea post-tratamiento de estrés térmico, se obtuvo un efecto muy significativo del subtipo (Prob > F =<0.0001) (Figura No. 8), mientras que no fue

significativo el tratamiento térmico ($\text{Prob} > F = <0.4091$), ni la interacción de este con el subtipo ($\text{Prob} > F = <0.0717$).

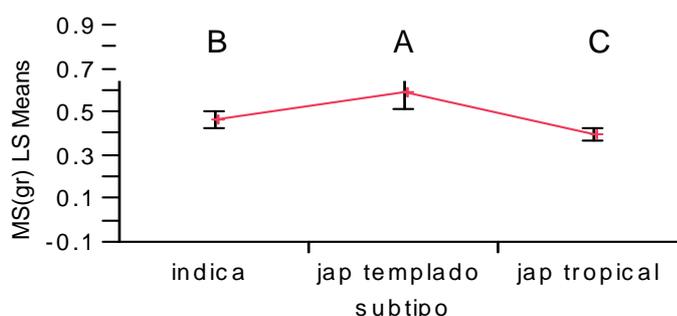


Figura No. 8: Efecto general del subtipo de arroz. medias corregidas por mínimos cuadrados y sus desvíos. medias seguidas por la(s) misma(s) letra(s) no difieren estadísticamente según test de student's t al 5% ($\text{prob} > f = <0.0011$), DMS=0.34, CV= 68.49%.

De lo anterior se destaca –en este grupo de cultivares- que las plántulas del subtipo *japónica* tropical son de porte mas enano y menor biomasa a los 11 días pos tratamiento. Las plantas de *japónica* tropical presentan una media ajustada de 0.39 gr, significativamente menor a las del grupo *indicas* (0.46 gr).

En la Figura No. 9 se aprecia que no existe interacción. Es interesante destacar que el grupo *indica* de mayor susceptibilidad a bajas temperaturas presenta medias de biomasa en plántulas de 0.47 y 0.46 gr (tratamientos testigo y baja temperatura, respectivamente). El grupo *japónica* tropical presenta una biomasa de aprox. 0.40 gr/plántula en ambos casos.

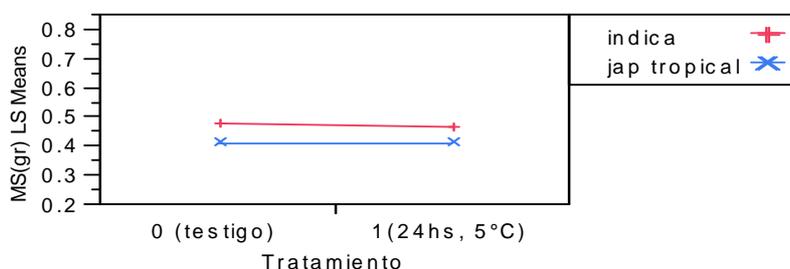


Figura No. 9 Biomasa en plántulas de arroz según interacción subtipo*Tratamiento.

Analizando los cultivares pertenecientes al grupo de subtipo *indica*, se observa (Figura No. 9) la tendencia a un efecto del tratamiento térmico ($\text{Prob} > F = < 0.0592$) reduciendo la acumulación de biomasa.

Considerando el conjunto de los cultivares, estos resultan en una significativa fuente de variación ($\text{Prob} > F = < 0.042$); mientras que el tratamiento de frío ($\text{Prob} > F = < 0.3947$) y su interacción de este con los cultivares ($\text{Prob} > F = < 0.5219$) no son significativas. Aquí se destacan tres cultivares del subtipo *indica*: INIA Olimar, FL04489, L4806, con diferencias significativas con INIA Tacuarí (Figura No. 10).

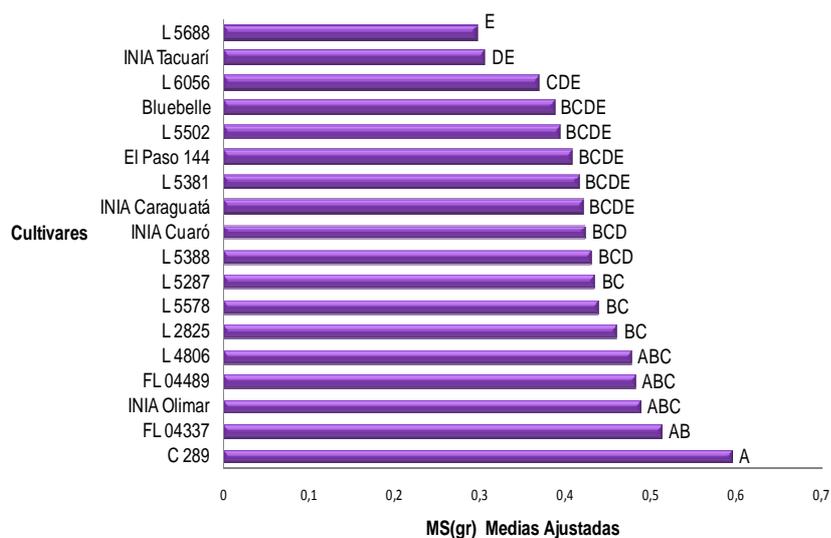


Figura No. 10: Respuesta en materia seca (gr) a los cultivares para el promedio de las condiciones ambientales y térmicas. Medias seguidas por la(s) misma(s) letra(s) no difieren estadísticamente, según test de student's t al 5% ($\text{Prob} > F = < 0.0011$), DMS=0.36, CV= 73.5%.

4.1.5 Asociación entre variables

Se estudia las correlaciones simples entre las variables analizadas. El Cuadro No. 6 presenta los respectivos coeficientes de correlación y la probabilidad de significancia de cada una de las relaciones analizadas.

La Figura No. 11 muestra la variación del score visual en función de la fluorescencia en los cultivares tratados con frío. Esta correlación negativa ($r=-0.15$), no es significativa ($\text{Prob}=0.2708$).

Pérez de Vida (2010), en un experimento con 150 materiales genéticos, concluye que ambos métodos de valoración de la tolerancia (evaluación visual y F_v/F_m) aportan información sobre procesos diferentes afectados por el estrés de baja temperatura en vegetativo, siendo la evaluación visual 7 días post tratamiento una estimación de efectos residuales y una relativa habilidad de recuperación frente al estrés. Este comportamiento diferencial en la respuesta temporal al estrés, puede deberse a varias causas que conducen a la fotoinhibición causada por frío: 1) daño oxidativo por transferencia excesiva de energía al oxígeno; 2) energía que no se canaliza como energía fotoquímica por baja demanda; esta baja demanda se debe a la no activación de enzimas relacionadas a la asimilación de CO_2 ; 3) menor capacidad de reparación del PSII (a-disminución de la síntesis de D1; b- destrucción de enzimas del fotosistema; c- inhibición de la formación de zeaxantina y anteraxantina : pigmentos fotosintéticos, d-compuestos encargados de la disipación del exceso de energía como calor). En general se reconoce al material Indica como menos tolerantes, habiéndose identificado que presentan contenidos inferiores de la proteína D1 de PSII.

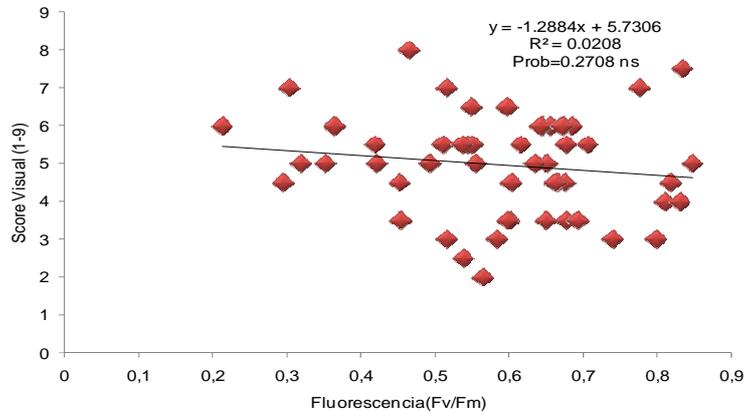


Figura No. 11: Relación entre valores de fluorescencia (30 minutos post tratamiento) y score visual (10 días post tratamiento) en 19 cultivares de arroz tratados con frío (5 °C, 24 hs).

Estos resultados son similares a los publicados por este grupo de trabajo (Pérez de Vida, 2010): las diferencias en ordenamiento de los cultivares entre métodos estaría indicando que ambos proveen información diferente y complementaria; obteniéndose con la evaluación visual una estimación de la habilidad de recuperación de las plantas a eventos de estrés.

Por otra parte, Pérez de Vida (2010) analizando 150 genotipos obtuvo menores coeficientes de variación evaluando el parámetro Fv/Fm, (CV=24.7%) en comparación a la evaluación visual (CV=29%).

Altura de planta presenta una baja correlación ($r = 0.31$, $Prob = 0.083$) con evaluación visual obtenida en la etapa de plántula a los 11 días pos tratamiento (Figura No. 11).

Cuadro No. 7: Coeficientes de correlación y probabilidad encontrada en el estudio de correlaciones simples para las variables analizadas.

	Altura(cm.)	MS(gr.)	Fv/Fm	Score visual
Altura(cm.)	1	0.41(0.0001**)	-0.21 (0.3509ns)	0.31 (0.0083**)
MS(gr.)	0.41 (0.0001**)	1	-0.10 (0.0012 **)	0.064 (0.6706 ns)
Fv/Fm	-0.21 (0.3509ns)	-0.10 (0.0012**)	1	-0.15 (0.2708 ns)
Score visual	0.31 (0.0083**)	0.064 (0.06706ns)	-0.15 (0.2708 ns)	1

Nota: valores entre paréntesis () corresponden a probabilidades de significancia. **= muy significativa; ns= no significativa.

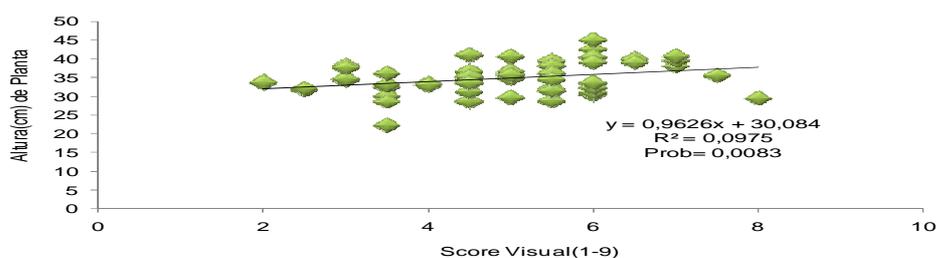


Figura No.12: Asociación entre altura (cm) y score visual (1-9).

Altura (cm) de plántula medida 11 días post tratamiento presenta una correlación mas robusta y positiva con la materia seca (gr) de plántulas a misma fecha, con un valor de $r=0,41$ (Prob=0,0001**), siendo esta relación entre variables muy significativa. Esto indica que ambas representan la concreción del proceso de crecimiento y que

ambas variables fueron afectadas en similar magnitud por el estrés al que fueron sometidas las plantas.

Por otra parte, fluorescencia (Fv/Fm) y altura (cm) presentan un $r=-0.21$ (Prob= 0.3509) no significativo. Tampoco fue significativa la correlación entre evaluación visual y acumulación de materia seca (gr), $r= 0.064$ (Prob=0.6706ns).

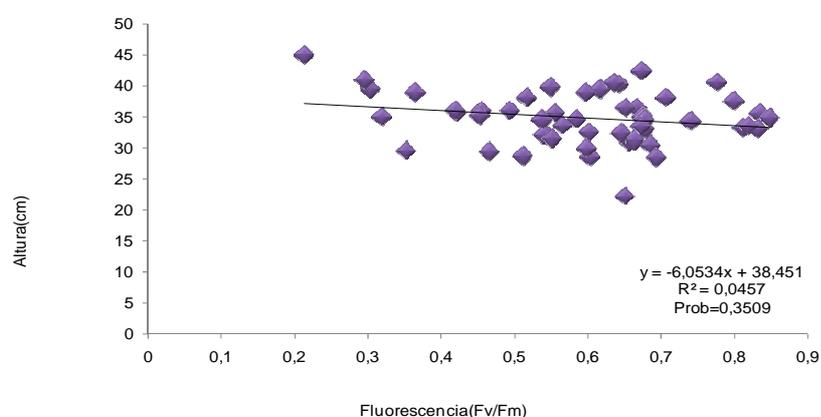


Figura No.13: Relación entre valores de fluorescencia y altura (cm) en 19 cultivares de arroz tratados con frío (5 °C, 24 hs).

Materia seca se asocia negativamente y de modo muy significativo (Prob=0.0012) con Nivel de Fluorescencia (Fv/Fm), dando un $r= - 0.10$.

4.2 ESTADIO REPRODUCTIVO

4.2.1 Porcentaje de granos vacíos

En esta variable resultaron ser fuentes significativas de variación los subtipos de arroz (*Indica*, *Japónica tropical* y *Japónica templado*) (Prob > F= 0.0001; Figura No. 14) y el tratamiento térmico (Control o testigo y 5°C 36hs en prefloración) (Prob > F=<.0002); no siendo significativa la interacción Subtipos * tratamientos (Prob > F= 0.9363). Como se aprecia en Figura No.14, el grupo de indicas presento

en promedio menores valores de % de granos vacíos que el grupo de japónica tropical. Este es el resultado del comportamiento general de estos cultivares, indicativo de su adaptación a las condiciones del experimento (invernáculo). En ese contexto el cultivar C289, presentó valores altos de esterilidad no asociados a los tratamientos de estrés aplicados, y posiblemente relacionados a estrés por alta temperatura ocurrida en el ambiente

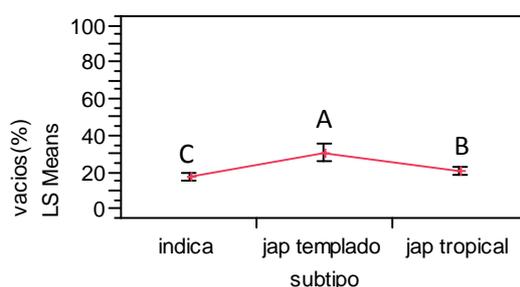


Figura No. 14: Porcentaje de granos vacíos en subtipos de arroz. Medias seguidas por la(s) misma(s) letra(s) no difieren estadísticamente, según test de student's t al 5%, DMS=5.20, CV=16.98%.

Los resultados del análisis de varianza para % de granos vacíos - la variable más asociada a la tolerancia a bajas temperaturas en este protocolo (Pérez de Vida 2009)- destacan un efecto muy significativo general del tratamiento de frío frente al testigo (24.6% vs. 15.2%) como esperado. Por otra parte, los cultivares considerados en su totalidad también fueron una significativa fuente de variación. Entre los genotipos evaluados resultó un rango entre 34.2 y 9% de granos vacíos.

Analizando el subgrupo de cultivares del subtipo *Indica*, se presentaron diferencias muy significativas en % granos vacíos (Prob>F=0.001). Los cultivares FL04489 y FL04337 presentaron el menor y mayor valor, respectivamente (Figura No.15).

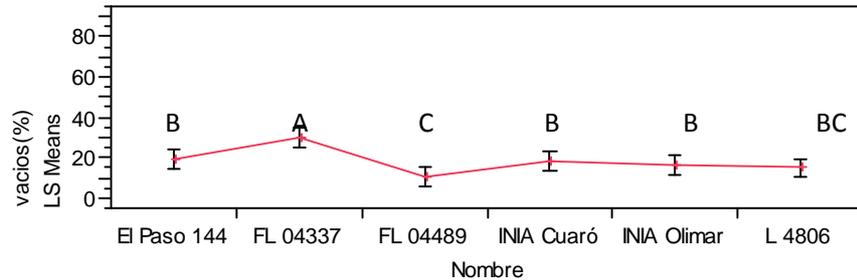


Figura No.15: Porcentaje de granos vacíos en subtipo *indica*. Medias seguidas por la(s) misma(s) letra(s) no difieren estadísticamente, según test de student's t al 5%, DMS=4.79, CV=17.33%.

Dentro de los cultivares del subtipo *japónica* (Figura No. 16) también se presentan diferencias muy significativas (Prob > F= 0.001). Los cultivares INIA Caraguatá y Bluebelle presentan los mayores valores difiriendo estadísticamente del resto de los cultivares.

En un segundo lugar están los cultivares L5688 y L5388, el cual no difiere de INIA Tacuarí. Este último cultivar no presenta diferencias de L6056. El menor % granos vacios fue obtenido por los cultivares L5381, L5578, L2825CA, L5502, y L5287.

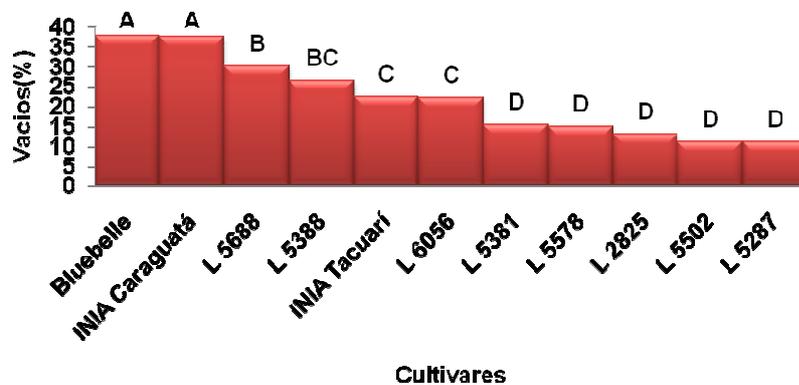


Figura No. 16: Respuesta en % granos vacíos al subtipo *japónica*. Medias seguidas por la(s) misma(s) letra(s) no difieren estadísticamente, según test de student's t al 5%, DMS= 4.48, CV=14.57%.

Como esperable, el tratamiento térmico generó diferencias significativas (Prob > F= 0.001). Así mismo resulto la interacción entre

ambos factores (Prob > F= 0.001) (Cuadro No. 7). De la interacción tratamiento*cultivar se destaca INIA Tacuarí que presenta similar porcentaje en ambos tratamientos térmicos (26.1% y 18.7%, diferencia no estadísticamente significativa). Por otra parte, Bluebelle e INIA Caraguatá presentan altos valores de % de granos vacíos en ambos tratamientos, incluyendo un importante incremento en consecuencia del estrés de baja temperatura. De igual manera se comporta la mayoría de los cultivares de este subtipo. Como se aprecia en el cuadro No. 8, la significativa interacción está dada por diferentes pendientes en la regresión de varios cultivares, así como por el mencionado comportamiento de INIA Tacuarí.

Cuadro No. 8: Porcentaje de granos vacíos en cultivares del subtipo *japónica* tropical según tratamiento térmico.

Cultivares	Porcentaje de granos vacíos por panoja	
	Tratamiento Térmico	
	0(testigo)	1(36hs, 5° C)
INIA Caraguatá	25.97CDE	49.23 A
Bluebelle	31.95C	43.70AB
L5688	20.33EFG	39.86B
L5388	22.62DEF	30.42C
L6056	14.78FGHIJK	29.59CD
INIA Tacuarí	26.05CDE	18.72EFGHI
L5381	11.77FGHIJK	19.31EFGH
L5578	14.02GHIJK	16.04FGHIJ
L2825CA	11.32IJK	14.95FGHIJK
L5502	8.21K	14.45GHIJK
L5287	9.14JK	13.23GHIJK

Por otra parte, se destacan L5502 y L2528CA presentando valores de consistente tolerancia al frío en reproductivo, lo que se adiciona a lo reportado en estadio vegetativo.

Considerando el conjunto total de cultivares, sucede de igual modo, en términos de significancia de los factores evaluados; cultivares presenta una variación muy significativa (Prob > F= 0.001), así como

surge del tratamiento térmico (Prob > F= 0.001) y la interacción entre tratamiento * cultivares (Prob > F= 0.001).

En el siguiente cuadro (No. 9) se destaca la interacción entre ambos factores. Se manifiesta en los diferentes valores iniciales de granos vacíos en los diferentes genotipos y por el cambio de ranking. Como se mencionara INIA Tacuarí presenta escasa variación entre tratamientos térmicos, mientras que El Paso 144 al no tratarse a frío, muestra niveles muy inferiores de granos vacíos (%) alcanzando valores similares pos tratamiento a INIA Tacuarí testigo. Esta reacción en los cultivares testigos de más conocida respuesta a los estrés abióticos mencionados, permite inferir la ocurrencia de estrés adicionales (alta temperatura) fuera del control experimental. INIA Olimar tiene un comportamiento muy estable en este experimento, aunque es un cultivar de tolerancia intermedia en la etapa prefloración. En los extremos se observan a INIA Caraguata y L5287 con el mayor y menor porcentaje de granos vacíos resultantes del estrés por baja temperatura.

Cuadro No. 9: Porcentaje de granos vacíos por panoja, según tratamiento térmico y cultivar, en el conjunto total de cultivares.

Cultivares	Porcentaje de granos vacíos por panoja	
	Tratamiento térmico	
	0 (testigo)	1 (36hs, 5°C)
INIA Caraguatá	24.95 EFGH	49.15 A
Bluebelle	30.93 DE	43.45 AB
L5688	19.31 GHIJKLM	39.64 BC
FL04337	20.23 FGHIJKL	39.61 BC
C289	27.71 DEFG	35.05 CD
L5388	21.6F GHIJ	30.07 DE
L6056	13.76 JKLMNOPQ	29.02 DEF
INIA Tacuarí	25.03 EFGH	18.45 HIJKLM
El Paso 144	13.57 JKLMNOPQ	24.95 EFGH
INIA Cuaró	14.54 JKLMNOPQ	22.07 FGHI
L4806	10.96 LMNOPQ	19.83 HIJ
L5381	10.75 MNOPQ	19.09 HIJK
INIA Olimar	17.35 HIJKLMN	16.13 IJKLMNO
L5578	13.00 JKLMNOPQ	15.75 IJKLMNO
FL04489	6.54 Q	15.21 JKLMNO
L2825CA	10.3 NOPQ	14.98 JKLMNOP
L5502	7.19 PQ	14.27 JKLMNOPQ
L5287	8.12 OPQ	12.98 KLMNOPQ

4.2.2 Porcentaje de granos disformes

El porcentaje de granos disformes no presenta respuesta significativa (Prob > F= 0.2024) al subtipo; por otra parte, hay importante significancia (Prob > F= 0.0001) al factor cultivar dentro del subconjunto o subtipo *japónica* (Prob > F= 0.0001), así como en el subtipo *indica* (Prob > F= 0.0001), y todos los cultivares (Prob > F= 0.0001) en lo que refiere al promedio de las condiciones térmicas.

El porcentaje de granos disformes fue significativamente afectado por el tratamiento térmico, considerando el análisis de subtipos de arroz (Prob > F= 0.0001), entre cultivares del subtipo *indica* (Prob > F= 0.0001), subtipo *japónica* (Prob > F= 0.0001), así como el análisis conjunto de todos los cultivares (Prob > F= 0.0001).

En el primer nivel de análisis la interacción no fue significativa (Prob > F= 0.2251), indicando que en condiciones sin/con estrés térmico, los cultivares del grupo *indica* presentaron mayor porcentaje de granos disformes que el grupo de cultivares *japónica* tropical.

Sin embargo, la interacción de tratamiento térmico vs genotipos es muy significativa cuando se analizan el total de cultivares en un solo conjunto, o los grupos parciales de *indicadas* (Prob > F= 0.001) y *japónica* tropical (Prob > F= 0.001).

Para el subgrupo *indica*, la interacción significativa parece estar dada por la distintas pendientes de los cultivares al cambiar del nivel 0 al nivel 1 de tratamiento térmico (Cuadro No. 10).

Cuadro No. 10: Respuesta en % granos disformes a tratamiento térmico en cultivares del subtipo *indica*.

Cultivares	% Granos disformes	
	Tratamiento Térmico	
	0 (testigo)	1 (36hs, 5°C)
FL04337	11.58 BCD	28.23 A
L4806	7.98 DE	24.00 A
INIA Cuaró	9.58 CD	15.91 B
FL04489	14.23 BC	15.83 B
INIA Olimar	2.00 EF	10.21 CD
El Paso 144	1.66 F	10.17 CD

En dicho caso FL04489 es el cultivar con menor valor porcentual de cambio (1.8%) entre ambientes, con la particularidad de presentar los mayores valores en tratamiento térmico “testigo”. Esto podría ser un indicativo de mayor incidencia de otro estrés (por ejemplo alta temperatura) en condiciones de invernáculo.

Para la interacción Tratamiento térmico*subtipo *japónicas* se desprende del Cuadro No. 11, -de modo similar a los señalado precedentemente-, que la interacción se debe a distintas pendientes como respuesta al tratamiento térmico en los cultivares *japónica*. Sin

embargo, se destacan L5502 y L5287 que presentan similares valores en presencia y ausencia de estrés por baja temperatura. En particular, L5287 se ha destacado por su tolerancia a bajas temperaturas en trabajos anteriores (Pérez de Vida 2011).

INIA Caraguata y Bluebelle presentan los mayores valores de porcentajes de granos disformes y vacíos, al tratarse a bajas temperaturas. Estos altos porcentajes avalan lo ya mencionado en cuanto se tratan de materiales susceptibles al frío en estadio reproductivo.

Cuadro No. 11: Porcentaje de granos disformes.

Cultivares	Porcentaje de granos disformes por panoja	
	Tratamiento térmico	
	0 (testigo)	1 (36hs, 5°C)
Bluebelle	6.71 DEFGH	25.74 A
INIA Caraguatá	20.56 AB	24.76 A
L6056	5.28 EFGH	21.01 AB
L2825CA	11.36 CD	19.8 B
L5381	10.36 CDEF	19.51 B
L5287	13.87 C	13.57 C
L5578	9.82 CDEF	13.25 C
L5688	7.20 DEFGH	10.19 CDE
L5388	5.11 FGH	7.46 DEFG
L5502	5.17 EFGH	6.56 DEFGH
INIA Tacuarí	1.68 H	4.62 GH

INIA Tacuarí reporta los menores valores porcentuales de granos disformes con tratamiento de baja temperatura, o en su ausencia, con una variación de 3 puntos porcentuales no significativos.

Por otra parte, en el análisis que integra todos los cultivares, se aprecia la respuesta de FL04489 en los diferentes tratamientos térmicos aumentando de forma mínima frente al tratamiento de 5 C, 36 hs (Cuadro No. 12).

Cuadro No. 12: Interacción promedio tratamiento* todos los cultivares para % de granos disformes por panícula.

Cultivares	Porcentaje de granos disformes por panícula	
	Tratamiento térmico	
	0 (testigo)	1 (36hs, 5°C)
FL04337	12.09 GHIJKLM	27.16 A
Bluebelle	6.32 MNOPQ	26.55 AB
INIA Caraguatá	20.17 CDEF	25.43 ABC
L4806	8.61 JKLMN	23.16 ABCD
L6056	4.90 NOPQ	21.24 BCD
L2825CA	19.98 GHIJKLM	20.55 CD
L5381	9.97 HIJKLMN	19.87 DF
FL04489	14.86 EFGHI	15.08 EG
INIA Cuaró	10.22 GHIJKLM	14.98 EGH
L5287	13.48 GHIJK	14.05 GHI
L5578	9.43 IJKLMN	13.73 GHIJ
C289	8.04 JKLMNOP	11.43 GHIJKL
L5688,	6.82 LMNOPQ	10.77 HIJKLM
El Paso 144	2.29 PQ	9.49 JKLMN
INIA Olimar	2.63 OPQ	9.37 JKLMN
L5388	4.73 NOPQ	7.81 LMNO
L5502	4.79 NOPQ	7.09 MNOP
INIA Tacuarí	1.30 Q	5.23 MOPQ

El promedio de granos disformes fue de 12.07% para los diferentes cultivares. Los cultivares *indica* que fueron tratados con baja temperatura presentaron -a excepción de INIA Olimar (9.3%) e INIA El Paso 144 (9.4%)-, un porcentaje mayor a la media predicha.

El cultivar C289 tanto para el tratamiento de frío (10.98%) y sin baja temperatura (8.04%) tuvo respuesta menor al promedio, indicando su tolerancia en estadio reproductivo.

Los cultivares de Subtipo *Japónica* tropical muestran menores valores máximos y mínimos en ambos tratamientos térmicos, en contraposición al subtipo *Indica*. Se destacan principalmente con los máximos valores a INIA Caraguata (25.4%) y mínimos para INIA Tacuarí (5.2%).

4.2.3 Porcentaje de esterilidad

Los subtipos de *Oryza* en este estudio, presentaron porcentaje de esterilidad significativamente diferente (Prob > F= 0.0071), así como los tratamientos térmicos (Prob > F= 0.001) no existiendo significancia para la interacción Subtipos*tratamiento (Prob > F= 0.4716).

Los cultivares evaluados fueron una fuente significativa de variación cuando analizados por subtipo *japónica* (Prob > F= 0.001), *indica* (Prob > F= 0.0001) y totalidad de cultivares (Prob > F= 0.0001) para el promedio de condiciones térmicas evaluadas.

El porcentaje de esterilidad varió muy significativamente debido al tratamiento térmico cuando se analizaron datos de subtipos (Prob > F= 0.001), así como para los subgrupos de tipo *indica* (Prob > F= 0.001) y *japónica* por separados (Prob > F= 0.001), así como para todos los cultivares juntos.

También del análisis de las cuatro interacciones analizadas tres fueron significativas (ver anexo): Tratamiento térmico * Subtipo Japónica (Prob > F= 0.0007), Tratamiento térmico * subtipo Indica (Prob > F= 0.001) y Cultivares * tratamiento térmico (Prob > F= 0.0001). Esto se puede observar en Cuadros No. 13, 14, 15. Mientras que Tratamiento térmico * Subtipos (Prob > F= 0.4718) no es significativa.

Cuadro No.13: Respuesta en esterilidad (%) para interacción tratamiento*cultivares de subtipo indica.

Cultivares	Porcentaje de esterilidad	
	Tratamiento térmico	
	0 (testigo)	1 (36hs, 5°C)
FL04337	31.09 CDEF	68.28 A
L4806	18.03 GH	44.00 B
INIA Cuaró	23.21 EFGH	38.12 BC
El Paso 144	14.31 H	35.17 CD
FL04489	19.86 FGH	30.64 CDE
INIA Olimar	18.44GH	26.46DEFG

Tal como se observa en el cuadro No. 13, FL04337 es el cultivar que tuvo el mayor incremento en porcentaje de esterilidad debido al estrés de bajas temperaturas. El Paso 144 es el testigo con menor esterilidad, e INIA Olimar con el menor valor en condiciones de baja temperatura.

Cuadro No. 14: Respuesta en esterilidad para la interacción tratamiento*cultivares japónicas.

Cultivares	Porcentaje de esterilidad	
	Tratamiento térmico	
	0 (testigo)	1 (36hs, 5° C)
INIA		
Caraguatá	46.53 BC	74.00 A
Bluebelle	38.66 CD	69.44 A
L6056	20.07 GH	50.68 B
L5688	27.54 EFG	50.06 B
L5381	46.53 CD	22.13 FGH
L5388	27.74 EFG	37.88 D
L2825CA	22.69 FG	34.76 DE
L5578	23.85 FG	29.30 EF
INIA Tacuarí	27.7 EFG	23.34 FG
L5287	23.01 FG	26.81 FG
L5502	13.39 H	21.01 GH

De igual modo que sucede para la variable porcentaje de granos vacíos, INIA Caraguatá presentó los mayores valores porcentuales seguida por Bluebelle, avalando así la alta asociación entre estas variables y la incidencia de la primera sobre la esterilidad. Por otro lado INIA Tacuarí presenta valores mínimos de esterilidad a bajas temperaturas, próximos a valores de L5502, cultivar de menor porcentaje medio de granos estériles. L5287 es la línea más estable aumentando 6.8 % su esterilidad.

Cuadro No. 15: Respuesta de esterilidad (%) en cultivares según tratamiento térmico.

Porcentaje de esterilidad		
Cultivares	Tratamiento térmico	
	0 (testigo)	1(36hs, 5° C)
INIA Caraguatá	45.12 BCD	74.58 A
Bluebelle	37.25 DEFGH	70.01 A
FL04337	32.32 FGHIJ	66.78 A
L5688	26.13 IJKL	50.41 B
L6056	60.56 LMN	50.27 BC
C289	35.75 DEFGH	46.47 BC
L4806	19.57 LMN	42.99 CDE
L5381	20.72 LMN	38,96 DEF
L5388	26.34 IJKL	37.89 DEF
INIA Cuaró	24.75 JKLM	37.06 DEFG
L2825CA	21.29 KLMN	35.53 EFGH
El Paso 144	15.86 MN	34.44 FGHI
FL04489	21.40 KLMN	30.30 GHIJ
L5578	22.44 JKLM	29.48 HIJK
L5287	21.60 KLMN	27.03 IJKL
INIA Tacuarí	26.33 IJKL	23.69 JKLM
INIA Olimar	19.98 LMN	25.50 JKL
L5502	11.98 N	21.37 LM

De Cuadro No. 15 se destacan cultivares que mantienen alta esterilidad cuando se trata con 5°C, INIA Caraguata, Bluebelle, por encima del subtipo Indica FL04337.

Los cultivares El Paso 144 e INIA Olimar, mantienen su respuesta en mismo orden decreciente por debajo del subtipo *japónica* Templado C289. Este cultivar de alta tolerancia a frío, posiblemente presenta dicha respuesta por la ocurrencia de alta temperatura durante etapas avanzadas a nivel de invernáculo. No se llevaron registros de la misma.

INIA Tacuarí, tolerante frío en etapa reproductiva, comienza con una esterilidad superior a INIA Olimar e inferior a El Paso 144 sin

tratamiento térmico. El mismo (INIA Tacuarí), bajo tratamiento térmico finaliza con menor esterilidad (-2.63%) a la inicial, así como promedio, y por debajo a los cultivares del subgrupo *indica* (INIA Olimar y El Paso 144). Los resultados presentados resaltan a INIA Tacuarí en concordancia con Ferreira y Montauban (1998) quienes concluyen que INIA Tacuarí es el cultivar que manifiesta menor dependencia del clima para la concreción del rendimiento, debido a que la incidencia de la temperatura en la determinación de la esterilidad es menor que para el resto de los materiales. Esto explicaría su mayor adaptación a siembras tardías.

Cuadro No. 16: Esterilidad en cultivares según tratamiento térmico.

Cultivares	Est(%). 0(testigo)	Est(%). 1(36hs, 5°C)	Est(%) por Bajas Temp.
INIA Olimar (I)	19.98	25.50	5.52
FL04489 (I)	21.40	30.30	8.90
INIA Cuaró (I)	24.75	37.06	12.30
El Paso 144 (I)	15.86	34.44	18.57
L4806 (I)	19.57	42.99	23.41
FL04337 (I)	32.32	66.78	34.45
C289 (JTp)	35.75	46.47	10.72
INIA Tacuarí (JTr)	26.33	23.69	-2.63
L5287 (JTr)	21.60	27.03	5.42
L5578,1 (JTr)	22.44	29.48	7.04
L5502 (JTr)	11.98	21.37	9.38
L5388 (JTr)	26.34	37.89	11.54
L2825 (JTr)	21.29	35.53	14.24
L5381 (JTr)	20.72	38.96	18.23
L5688 (JTr)	26.13	50.41	24.27
INIA Caraguatá (JTr)	45.12	74.58	29.45
L6056 (JTr)	18.66	50.27	31.61
Bluebelle (JTr)	37.25	70.01	32.75
Media	24.86	41.26	16.40

La figura No. 17 muestra las variaciones en las variables que componen esterilidad (%). Sobresale particularmente lo antes dicho

sobre INIA Tacuarí que al ser tratado con frío las medias porcentuales para granos disformes superan los sin tratar. Para este cultivar los granos vacíos (%) y esterilidad (%) es mayor en tratamiento control. Materiales de subtipo *japónica* tropical que tuvieron baja esterilidad como L5287 y L2825CA entre otras, presentan mayores niveles de granos disformes en comparación a los vacíos.

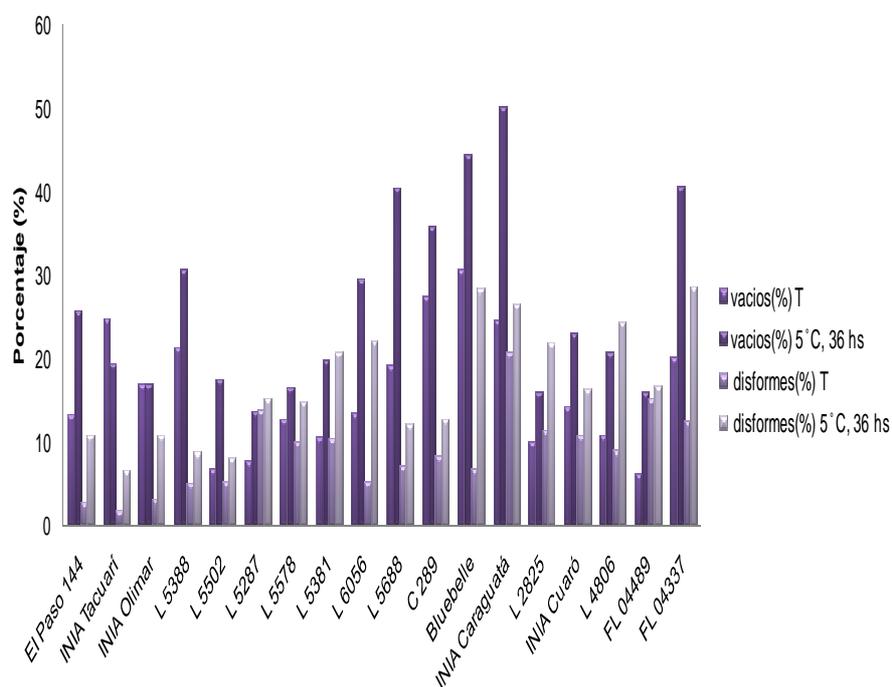


Figura No. 17: Porcentaje de granos vacíos y granos disformes.

INIA Olimar presenta mínimas diferencias en cuanto al porcentaje de granos vacíos según los tratamientos térmicos.

4.2.4 Daño incremental relativo

Esta variable se calculó mediante la fórmula: $[(\% \text{ esterilidad en tratamiento de baja temperatura} - \% \text{ esterilidad del testigo}) / (\% \text{ esterilidad del testigo})] \times 100$. La misma permite estimar el efecto de la baja temperatura de modo independiente del nivel de esterilidad de

base en cada cultivar, y en particular da una idea de la importancia relativa del daño por frío respecto a la esterilidad generada por otras causas.

El efecto general del Subtipo de arroz en cuanto a la respuesta en daño incremental relativo total (%) es significativo (Prob > F= 0.050); de igual forma sucede para cultivares del subtipo *indica* (Prob > F= <0.001), *japónica* (Prob > F= <0.001) y cultivares en conjunto (Prob > F= <0.001).

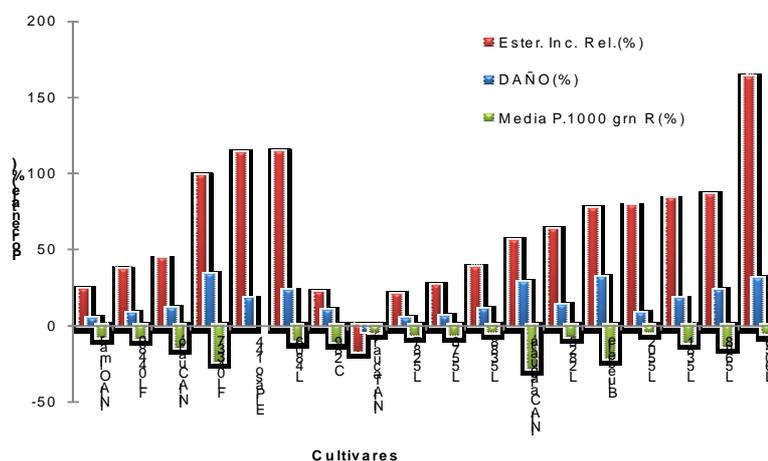


Figura No. 18: Esterilidad incremental relativo (%), daño (%) y peso de 1000 granos relativos (%).

En cultivares *indica*, INIA Olimar tiene los menores valores para las tres variables analizadas, que revela una menor esterilidad en tratamiento de baja temperatura (Figura No. 18). En este grupo de cultivares, El Paso 144 presenta los mayores valores de Daño relativo, mientras que FL04437 los mayores de daño, que muestra mayor porcentaje de esterilidad del testigo para esta ultima variedad en comparación a la primera (Cuadro No.17).

Esterilidad Incremental Relativa (%) es mayor para los Subtipos *japónicas* que para subtipos Indicas en promedio, al igual que daño, variable en la cual no se relativiza en comparación al testigo, sino que

indica cuanto fue el daño por bajas temperaturas comparada con el tratamiento control (Figura No. 18).

Cuadro No. 17: Esterilidad incremental relativa y daño en cultivares según subtipos *japónica* tropical, templado e *indica*.

Cultivar	Subt*	E I R (%)	Media	DAÑO (%)	Media	Media	Media
			EIR Subtip o		Daño Subtip o	P1000 gr Rel. (%)	P1000 Gr. Rel Subtip o
INIA Olimar	<i>Ind</i>	23.76	71.69	4.69	16.32	-7.54	-13.11
FL04489	<i>Ind</i>	36.37		8.03		-8.04	
INIA Cuaró	<i>Ind</i>	43.36		11.41		-13.59	
FL04337	<i>Ind</i>	98.52		33.61		-23.25	
El Paso 144	<i>Ind</i>	113.58		17.67		.	
L4806	<i>Ind</i>	114.55		22.52		-9.78	
C289	<i>J.tem</i>	21.68	21.68	9.82	9.8	-10.06	-10
INIA Tacuarí	<i>J.tr</i>	-16.40	61.25	-3.53	15.60	-4.16	-10.44
L4287	<i>J.tr</i>	20.65		4.62		-6.12	
L5578	<i>J.tr</i>	26.11		6.14		-5.94	
L5388	<i>J.tr</i>	37.59		10.61		-4.00	
INIA Caraguatá	<i>J.tr</i>	55.64		28.52		-27.53	
L2825CA	<i>J.tr</i>	62.68		13.51		-6.83	
Buebelle	<i>J.tr</i>	76.73		31.73		-21.05	
L5502	<i>J.tr</i>	78.43		8.48		-3.78	
L5881	<i>J.tr</i>	83.20		17.43		-10.94	
L5688	<i>J.tr</i>	85.94		23.38		-13.12	
L6056	<i>J.tr</i>	163.23		30.71		-5.13	
Media		62.53		15.52		-10.64	

*Subt.=subtipo de arroz; Ind= *Indica*; J.tem= *Japónica* templado; Jtr= *Japónica* tropical.

E

I

efecto general de Subtipo no es significativo (Prob > F= 0.1702) en la variable Daño. La respuesta al efecto general de cultivares en el subgrupo de germoplasma *indica* (Prob > F= 0.001), *japónica* Tropical (Prob > F= 0.001) y para el conjunto de todos los cultivares (Prob > F= 0.001) es muy significativa.

Los cultivares *japónica* tropical en general, presentaron bajos valores incrementales de esterilidad (daño) como causa del tratamiento de frío. L5578, L5287 y L5381 tuvieron un comportamiento similar a L2825CA, testigo de alta tolerancia. Es de destacar que L5502 y L5578 junto a L2825CA resultan los genotipos de mayor consistencia en su tolerancia a bajas temperaturas en vegetativo y reproductivo, en estas condiciones de evaluación. INIA Caraguatá y Bluebelle aparecen con alta susceptibilidad, aun superando a los materiales *indica*.

Los cultivares *indica* en general presentan incrementos mayores en % de granos chuzos, con la excepción de L4806 que se ubica con un valor intermedio

Por otra parte, los resultados obtenidos en este trabajo respecto a C289 (Cuadro No.17), no coinciden con los resultados reportados posteriormente (Pérez de Vida, 2010) que señalan a este cultivar como altamente tolerante a bajas temperaturas durante estadios reproductivos. Este autor señala que el daño por bajas temperaturas fue significativamente menor en C289 (7.2%) que el registrado en cultivares como El Paso 144 (44.1%), INIA Olimar (31.9%) e INIA Tacuarí (32.8%). En este estudio en cambio los resultados respectivos en cuanto a daño por bajas temperaturas según cultivares son: El Paso 144(17.6%), INIA Olimar (4.69%), INIA Tacuarí (-3.53%) y C289 (9.8%), detectándose la inferioridad en cuanto a esta característica solo frente a un cultivar (Paso144).

4.2.6 Peso de 1000 granos relativo (%)

El efecto de subtipos de oryza no afectó significativamente la variación en Peso de 1000 granos relativo (Prob > F= 0.0950). Sin embargo, la variación fue muy significativa en este parámetro considerando el efecto de cultivares en el subgrupo *indica* (Prob > F= 0.0001), *japónica* tropical (Prob > F= 0.0001), o en el conjunto total de genotipos (Prob > F= 0.0001). Esto indica que el tratamiento de bajas temperaturas en prefloración tuvo un efecto residual afectando el llenado de granos. Resultados precedentes publicados por Pérez de Vida (2008), no confirman los obtenidos en este trabajo.

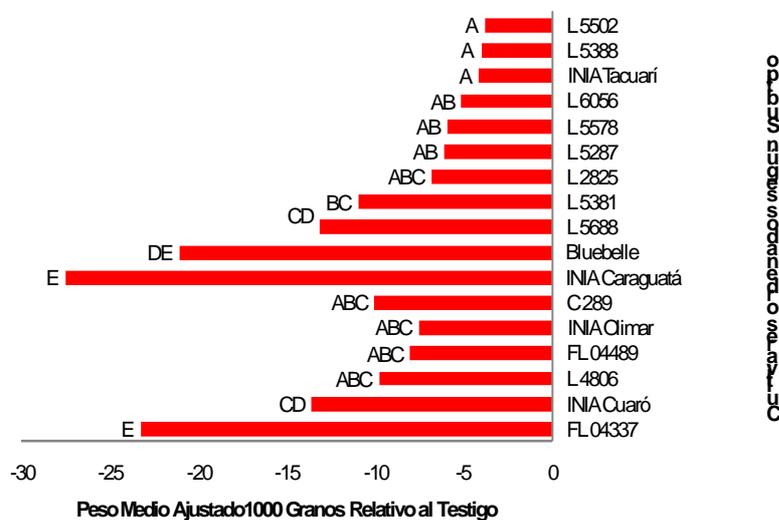


Figura No. 19: Peso relativo de 1000 granos en cultivares. Medias seguidas por la(s) misma(s) letra(s) no difieren estadísticamente, según test de student's t al 5%, DMS= 4.53, CV= -29.11%.

Los cultivares con mayor impacto en el llenado de granos fueron Caraguatá, FL04337 y Bluebelle. Estos expresan en otras variables su escasa adaptación a un evento puntual de 36 hs de bajas temperaturas. Cultivares de sólida tolerancia como L5502, L5388, INIA Tacuarí, L5578, L5287, L2825CA, L5381, C289 pierden aproximadamente 5 % de su peso de 1000 granos producto del estrés.

4.2.7 Asociación entre variables

El cuadro No. 18 muestra la asociación y significancia entre diferentes características evaluadas en estadio reproductivo de arroz. Resalta la que presenta los componentes de esterilidad, la cual es débil ($r=0.13$), muy significativa ($\text{Prob}= 0.0013^{**}$) y con un bajo coeficiente de precisión ($R^2=0.0038$). INIA Tacuarí presenta bajo porcentaje de granos vacíos y alto de granos disformes al tratarse con frío.

Esto indicaría que se trata de eventos independientes, generados por el estrés de baja temperatura.

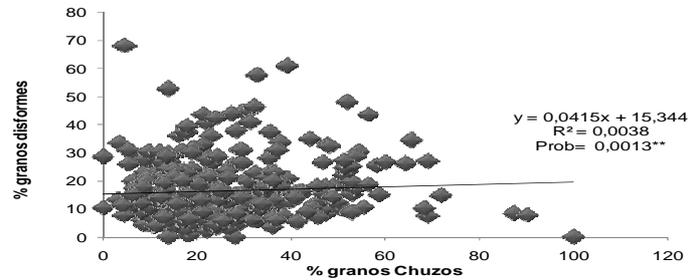


Figura No. 20: Asociación entre componentes de esterilidad.

Cuadro No.18: Asociación entre distintas características de granos por panoja.

Característica	% Vacios	% Disformes	% Esterilidad	% Est. Inc.Rel.	% Daño	Peso (%) Relativo 1000 granos
% Vacios	1	0.13 (0.0013**)	0.84 (0.0001**)	0.54 (0.0001**)	0.75 (0.0001**)	-037 (0.0001**)
% Disformes		1	0.5 (0.0001**)	0.50 (0.0001**)	0,59 (0.0001**)	-0.31 (0.0001**)
% Esterilidad			1	0.71 (0.0001**)	0.92 (0.0001**)	-0.47 (0.0001**)
% Est.Inc.Rel				1	0.9 (0.0001**)	-0.24 (0.0001**)
% Daño					1	-0.38 (0.0001**)
Peso (%) Relativo 1000 granos						1

Granos disformes (%) y esterilidad (%) tienen una asociación media ($r = 0.5$), muy significativa ($\text{Prob} = 0.0001^{**}$) y un coeficiente de determinación $R^2 = 0.35$. La misma es de forma lineal creciente. El porcentaje de esterilidad (%) presenta menor correlación con granos disformes (%) en comparación a granos vacios (%), lo que muestra que este último es mas indicativo de la esterilidad (%).

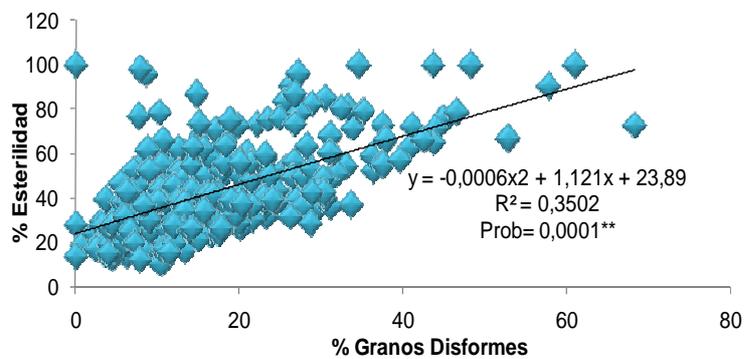


Figura No. 21: Asociación grano disformes (%) y esterilidad (%).

Esterilidad presenta una correlación robusta con granos vacíos ($r=0.84$), de forma lineal y alta precisión ($R^2=0.7$), tal como se muestra en la Figura No. 22.

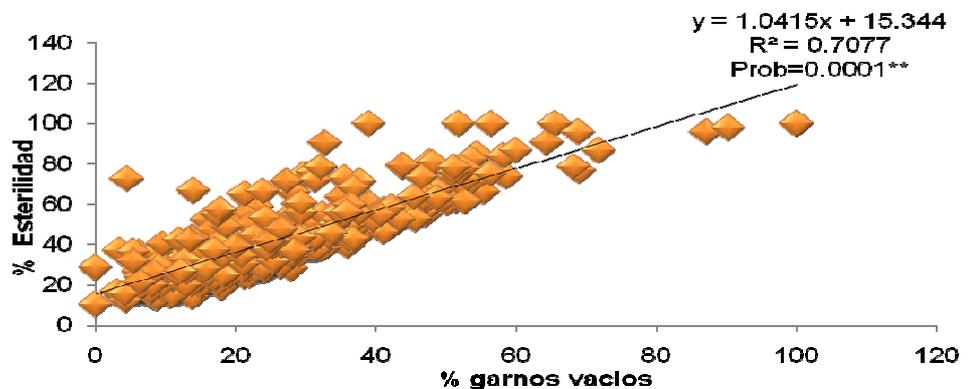


Figura No. 22: Asociación entre granos vacíos (%) y esterilidad en arroz.

Daño (%) tiene muestra la mayor asociación ($r=0.92$) muy significativa ($Prob=0.0001^{**}$) entre variables con esterilidad (%), determinándose con alta precisión ($R^2= 0.86$) esto es de esperar como

en anteriores resultados ya que la primera se obtiene a partir de la segunda.

Esterilidad incremental relativa (%) está fuertemente asociado ($r=0.90$) con daño (%), de forma cuadrática, muy significativa ($\text{Prob} = 0.0001^{**}$) y con un alto coeficiente de precisión, $R^2=0.84$. Se observa (Figura No. 24) que a partir de un determinado nivel de EIR (400%) el Daño (%) no aumenta de 65 % aproximadamente.

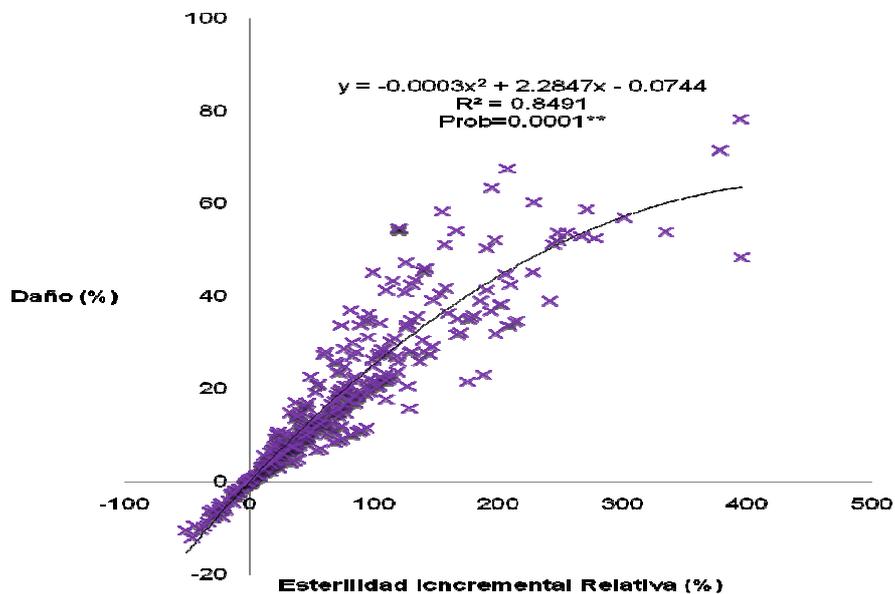


Figura No. 23: Asociación entre esterilidad incremental relativa (%) y daño (%).

De estas variables través sería conveniente usar Daño Incremental relativo al testigo, dado que se compara con este último y se analiza sus diferencias siendo más confiable dado el menor coeficiente de variación.

La asociación entre esterilidad incremental relativa (%) y Peso de 1000 granos relativo (%) es lineal negativa ($r= -0.24$), muy significativa ($\text{Prob} = 0.0001^{**}$), de baja precisión ($R^2=0.038$).

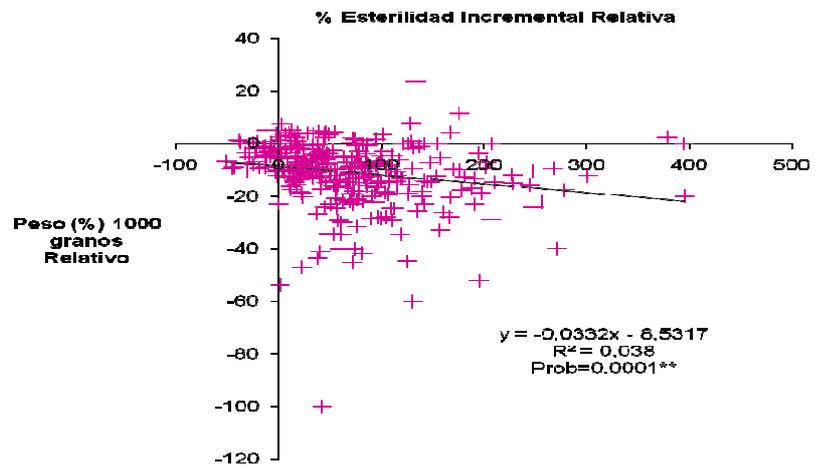


Figura No. 24: Asociación esterilidad incremental relativa (%) y peso de 1000 granos relativo (%).

En relación a lo que se menciona, sería útil conformar un índice que contemple estas dos variables, lo que contribuye al fitomejoramiento en arroz en cuanto al estrés por bajas temperaturas en estadio reproductivo. Esto permite aproximarse al comportamiento de los diferentes genotipos frente a eventos de estrés, mediante evaluación Daño incremental relativo y su incidencia en rinde a través del peso de 1000 granos relativo (%).

5. CONCLUSIONES

La respuesta al tratamiento de baja temperatura en estadios vegetativo expresada por su emisión de fluorescencia F_v/F_m , señaló que cultivares del subtipo *japónica* tropical mantuvieron una mayor integridad de su sistema fotosintético: L2825CA, L5388, L5287. En cultivares *indica* L4806 fue el mas tolerante.

En cuanto al efecto significativo de los cultivares medida por Score Visual para el promedio de las condiciones térmicas se destaco C289 con valores de tolerancia junto a L2825CA. INIA Caraguata presento tolerancia intermedia y materiales *indica* mantuvieron su menor tolerancia como esperado.

INIA Caraguata presento el mayor porcentaje de granos vacios al tratarse con bajas temperaturas. INIA Tacuarí disminuyo 7% pos tratamiento. L5287 presento el menor % de granos vacios.

INIA Tacuarí reporto el menor % de granos disformes con y sin estrés térmico. Cultivares *japónica* mostraron menores valores de granos disformes (%).

De la respuesta de esterilidad al tratarse con 5 °C se destacaron los cultivares pertenecientes al subgrupo *japónica*, INIA Caraguata, Bluebelle con los mayores valores y por encima de los presentados por FL04337 (*indica*).

Cultivares *japónica* tropical presentaron bajos valores de Daño (%) al tratarse con frio.

El Paso 144 presento los mayores valores de Daño relativo (%) dentro del subgrupo *indica*.

Las medias para Esterilidad Incremental Relativa (%) al igual que para Daño (%) son mínimamente mayores para cultivares *japónica* que para *indica*.

INIA Caraguata vio resentido el Peso de 1000 granos relativo (%) en tratamiento de baja temperatura, asi como los menores valores de fluorescencia (0.379) y alta esterilidad en prefloración.

6. RESUMEN

El objetivo principal del trabajo fue evaluar la respuesta de 18 variedades elite del germoplasma de arroz de INIA Uruguay a las bajas temperaturas en estadio vegetativo y reproductivo, entendiéndose los componentes principales de la respuesta al estrés por frío, así generar información que contribuya al fitomejoramiento en cruzamientos futuros y ajustes en el manejo de dichos cultivares. En la zafra agrícola 2008-2009 se instalaron un ensayo en la Unidad Experimental del Este; INIA Treinta y Tres. Se utilizó un diseño Completo al Azar con arreglo factorial de los tratamientos entre cultivares y niveles de frío. Los niveles de frío utilizados fueron en etapa vegetativa, 5°C durante 24 hs (21 días pos siembra) y 5°C durante 36 horas en Prefloración (\pm 6cm entre las aurículas de la penúltima hoja y de la hoja bandera). Además se incluyeron testigos sin tratar con frío. Se analizaron las siguientes variables: % de granos chuzos, % de granos disformes, % Esterilidad, % Esterilidad Incremental Relativa, % Daño, % de Peso de 1000 granos Relativos, % granos llenos, % granos medios, % granos desprendidos, Peso de 1000 Granos, % Valor Relativo (VR) granos totales, %VR granos medios, % VR granos vacíos, % VR granos Disformes, % VR granos Desprendidos, % VR granos Llenos. Se constata que bajas temperaturas (5°C, 24 hs) afectan de forma negativa las dos etapas evaluadas: en vegetativo, disminuye su nivel y capacidad fotosintética, la estructura de planta lo que diferencia considerablemente su apreciación visual post tratamiento, baja la materia seca y altura en aquellas plantas afectadas por frío. En estadio reproductivo se confirma que el frío (5°C, 36 hs) en etapa de prefloración, en microesporogenesis precisamente, aumenta los niveles de granos vacíos, esterilidad y reducción del peso de grano entre otras, lo que impacta en menores rendimientos. Se localizaron diferencias entre subtipos en respuesta de las variables analizadas para los estadios en estudio. A su vez se pudo inferir diferencias entre cultivares dentro de un mismo subtipo, como para todos los cultivares frente a diferentes niveles térmicos y ambientales en las variables analizadas según estadios.

Palabras clave: *Oryza sativa* L.; Arroz; Frío; Esterilidad (%); Granos vacíos (%); Fluorescencia; Peso de Grano (gr).

7. SUMMARY

The main objective was to evaluate the response of 18 elite varieties of rice germplasm INIA Uruguay to low temperatures in vegetative and reproductive stage, understanding the main components of the response to cold stress, and generate information that contributes to plant breeding future crosses and adjustments in the management of these cultivars. In the 2008-2009 agricultural harvest were installed a trial at the Experimental Unit of the East, INIA Treinta y Tres. The design used was completely randomized factorial arrangement of treatments between cultivars and levels of cold. Cold levels used were in the vegetative stage, 5 ° C for 24 hours (21 days after sowing) and 5 ° C for 36 hours at flowering (\pm 6cm between the atrie of the penultimate leaf and flag leaf). Also included untreated controls with cold. We analyzed the following variables: % grain pikes, % of grains deformed, % Sterility, % Sterility Incremental Relative, % Damage, % of Relative Weight of 1000 grains, % full grain, % medium grains, % detached grains, weight of 1000 Grain, % Relative Value (RV) total grains, % VR medium grains, % VR empty grains, % VR deformed grains, % VR Unattached grains, % VR filled grains. It is found that low temperatures (5 ° C, 24 h) negatively affect the two stages studied: in vegetative, decreases the level and photosynthetic capacity, the plant structure which differs considerably from the visual assessment after treatment, low dry matter and height in those plants affected by cold. Reproductive stage confirms that the cold (5 ° C, 36 h) pre-flowering stage in microsporogenesis precisely, increases levels of great emptiness, sterility and reduced grain weight among others, which impacts the lower yields. We found differences between subtypes in response to the analyzed variables for stages in the study. It could infer differences among cultivars within the same subtype, as for all different levels cultivars against thermal and environmental variables analyzed according to stages.

Keywords: *Oryza sativa* L.; Rice; Cold; Sterility (%); Empty Grain (%); Fluorescence; Grain Weight (gr).

8. BIBLIOGRAFÍA

1. BÁEZ TORRES, D.G.; TOLEDO ANTÚNEZ, E.D. 1998. Análisis de crecimiento y componentes del rendimiento en cultivares de arroz II. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 147 p.
2. BERRÍO, L.E.; CORREDOR, E.; CRUZ, M.; JENNINGS, P. 2007. Programa Zona Templada 2005 – 2006. FLAR (Fondo Latinoamericano para Arroz de Riego). Actividades sobresalientes 2005 – 2006. Palmira, Colombia, s.e. 9 p.
3. BLANCO, P. 1991. Growth and assimilate partitioning in rice cultivars of different maturity groups. Tesis M. Sc. Arkansas, USA. University of Arkansas. 141 p.
4. BLANCO, P.; MOLINA, F.; PÉREZ DE VIDA, F.; ÁVILA, S.; LAVECCHIA, A. MÉNDEZ, J.; MARCHES, C. 2006. Mejoramiento genético. Comentarios generales sobre el desarrollo de cultivares. Evaluación interna de cultivares. In: Arroz; resultados experimentales 2004-2005. Treinta y Tres, INIA. cap. 7, pp. 1-39.
5. CASTERA, FERNÁNDEZ RODRÍGUEZ SANTANA, J. A. 1999. Evaluación de distintas temperaturas base para la suma de grados día en diferentes cultivares de arroz. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 152 p.
6. _____. 2000. Cosecha con complicaciones variadas en la zona este. Revista Arroz. 6 (22): 46 –48.
7. CASTILLO, D.; ALVARADO, A. 2002. Caracterización de germoplasma de arroz para tolerancia a frío en la etapa de germinación. (en línea). Agricultura Técnica. (Chile). 62(4): 596-605. Consultado 19 ene. 2009. Disponible en <http://www.bioline.org.br/request?at02056>
8. CORREDOR, E.; CRUZ, M.; BERRIO, L. E. 2009. Programa Zona Templada. FLAR (Fondo Latinoamericano para Arroz de Riego). Actividades sobresalientes 2007 – 2008. Palmira, Colombia, s.e. 11 p.

9. CRUZ, M.; CORREDOR, E.; JENNINGS, P. ZORRILLA, G. 2003. Cold tolerant evaluation in rice under controlled conditions. FLAR (Fondo Latinoamericano para Arroz de Riego). Palmira, Colombia, s.e. pp. 18-20.
10. FERREIRA PACHECO, E.; MONTAUBAN ZARDO, E.F. 1998. Incidencia de factores climáticos sobre rendimiento y componentes y vías de construcción del rendimiento en cultivares de arroz. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 186 p.
11. GUNAWARDENA, T.A.; FUKAI, S.; BLAMEY F.P.C. 2003. Low temperature induced spikelet sterility in rice. I. Nitrogen fertilisation and sensitive reproductive period. Australian Journal of Agricultural Research. 54(10): 935-946.
12. NISHIYAMA, I. 1984. Climatic influence on pollen formation and fertilization. In: Tsunoda, S.; Takahashi, N. eds. Biology of rice. Amsterdam, Elsevier. pp. 153-171.
13. PÉREZ DE VIDA, F.; BLANCO, P. 2008. Evaluación final; adaptación a siembra directa y respuesta a épocas de siembra. In: Arroz; resultados experimentales 2006-2007. Treinta y Tres, INIA. cap. 6, pp. 1-38.
14. _____. 2010. Aspectos de la ecofisiología del cultivo de arroz en Uruguay; I. Análisis de la productividad en los últimos 15 años. In: Arroz; resultados experimentales 2009-2010. Treinta y Tres, INIA. cap. 8, pp. 1-7.
15. RIBERO MORALES, H.R. 2004. Tolerancia al frío de diferentes variedades de arroz. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 86 p.
16. ROEL, A.; MÉNDEZ, R. 2006. Ecofisiología del cultivo. Comportamiento de las principales variables climáticas en la zafra 2004/05 – Zona Este. In: Arroz; resultados experimentales 2004-2005. Treinta y Tres, INIA. cap. 2, pp. 1-34.

17. SASAHARA, T. 1984. Panicle properties and ripening. Morphology of rice panicle. In: Tsunoda, S.; Takahashi, N. eds. Biology of rice. Amsterdam, Elsevier. pp. 183-184.
18. SHIMONO, H.; HASEGAWA, T.; FUJIMURA, S.; IWAMA, K. 2004. Responses of leaf photosynthesis and plant water status in rice to low water temperatura at different growth stages. Field Crops Research. 89: 71 – 83.
19. _____.; OKADA, M.; KANDA, E.; ARAKAWA, I. 2007. Low temperature-induce sterility in rice; evidence for the effects of temperature before panicle initiation. Field Crops Research. 101: 221-231.
20. STANSEL, J.W. 1975. The rice plant. s.l., Institute of Development and Yield. s.p.
21. SNEDECOR, G. 1964. Métodos estadísticos. s.n.t. cap. 12, pp. 421-467.
22. TORIYAMA, K. 1975. Rice research strategies for areas of no optimal temperatures. In: Rice research strategies for the future. s.l., International Rice Research Institute. pp. 227 – 237.
23. VERGARA , B. S. 1976a. Physiological and morphological adaptability of rice varieties to climate. In: Climate and rice. Los Baños, Phillipines, IRRI. pp. 67 – 86.
24. _____. 1976b. Rice production training series; effects of temperature and photoperiodism on rice growth. Tokio, IRRI. 28 p.
25. _____. 1984. Guía para el nuevo arrocero. Santo Domingo, República Dominicana, Secretaría de Estado de Agricultura. Instituto Superior de Agricultura. 221 p.
26. WILLIAMS, R.L.; ANGUS J.F. 1994. Deep floodwater protects high-nitrogen rice crops from low-temperature damage. Australian Journal of Experimental Agriculture. 34: 927-932.

9. ANEXOS

9.1 VEGETATIVO

Anexo No. 1. Medición de variables aplicar a programa estadístico.

Sub tipo	Nombre	Trat.	Rep.	MS (gr)	Fv/Fm	Score visual	Altura (cm)
indica	El Paso 144	1(24hs, 5°C)	1	0,62	0,516	7	38
indica	El Paso 144	1(24hs, 5°C)	2	0,35	0,543	5,5	32
indica	El Paso 144	1(24hs, 5°C)	5	0,26	0,319	5	35
indica	El Paso 144	1(24hs, 5°C)	6	0,45			35,5
jap tropical	INIA Tacuarí	1(24hs, 5°C)	1	0,4	0,74	3	34,3
jap tropical	INIA Tacuarí	1(24hs, 5°C)	3	0,32	0,465	8	29,4
jap tropical	INIA Tacuarí	1(24hs, 5°C)	4	0,36	0,685	6	30,5
jap tropical	INIA Tacuarí	1(24hs, 5°C)	6	0,3			29,5
indica	INIA Olimar	1(24hs, 5°C)	1	0,5	0,834	7,5	35,5
indica	INIA Olimar	1(24hs, 5°C)	2	0,67	0,673	6	42,5
indica	INIA Olimar	1(24hs, 5°C)	3	0,44	0,303	7	39,5
indica	INIA Olimar	1(24hs, 5°C)	6	0,42			39,2
jap tropical	L 5388	1(24hs, 5°C)	1	0,59	0,666	4,5	36,5

jap tropi cal	L 5388	1(24hs, 5°C)	2	0,62	0,675	4,5	35
jap tropi cal	L 5388	1(24hs, 5°C)	3	0,31	0,811	4	33,2
jap tropi cal	L 5388	1(24hs, 5°C)	6	0,39			34,5
jap tropi cal	L 5502	1(24hs, 5°C)	1	0,49	0,603	4,5	28,6
jap tropi cal	L 5502	1(24hs, 5°C)	2	0,57	0,601	3,5	32,5
jap tropi cal	L 5502	1(24hs, 5°C)	3	0,33	0,598	3,5	30
jap tropi cal	L 5502	1(24hs, 5°C)	6	0,36			29,4
jap tropi cal	L 5287	1(24hs, 5°C)	1	0,5	0,831	4	33
jap tropi cal	L 5287	1(24hs, 5°C)	2	0,65	0,677	3,5	33
jap tropi cal	L 5287	1(24hs, 5°C)	3	0,37	0,693	3,5	28,5
jap tropi cal	L 5287	1(24hs, 5°C)	6	0,38			29,1
jap tropi cal	L 5578	1(24hs, 5°C)	1	0,4	0,656	6	31
jap tropi cal	L 5578	1(24hs, 5°C)	4	0,44	0,677	5,5	34,5
jap tropi cal	L 5578	1(24hs, 5°C)	5	0,38	0,493	5	36

jap tropi cal	L 5578	1(24hs, 5°C)	6	0,38			33
jap tropi cal	L 5381	1(24hs, 5°C)	1	0,52	0,663	4,5	31,2
jap tropi cal	L 5381	1(24hs, 5°C)	2	0,52	0,511	5,5	28,7
jap tropi cal	L 5381	1(24hs, 5°C)	3	0,49	0,645	6	32,3
jap tropi cal	L 5381	1(24hs, 5°C)	6	0,36			32,7
jap tropi cal	L 6056	1(24hs, 5°C)	1	0,48	0,848	5	34,8
jap tropi cal	L 6056	1(24hs, 5°C)	2	0,44	0,651	5	36,5
jap tropi cal	L 6056	1(24hs, 5°C)	5	0,24	0,65	3,5	22,2
jap tropi cal	L 6056	1(24hs, 5°C)	6	0,37			29,1
jap tropi cal	L 5688	1(24hs, 5°C)	2	0,51		4,5	34,5
jap tropi cal	L 5688	1(24hs, 5°C)	3	0,36	0,584	3	34,6
jap tropi cal	L 5688	1(24hs, 5°C)	5	0,43	0,516	3	38,2
jap tropi cal	L 5688	1(24hs, 5°C)	6	0,42			35,5
jap tem plad	C 289	1(24hs, 5°C)	1	0,45		2,5	31,7

o							
jap tem plad o	C 289	1(24hs, 5°C)	2	0,61	0,565	2	33,6
jap tem plad o	C 289	1(24hs, 5°C)	3	0,59	0,454	3,5	36
jap tem plad o	C 289	1(24hs, 5°C)	6	0,51			35,9
jap tropi cal	Bluebelle	1(24hs, 5°C)	1	0,67	0,642	6	40,3
jap tropi cal	Bluebelle	1(24hs, 5°C)	4	0,28	0,672	6	33,5
jap tropi cal	Bluebelle	1(24hs, 5°C)	5	0,26	0,616	5,5	39,4
jap tropi cal	Bluebelle	1(24hs, 5°C)	6	0,31			35
jap tropi cal	INIA Caraguata	1(24hs, 5°C)	1	0,52	0,295	4,5	41
jap tropi cal	INIA Caraguata	1(24hs, 5°C)	2	0,6	0,352	5	29,6
jap tropi cal	INIA Caraguata	1(24hs, 5°C)	4	0,31	0,452	4,5	35,2
jap tropi cal	INIA Caraguata	1(24hs, 5°C)	6	0,42			44,6
jap tropi cal	L 2825	1(24hs, 5°C)	1	0,35	0,539	2,5	32
jap tropi	L 2825	1(24hs, 5°C)	2	0,69	0,799	3	37,6

cal							
jap tropi cal	L 2825	1(24hs, 5°C)	3	0,44	0,818	4,5	33,5
jap tropi cal	L 2825	1(24hs, 5°C)	6	0,43			34,9
indi ca	INIA Cuaró	1(24hs, 5°C)	1	0,49	0,364	6	39
indi ca	INIA Cuaró	1(24hs, 5°C)	2	0,63	0,549	6,5	39,8
indi ca	INIA Cuaró	1(24hs, 5°C)	3	0,34	0,597	6,5	39
indi ca	INIA Cuaró	1(24hs, 5°C)	6	0,33			29,2
indi ca	L 4806	1(24hs, 5°C)	1	0,76	0,555	5	35,6
indi ca	L 4806	1(24hs, 5°C)	2	0,58	0,706	5,5	38,1
indi ca	L 4806	1(24hs, 5°C)	3	0,3	0,551	5,5	31,5
indi ca	L 4806	1(24hs, 5°C)	6	0,48			33
indi ca	FL 04489	1(24hs, 5°C)	1	0,8	0,213	6	45
indi ca	FL 04489	1(24hs, 5°C)	2	0,67	0,776	7	40,6
indi ca	FL 04489	1(24hs, 5°C)	5	0,32	0,635	5	40,5
indi ca	FL 04489	1(24hs, 5°C)	6	0,32			34
indi ca	FL 04337	1(24hs, 5°C)	1	0,8	0,421	5	35,6
indi ca	FL 04337	1(24hs, 5°C)	2	0,71	0,419	5,5	36
indi ca	FL 04337	1(24hs, 5°C)	3	0,34	0,537	5,5	34,5
indi ca	FL 04337	1(24hs, 5°C)	6	0,4			32
							Prom edios
indi	El Paso	0	3	0,41	0,873		30,5

ca	144	(testigo)					
indica	El Paso 144	0 (testigo)	4	0,33			36
jap tropi cal	INIA Tacuarí	0 (testigo)	2	0,35	0,91		31,7
jap tropi cal	INIA Tacuarí	0 (testigo)	5	0,21			37,8
indica	INIA Olimar	0 (testigo)	4	0,43	0,892		37,7
indica	INIA Olimar	0 (testigo)	5	0,45			38,7
jap tropi cal	L 5388	0 (testigo)	4	0,26	0,895		35
jap tropi cal	L 5388	0 (testigo)	5	0,45			34,5
jap tropi cal	L 5502	0 (testigo)	4	0,28	0,906		30
jap tropi cal	L 5502	0 (testigo)	5	0,36			29,7
jap tropi cal	L 5287	0 (testigo)	4	0,4	0,834		29
jap tropi cal	L 5287	0 (testigo)	5	0,33			28,7
jap tropi cal	L 5578	0 (testigo)	2	0,52	0,86		35,6
jap tropi cal	L 5578	0 (testigo)	3	0,47			36,4
jap tropi cal	L 5381	0 (testigo)	4	0,43	0,856		33
jap tropi	L 5381	0 (testigo)	5	0,23			27,3

cal							
jap tropi cal	L 6056	0 (testigo)	3	0,33	0,918		28,6
jap tropi cal	L 6056	0 (testigo)	4	0,33			27,5
jap tropi cal	L 5688	0 (testigo)	1	0	0,909		37,9
jap tropi cal	L 5688	0 (testigo)	4	0,35			33,5
jap tem plad o	C 289	0 (testigo)	4	0,68	0,852		37,4
jap tem plad o	C 289	0 (testigo)	5	0,56			38
jap tropi cal	Bluebelle	0 (testigo)	2	0,48	0,897		36,4
jap tropi cal	Bluebelle	0 (testigo)	3	0,34			41,5
jap tropi cal	INIA Caraguatá	0 (testigo)	3	0,29	0,848		35
jap tropi cal	INIA Caraguatá	0 (testigo)	5	0,4			37,9
jap tropi cal	L 2825	0 (testigo)	4	0,42	0,8		31,5
jap tropi cal	L 2825	0 (testigo)	5	0,41			32,6
indi ca	INIA Cuaró	0 (testigo)	4	0,36	0,895		41
indi	INIA	0	5	0,38			39

ca	Cuaró	(testigo)					
indica	L 4806	0 (testigo)	4	0,44	0,885		36,3
indica	L 4806	0 (testigo)	5	0,35			32,5
indica	FL 04489	0 (testigo)	3	0,42	0,885		37,2
indica	FL 04489	0 (testigo)	4	0,4			40,2
indica	FL 04337	0 (testigo)	4	0,37	0,847		32,2
indica	FL 04337	0 (testigo)	5	0,5			35,3

Anexo No. 2. Salida estadística para nivel de fluorescencia (fv/fm) según subtipo.

Nivel				Media mínimos Cuadrados
indica	A			5.8571429
jap tropical		B		4.5606061
jap templado			C	2.6666667

Anexo No. 3. Respuesta en fv/fm según cultivares para el promedio de condiciones térmicas.

Diferencia de medias mínimas del cuadrado según student's t

Alpha=

0,050 t=

2,04227LSMean[i] By LSMean[j]

Nivel						Medias mínima de suma de cuadrados
L5287	A					0,73873810
L2825 CA	A	B				0,72373810
L5388	A	B				0,72240476
FL04489	A	B	C			0,71310714
L6056	A	B	C	D		0,65810714
Bluebelle	A	B	C	D		0,64840476
INIA Tacuarí	A	B	C	D		0,63507143
L5578	A	B	C	D		0,61373810
L5381	A	B	C	D		0,61140476
L4806	A	B	C	D		0,60907143
INIA Olimar	A	B	C	D		0,60840476
L5502	A	B	C	D		0,60573810
L5688	A	B	C	D	E	0,55760714
C289		B	C	D	E	0,51710714
INIA Cuaró			C	D	E	0,50840476
El Paso 144				D	E	0,46440476
FL04337				D	E	0,46407143
INIA					E	0,37140476

Nivel						Medias mínima de suma de cuadrados
Caraguatá						

Niveles no seguidos por misma letra tienen diferencia significativa.

Anexo No. 4. Salida estadística para respuesta medias ajustadas valor relativo como porcentaje de reducción respecto a L2825CA =100.

Nivel						Medias ajustadas
L5287	A					99,278304
L2825 CA	A	B				97,248534
L5388	A	B				97,068110
FL04489	A	B	C			95,809975
L6056	A	B	C	D		88,367485
Bluebelle	A	B	C	D		87,054578
INIA Tacuarí	A	B	C	D		85,250338
L5578	A	B	C	D		82,363554
L5381	A	B	C	D		82,047812
L4806	A	B	C	D		81,732070
INIA Olimar	A	B	C	D		81,641858
L5502	A	B	C	D		81,281010

Nivel						Medias ajustadas
L5688	A	B	C	D	E	74,768026
C289		B	C	D	E	69,287647
INIA Cuaró			C	D	E	68,110059
El Paso 144				D	E	62,156067
FL04337				D	E	62,110961
INIA Caraguatá					E	49,571493

Niveles no seguidos por misma letra tienen diferencia significativa.

Anexo No. 5. Corrida estadística para respuesta relativa respecto a control (%) fv/fm en medias ajustadas según student's t.

Alpha=

0,050 t=

2,03452LSMean[i] By LSMean[j]

Nivel						Media mínimos suma del cuadrado
L2825 CA	A					89,833333
L5287	A	B				87,969624
L5388	A	B	C			80,148976
FL04489	A	B	C	D		76,149870
Bluebelle	A	B	C	D	E	71,720550
L5381	A	B	C	D	E	70,833333

Nivel						Media mínimos suma del cuadrado
L5578	A	B	C	D	E	70,775194
INIA Tacuarí	A	B	C	D	E	69,230769
L4806	A	B	C	D	E	68,248588
INIA Olimar	A	B	C	D	E	67,638266
L5502	A	B	C	D	E	66,298749
INIA Cuaró		B	C	D	E	56,238361
FL04337			C	D	E	54,191263
El Paso 144			C	D	E	52,615502
L6056				D	E	47,240378
INIA Caraguatá				D	E	43,199686
L5688				D	E	40,337367
C289					E	39,866980

Niveles no seguidos por misma letra tienen diferencia significativa.

Anexo No. 6. Salida estadística para respuesta en score visual según cultivares:
student's t

$\alpha=$

0.050 t=

2.02809

LSMean[i] By LSMean[j]

Nivel							Medias ajustadas
3	A						6.8333333
15	A						6.3333333
18	A	B					6.0000000
1	A	B	C				5.8333333
12	A	B	C				5.8333333
2	A	B	C				5.6666667
7	A	B	C				5.5000000
16	A	B	C	D			5.3333333
17	A	B	C	D			5.3333333
19	A	B	C	D			5.3333333
8	A	B	C	D			5.3333333
13		B	C	D	E		4.6666667
9		B	C	D	E		4.5000000
4			C	D	E		4.3333333
5				D	E	F	3.8333333
6					E	F	3.6666667
10					E	F	3.5000000
14					E	F	3.3333333
11						F	2.6666667

Niveles no seguidos por misma letra tienen diferencia significativa.

Anexo No. 7. Salida estadística respuesta en altura (cm) según cultivares:

lsmeans differences student's t

$\alpha=$

0.050 t=

1.99601

LSMean[i] By LSMean[j]

Nivel										Medias ajustadas
FL 04489	A									39.433216
INIA Olimar	A	B								38.692325
INIA Cuaró	A	B	C							38.379825
Bluebelle	A	B	C	D						38.034937
INIA Caraguatá	A	B	C	D	E					37.088233
C 289	A	B	C	D	E	F				36.004825
L 5688	A	B	C	D	E	F				35.562222
L 5578		B	C	D	E	F				34.847437
L 5388			C	D	E	F				34.779825
L 4806				D	E	F	G			34.479825
El Paso 144				D	E	F	G			34.258216
FL 04337				D	E	F	G			34.142325
L 2825					E	F	G	H		33.279825

Nivel									Medias ajustadas
INIA Tacuarí						F	G	H	32.806546
L 5381							G	H	30.692325
L 5502								H	29.992325
L 5287								H	29.879825
L 6056								H	29.420716

Niveles no seguidos por misma letra tienen diferencia significativa.

Anexo No. 8. Corrida estadística para matéria seca(gr) según subtipos:

Nivel	Medias ajustadas	Error Estándar
indica,0 (testigo)	0.47613261	0.02889876
indica,1(24hs, 5°C)	0.46276703	0.01927894
jap tropical,0 (testigo)	0.40653673	0.02189231
jap tropical,1(24hs, 5°C)	0.40998164	0.01474971

Anexo No. 9. Resultados estadísticos según test student's t para materia seca(gr) según cultivares.

$\alpha=$

0.050 t=

1.99601

LSMean[i] By LSMean[j]

Nivel					Medias ajustadas	
C 289	A				0.59384673	
FL 04337	A	B			0.51259673	
INIA Olimar	A	B	C		0.48759673	
FL 04489	A	B	C		0.48134264	
L 4806	A	B	C		0.47634673	
L 2825		B	C		0.46009673	
L 5578		B	C		0.43892865	
L 5287		B	C		0.43384673	
L 5388		B	C	D	0.43009673	
INIA Cuaró		B	C	D	0.42259673	
INIA Caraguatá		B	C	D	E	0.41986874
L 5381		B	C	D	E	0.41509673
El Paso 144		B	C	D	E	0.40759264
L 5502		B	C	D	E	0.39259673

Nivel						Medias ajustadas
Bluebelle		B	C	D	E	0.38642865
L 6056			C	D	E	0.36884264
INIA Tacuarí				D	E	0.30518274
L 5688					E	0.29598055

Niveles no seguidos por misma letra tienen diferencia significativa.

9.2 REPRODUCTIVO

Anexo No. 10. Mediciones de variables representadas estadísticamente.

Vacios (%)	Disformes (%)	Esterilidad (%)	Est(%)IVR	Daño (%)	P1000 granos vr
14,141414	6,56566	20,70707071	28,626958	4,6085241	
18,128655	9,94152	28,07017544	74,364657	11,971629	
20,27027	6,75676	27,02702703	67,884889	10,92848	
17,391304	19,2547	36,64596273	127,63523	20,547416	
35,384615	15,3846	50,76923077	215,36531	34,670684	
18,796992	3,7594	22,55639098	40,114456	6,4578444	
32	16	48	198,16356	31,901453	
50,952381	19,0476	70	334,82186	53,901453	
16,778523	9,39597	26,17449664	62,589191	10,07595	
26,760563	7,04225	33,8028169	109,97434	17,70427	
19,607843	7,18954	26,79738562	66,458416	10,698839	
36,842105	12,8655	49,70760234	208,77075	33,609056	
13,69863	4,10959	17,80821918	10,620043	1,7096726	
			-	-	
10,714286	3,57143	14,28571429	11,260844	1,8128323	
35,483871	14,1935	49,67741935	208,58326	33,578873	
30,19802	20,297	50,4950495	213,66216	34,396503	
27,972028	0	27,97202797	73,75499	11,873481	
37,857143	17,1429	55	241,64575	38,901453	
23,2	23,2	46,4	74,578187	19,8	1,9
26,5	3,1	29,6	11,319068	3,0	-10,2
24,3	3,6	27,9	5,1302764	1,4	
28,4	9,5	37,9	42,554969	11,3	-4,4
			-	-	
20,8	5,6	26,4	0,6213671	-0,2	-10,1
22,6	15,3	37,9	42,680711	11,3	-12,1
31,2	6,5	37,7	41,773925	11,1	-17,2
			-	-	
7,0	16,5	23,5	11,619793	-3,1	5,3
			-	-	
18,1	7,6	25,7	3,2773197	-0,9	-10,8
21,9	7,6	29,5	11,137721	3,0	-12,5
			-	-	
21,3	2,7	24,0	9,4912269	-2,5	-3,0
16,3	4,7	21,1	-	-5,5	0,8

			20,750691		
8,3	6,1	14,4	45,816287	-12,2	-9,4
13,4	13,4	26,9	1,1315803	0,3	-5,5
9,2	7,0	16,2	39,121151	-10,4	1,3
17,9	4,5	22,4	15,644994	-4,2	-1,2
18,0	0,6	18,6	29,796834	-7,9	-10,4
24,0	3,2	27,2	2,3901066	0,6	-3,8
22,0	2,2	24,2	8,9939259	-2,4	-3,0
14,1	3,7	17,8	32,990768	-8,8	-7,3
24,2	3,3	27,5	3,474808	0,9	-9,9
17,5	2,9	20,5	22,952061	-6,1	-3,3
20,4	6,4	26,8	0,9164067	0,2	-8,1
14,3	2,6	16,8	-36,62077	-9,7	0,6
15,9	13,3	29,2	44,403831	9,0	1,0
14,2	12,8	27,0	33,262422	6,7	-6,2
17,3	7,5	24,8	22,688969	4,6	-6,9
22,5	10,1	32,5	60,923401	12,3	-34,5
20,0	11,5	31,5	55,949405	11,3	-12,1
15,8	8,3	24,1	19,001975	3,8	-7,4
14,3	10,1	24,5	21,035359	4,3	-9,5
28,7	13,3	42,1	107,93254	21,8	-13,4
22,7	7,1	29,8	47,290046	9,6	-7,8
20,8	5,9	26,7	32,074415	6,5	-10,3
13,8	0,0	13,8	31,672722	-6,4	-3,4
15,3	6,4	21,7	7,4256014	1,5	-3,3
10,3	11,0	21,3	5,43925	1,1	-10,6
9,6	7,8	17,4	13,875447	-2,8	-5,0
17,6	8,4	25,9	28,273518	5,7	-8,7
19,8	9,9	29,7	46,650002	9,4	-7,4
6,6	11,5	18,0	10,832607	-2,2	-5,2
15,9	8,0	23,9	18,148589	3,7	-5,5

22,0	40,7	62,7	210,09369	42,5	-14,6
19,2	6,4	25,6	3,7854585	-1,0	-1,6
12,4	7,5	19,9	25,213897	-6,7	0,5
19,8	9,9	29,8	12,018593	3,2	0,1
25,9	7,8	33,6	26,503756	7,0	-9,0
30,1	9,4	39,5	48,493561	12,9	-3,9
29,0	4,9	34,0	27,745167	7,4	4,0
22,7	8,1	30,8	15,942918	4,2	2,4
21,5	5,4	26,9	1,0868131	0,3	2,6
30,8	7,3	38,1	43,231768	11,5	-6,0
35,9	3,6	39,5	48,704553	12,9	3,6
15,1	4,1	19,1	28,018376	-7,4	0,0
51,5	9,8	61,4	130,89147	34,8	-1,5
42,3	6,9	49,2	85,239425	22,7	-3,7
33,2	14,0	47,2	77,720482	20,7	-13,4
32,0	5,7	37,7	41,937237	11,1	-12,8
47,1	8,0	55,2	107,59591	28,6	-14,5
48,3	12,1	60,4	127,27572	33,8	-15,5
45,0	11,8	56,8	113,7378	30,2	-10,7
22,6	23,3	45,9	72,760991	19,3	-23,0
8,2	6,2	14,4	17,497647	2,1	-11,1
14,3	6,8	21,1	72,270986	8,8	2,2
24,4	9,3	33,7	175,93405	21,5	11,6
8,8	4,4	13,2	7,9060022	1,0	-7,6
14,8	7,4	22,2	81,841596	10,0	.
8,1	11,1	19,3	57,59605	7,0	-15,9
10,9	8,0	18,9	54,305583	6,6	4,6
16,4	5,9	22,3	82,437798	10,1	1,4
9,9	7,1	17,0	39,282925	4,8	4,9
17,2	10,8	28,0	128,76846	15,7	7,8
16,1	6,8	23,0	88,066003	10,8	-11,6
11,7	4,6	16,2	32,919746	4,0	-5,8
12,4	8,2	20,6	68,719007	8,4	-9,1
12,0	9,4	21,4	75,151772	9,2	-0,4
11,2	3,9	15,1	23,774532	2,9	-0,4
50,3	10,3	60,6	395,64824	48,4	-19,9
9,7	14,1	23,8	94,619654	11,6	-8,5
14,8	8,5	23,3	90,50072	11,1	-19,9

23,9	11,4	35,2	188,26026	23,0	-17,0
7,9	8,7	16,7	36,381197	4,4	-8,9
12,1	16,8	29,0	32,571824	7,1	-0,6
9,7	12,5	22,2	1,7411676	0,4	1,4
			-		
9,4	11,9	21,3	2,4050242	-0,5	3,9
11,0	14,6	25,6	17,250492	3,8	1,0
10,9	11,6	22,5	3,0497357	0,7	7,6
9,5	15,1	24,6	12,642007	2,8	5,2
			-		
10,1	11,6	21,7	0,4705969	-0,1	-3,3
20,3	9,8	30,1	37,670741	8,2	-0,3
9,4	12,5	21,9	0,1514619	0,0	-23,1
9,8	10,6	20,3	-6,944054	-1,5	0,6
8,9	16,1	25,0	14,458814	3,2	-10,2
18,9	23,7	42,6	95,054073	20,8	1,9
20,8	6,5	27,2	24,71498	5,4	-5,9
16,0	36,3	52,3	139,5425	30,5	-18,2
12,3	16,9	29,2	33,828767	7,4	-12,4
16,5	14,2	30,7	40,60858	8,9	-41,0
11,7	13,6	25,2	15,570064	3,4	-13,8
18,2	11,7	30,0	37,201444	8,1	-9,5
17,6	11,5	29,1	33,316013	7,3	-4,8
16,7	14,8	31,5	44,133321	9,6	-4,8
16,9	23,6	40,5	85,452255	18,7	-6,9
14,9	19,7	34,6	58,302359	12,7	-29,1
19,0	5,0	24,0	5,8144271	1,3	-2,1
17,2	5,9	23,1	1,8565717	0,4	-53,6
			-		
13,8	5,9	19,7	13,124444	-3,0	-0,8
11,8	25,9	37,6	65,983415	15,0	-14,7
22,2	8,1	30,3	33,604075	7,6	3,8
16,9	6,1	23,0	1,3548152	0,3	-2,3
26,0	8,7	34,7	52,984714	12,0	-2,5
22,7	4,0	26,8	17,964802	4,1	4,1
15,9	9,1	25,0	10,223362	2,3	4,2
10,7	14,8	25,4	12,030302	2,7	3,3
13,1	13,8	27,0	18,995463	4,3	4,2
20,0	29,6	49,6	118,68315	26,9	-34,4
18,6	6,8	25,4	11,929606	2,7	-1,4
14,6	11,1	25,7	13,285122	3,0	-0,8

10,1	13,9	24,0	5,7298432	1,3	3,4
12,0	29,3	41,3	82,108163	18,6	-10,7
23,6	21,1	44,7	97,192849	22,0	-7,3
19,0	11,9	31,0	36,467019	8,3	-4,4
23,0	36,1	59,0	160,19941	36,3	-26,1
8,7	23,2	31,9	40,574722	9,2	-12,7
13,8	16,2	30,0	32,268034	7,3	-5,9
11,3	22,6	34,0	49,737397	11,3	-5,1
0,0	10,4	10,4	-	-10,6	-6,6
5,8	10,6	16,3	-	-4,6	-6,6
46,5	9,6	56,1	22,029047	35,1	-20,4
23,6	20,5	44,1	167,54174	23,1	-7,6
21,1	6,4	27,5	110,36869	6,5	-7,0
54,1	18,0	72,2	31,104925	51,2	-15,6
20,9	20,9	41,9	244,29986	20,9	-6,5
21,6	9,0	30,6	99,79006	9,6	-14,8
14,4	26,6	41,0	45,947384	20,0	-7,6
3,4	33,5	36,9	95,603811	15,9	-4,4
7,1	17,4	24,5	75,876641	3,6	-13,6
12,4	26,8	39,2	16,975175	18,2	-7,7
35,5	37,4	72,9	86,865497	51,9	-24,0
18,7	14,7	33,4	247,76265	12,5	-13,9
15,1	23,0	38,1	59,40212	17,1	-9,4
39,1	20,8	59,9	81,57657	39,0	-13,4
12,0	12,6	24,6	185,88851	3,6	-8,7
8,3	16,7	25,0	17,37666	4,0	-8,1
18,9	24,4	43,3	19,249692	22,4	-19,1
6,2	29,6	35,8	106,69947	14,8	-18,8
29,7	44,9	74,6	70,754423	53,7	-22,1
40,3	15,3	55,6	256,02082	36,7	-3,5
37,2	19,9	57,1	194,43575	38,2	-6,9
21,9	29,1	51,0	202,36052	32,1	-9,7
41,8	15,2	57,1	169,92103	38,2	-9,2
25,1	8,5	33,6	201,9497	14,8	-2,9
34,3	10,6	44,9	78,048788	26,0	-1,0
19,7	11,3	31,0	137,34104	12,1	-4,9
35,8	14,8	50,6	63,956056	31,7	4,3
16,7	14,7	31,4	167,57188	12,5	-6,9
12,9	13,6	26,5	66,348847	7,6	-3,2
			40,416616		

24,9	21,4	46,3	144,79366	27,4	-14,4
31,0	44,8	75,9	301,40965	57,0	-12,2
32,7	57,7	90,4	378,25293	71,5	2,5
37,7	33,8	71,4	277,95065	52,5	-17,5
23,4	9,4	32,8	24,293742	6,4	-7,9
32,6	5,6	38,2	44,87161	11,8	2,4
21,8	14,3	36,1	37,030067	9,8	-4,3
33,8	11,3	45,0	70,650234	18,6	-5,4
23,5	7,2	30,8	16,683921	4,4	-4,8
46,5	13,2	59,6	126,20304	33,3	-18,9
36,8	10,0	46,9	77,711076	20,5	-4,9
38,2	7,8	46,0	74,329261	19,6	-7,6
37,1	11,5	48,6	84,159287	22,2	-12,6
49,7	12,4	62,1	135,37963	35,7	-25,7
41,2	16,0	57,3	117,11226	30,9	-6,1
48,9	18,0	66,9	153,62807	40,5	-12,4
31,4	6,1	37,6	42,415528	11,2	-100,0
69,0	7,7	76,7	190,8493	50,3	-23,0
27,9	6,1	34,1	29,232331	7,7	-11,9
23,4	7,1	30,5	15,499313	4,1	-14,5
44,3	10,4	54,8	107,74811	28,4	-8,3
45,6	7,0	52,6	99,590917	26,3	-4,4
68,2	10,2	78,4	197,4296	52,1	-18,6
52,8	15,2	68,0	158,00492	41,7	-5,5
21,2	32,9	54,1	105,22643	27,7	-9,9
71,8	14,8	86,6	228,48167	60,2	-15,0
47,1	18,3	65,4	148,00879	39,0	-14,5
36,6	17,1	53,7	103,48537	27,3	-18,3
23,9	4,3	28,3	-	-7,7	-1,5
25,5	5,9	31,4	-	-4,6	-8,9
55,3	10,6	66,0	83,252285	30,0	-21,5
32,7	18,2	50,9	41,44282	14,9	-12,4
53,7	17,1	70,7	96,51681	34,7	-27,9
41,1	5,5	46,6	29,402188	10,6	-0,1
36,4	16,5	52,9	46,953579	16,9	-8,0
37,6	12,0	49,6	37,872566	13,6	-43,5
30,5	19,8	50,4	39,977491	14,4	-5,6
39,6	12,5	52,1	44,705266	16,1	4,0
29,3	15,5	44,8	24,546325	8,8	-10,7

34,0	10,6	44,7	24,138645	8,7	-2,2
32,0	12,0	44,0	22,247008	8,0	-9,5
36,2	13,3	49,5	37,594035	13,5	-10,9
52,7	8,8	61,5	70,974837	25,5	-8,4
32,4	22,9	55,2	53,47027	19,2	-34,3
43,2	9,0	52,3	45,17458	16,3	-24,1
36,0	6,7	42,7	18,6258	6,7	-0,7
36,7	6,1	42,9	19,071761	6,9	-7,2
28,0	15,1	43,0	19,498542	7,0	-18,4
31,1	11,1	42,2	17,307735	6,2	-6,7
34,1	15,9	50,0	38,917055	14,0	-3,3
33,3	10,3	43,6	21,107176	7,6	-13,7
27,5	25,5	52,9	47,088647	16,9	-3,5
28,2	37,9	66,1	76,303586	28,6	-31,5
35,3	23,0	58,3	55,424246	20,8	-20,5
42,2	16,3	58,5	56,037746	21,0	-24,4
43,8	34,9	78,8	110,08427	41,3	-29,0
31,3	41,0	72,2	92,627992	34,7	-21,9
58,6	15,1	73,7	96,451873	36,2	-14,9
54,4	30,4	84,8	126,14485	47,3	.
27,3	43,9	71,2	89,933895	33,7	-28,4
87,2	8,5	95,7	155,31758	58,2	.
35,2	28,1	63,3	68,781017	25,8	-21,9
47,7	33,1	80,8	115,49214	43,3	-12,2
40,6	14,1	54,7	20,557963	9,3	-12,4
64,3	26,2	90,5	99,453718	45,1	-28,2
65,5	34,5	100,0	120,44885	54,6	.
29,1	26,5	55,6	22,633795	10,3	-46,9
53,6	28,8	82,4	81,546109	37,0	-41,6
19,1	31,8	51,0	12,330622	5,6	-17,4
29,0	31,2	60,2	32,743391	14,9	-12,8
51,3	22,1	73,4	61,736339	28,0	-29,8
100,0	0,0	100,0	120,44885	54,6	.
46,8	15,6	62,4	37,585096	17,0	-26,6
36,9	31,1	68,0	49,819604	22,6	-34,2
43,9	35,1	79,1	74,27375	33,7	-40,0
100,0	0,0	100,0	120,44885	54,6	.
53,0	19,7	72,6	60,155145	27,3	-40,0
51,9	48,1	100,0	120,44885	54,6	.
39,1	60,9	100,0	120,44885	54,6	.
29,5	26,6	56,1	23,646585	10,7	-20,2

12,0	20,5	32,5	50,888419	11,0	-23,1
20,1	20,1	40,2	86,679543	18,7	-0,4
23,1	26,4	49,5	129,73613	27,9	0,8
18,4	12,6	30,9	43,637488	9,4	-4,8
17,0	20,8	37,7	75,312264	16,2	-13,0
6,3	20,0	26,3	21,951594	4,7	-11,2
8,6	27,6	36,2	68,209095	14,7	-11,6
31,1	12,1	43,3	101,0309	21,7	3,5
9,4	21,5	30,9	43,560429	9,4	-2,7
15,7	13,5	29,2	35,71927	7,7	-3,9
22,1	27,6	49,7	130,68676	28,1	-9,3
13,6	24,4	38,0	76,581493	16,5	-7,2
18,7	21,1	39,8	85,075589	18,3	-14,8
5,4	31,0	36,4	69,189418	14,9	-11,0
16,5	20,1	36,6	69,845538	15,0	-9,0
16,7	30,7	47,4	120,06303	25,8	-12,7
17,7	23,1	40,8	89,404673	19,2	-12,3
34,6	17,8	52,3	109,39456	27,3	-24,5
20,0	14,7	34,7	38,698965	9,7	-8,9
26,3	23,6	49,8	99,373027	24,8	-14,4
23,1	16,1	39,2	56,80885	14,2	-16,6
18,3	6,5	24,8	0,6304547	-0,2	-12,1
27,5	10,8	38,3	53,352664	13,3	-15,9
28,6	10,1	38,7	54,657864	13,7	-14,4
33,7	11,9	45,6	82,425901	20,6	-8,5
22,7	21,6	44,3	77,338594	19,3	-18,1
26,5	12,4	38,8	55,330289	13,8	-16,8
21,1	9,0	30,1	20,344647	5,1	-12,5
25,2	13,4	38,7	54,657864	13,7	-9,4
29,2	14,2	43,4	73,491728	18,4	-17,8
25,1	15,6	40,8	63,166488	15,8	-21,4
25,0	17,3	42,3	69,270187	17,3	-14,8
24,5	17,3	41,7	66,945351	16,7	-16,4
24,4	13,2	37,6	50,278898	12,6	-14,4
9,1	21,5	30,6	22,342539	5,6	-18,7
14,8	21,1	35,9	43,783483	10,9	-5,0
0,0	28,6	28,6	14,312334	3,6	-14,0
24,2	28,8	53,0	112,17062	28,0	-24,5
14,4	14,4	28,8	45,376708	9,0	-5,7
28,3	8,3	36,7	85,086086	16,9	-13,5

20,3	18,1	38,4	93,92687	18,6	-18,2
37,6	18,0	55,6	180,85517	35,8	-12,5
17,5	23,0	40,4	104,11878	20,6	-18,3
18,8	30,2	49,0	147,13199	29,1	-7,2
21,3	43,7	65,0	227,97904	45,2	-11,8
15,1	24,0	39,0	97,071736	19,2	-13,3
15,1	21,5	36,6	84,543312	16,7	-9,2
17,8	37,4	55,1	178,33677	35,3	-17,6
13,8	29,7	43,5	119,46967	23,7	-13,0
17,3	37,5	54,8	176,6584	35,0	-9,8
14,0	28,7	42,7	115,41577	22,9	-16,4
25,6	16,1	41,8	110,78735	21,9	-4,4
13,2	16,8	29,9	51,131807	10,1	-10,6
9,6	30,5	40,2	102,72299	20,4	-2,9
12,0	30,3	42,2	113,17412	22,4	-14,2
6,5	17,4	23,9	20,495927	4,1	-8,6
15,2	11,8	27,0	36,531035	7,2	-7,1
4,5	68,2	72,7	267,1129	52,9	-9,3
24,7	16,7	41,5	109,3403	21,7	-9,8
90,2	7,8	98,0	394,88258	78,2	.
26,6	21,3	47,8	141,48955	28,0	-14,0
18,2	15,7	33,9	70,897384	14,0	
9,2	19,8	29,0	34,037786	7,4	-13,1
12,9	19,4	32,3	49,0573	10,6	-12,2
20,8	13,2	34,0	56,932025	12,3	-9,5
11,5	12,6	24,1	11,53598	2,5	-16,0
			-		
12,8	7,1	19,9	7,9133549	-1,7	-4,8
			-		
6,3	12,6	18,9	12,448449	-2,7	-4,2
13,0	13,0	26,0	20,020164	4,3	-1,5
			-		
3,1	13,2	16,3	24,485368	-5,3	-7,8
			-		
5,9	10,9	16,8	22,224557	-4,8	-5,0
8,0	12,0	20,0	-7,584474	-1,6	-1,8
48,0	32,4	80,4	271,47417	58,8	-39,9
23,9	42,4	66,3	206,37756	44,7	-28,9
8,4	17,8	26,2	20,917511	4,5	-1,6
			-		
4,3	7,8	12,2	43,747071	-9,5	-8,9

4,1	11,3	15,5	28,544696	-6,2	-5,2
20,0	18,9	38,9	79,696856	17,2	-7,5
6,3	15,0	21,3	1,7630236	-0,4	-5,0
51,9	23,4	75,3	248,00826	53,7	-10,5
48,7	14,3	63,0	191,0489	41,3	-13,1
16,9	20,2	37,1	71,332155	15,4	0,2
15,6	11,9	27,5	27,114292	5,9	-6,6
5,4	26,1	31,5	45,700154	9,9	4,4
11,6	13,8	25,4	17,193602	3,7	-15,5
52,6	25,3	77,9	139,57333	45,4	-19,9
13,5	28,8	42,3	30,121692	9,8	-10,8
58,2	25,5	83,6	157,2323	51,1	-32,8
13,9	52,8	66,7	105,04024	34,2	-28,0
68,9	27,0	95,9	195,0917	63,4	-52,0
32,1	46,4	78,6	141,65457	46,1	-23,2
29,5	31,0	60,5	85,966731	28,0	-15,9
34,7	21,3	56,0	72,233803	23,5	-13,2
36,4	23,1	59,5	83,011125	27,0	.
36,0	20,0	56,0	72,233803	23,5	-44,9
51,2	24,8	76,0	133,65051	43,5	23,9
51,2	27,2	78,4	141,12732	45,9	.
56,3	18,8	75,0	130,67027	42,5	-60,0
56,4	43,6	100,0	207,56036	67,5	.
45,5	18,2	63,6	95,720231	31,1	-16,5
17,8	39,5	57,3	76,308488	24,8	-21,1
12,3	14,2	26,4	-18,75764	-6,1	-9,1
60,0	26,7	86,7	166,55231	54,2	-28,0
46,7	26,7	73,3	125,54427	40,8	-44,6
7,9	0,0	7,9			
14,1	0,0	14,1			
5,9	0,0	5,9			
5,4	0,0	5,4			
5,7	0,6	6,3			
6,9	1,1	8,0			
15,3	7,1	22,4			
19,7	5,6	25,4			
25,4	11,2	36,6			
11,9	0,0	11,9			

21,4	5,4	26,8			
20,5	2,3	22,7			
24,4	3,1	27,5			
17,6	1,8	19,4			
24,1	2,3	26,4			
24,0	0,8	24,8			
21,4	2,3	23,7			
7,0	1,9	8,9			
32,6	0,8	33,5			
32,6	2,2	34,8			
22,6	0,0	22,6			
32,9	3,5	36,5			
23,1	1,7	24,8			
35,2	0,8	36,1			
28,1	2,1	30,1			
24,2	2,7	26,9			
17,3	1,3	18,6			
13,8	0,0	13,8			
17,8	8,0	25,8			
13,5	5,1	18,6			
18,4	0,0	18,4			
12,3	1,8	14,2			
9,8	4,6	14,3			
14,2	1,4	15,6			
15,5	4,2	19,8			
20,5	6,1	26,5			
38,4	2,5	41,0			
23,5	4,6	28,1			
26,9	3,7	30,6			
29,3	7,6	37,0			
14,4	4,0	18,4			
13,3	2,7	16,0			
29,1	5,5	34,6			
20,8	3,2	23,9			
29,8	4,3	34,0			
11,0	6,9	17,9			
6,3	11,0	17,3			
13,6	6,5	20,1			
10,2	8,1	18,3			
10,1	7,2	17,3			
11,6	3,6	15,2			

4,2	3,0	7,2			
6,0	5,3	11,3			
4,4	5,3	9,7			
7,5	7,5	15,0			
5,4	6,5	11,9			
10,3	5,8	16,1			
4,1	4,7	8,8			
5,5	6,2	11,7			
4,2	0,0	4,2			
8,9	14,8	23,6			
1,6	17,6	19,2			
5,5	16,5	22,0			
5,9	19,3	25,2			
10,2	8,4	18,6			
5,2	12,4	17,5			
14,5	8,3	22,8			
11,8	9,9	21,7			
7,3	17,5	24,8			
10,2	17,7	28,0			
8,2	12,0	20,1			
5,3	13,2	18,5			
2,6	10,5	13,2			
11,1	19,0	30,2			
7,6	6,1	13,6			
8,6	11,1	19,8			
10,4	29,6	40,0			
22,1	4,6	26,7			
18,9	7,6	26,5			
17,0	6,4	23,4			
9,2	9,2	18,3			
11,5	4,9	16,5			
22,9	3,4	26,3			
11,2	6,5	17,8			
9,1	5,3	14,4			
5,7	7,0	12,7			
8,6	6,5	15,1			
7,6	5,2	12,8			
23,3	4,0	27,3			
23,5	19,7	43,2			
7,0	15,0	22,1			
11,4	12,1	23,5			

5,4	8,3	13,7			
9,6	20,0	29,6			
6,2	14,4	20,5			
8,8	7,9	16,7			
15,9	1,3	17,2			
15,3	8,9	24,2			
7,5	1,8	9,2			
16,0	4,0	20,0			
7,7	6,9	14,6			
26,5	9,5	36,0			
9,5	6,0	15,5			
7,0	6,5	13,5			
9,1	3,3	12,4			
7,2	7,6	14,8			
24,2	4,8	29,0			
16,6	3,8	20,4			
11,9	11,9	23,8			
15,9	5,1	21,0			
25,3	11,1	36,4			
26,1	6,8	32,9			
26,7	10,7	37,3			
16,3	5,9	22,1			
10,3	5,9	16,2			
21,9	4,6	26,5			
7,9	9,4	17,4			
22,2	4,7	26,8			
18,7	6,1	24,8			
25,7	5,4	31,1			
14,0	0,0	14,0			
12,4	6,2	18,6			
17,1	14,6	31,7			
0,0	15,6	15,6			
13,7	5,9	19,6			
36,0	10,8	46,8			
42,4	16,2	58,6			
36,0	4,0	40,0			
39,5	11,6	51,2			
43,8	10,4	54,2			
32,5	6,8	39,3			
42,4	0,0	42,4			
77,5	3,0	80,5			

36,8	4,3	41,2			
36,4	10,8	47,2			
35,3	7,8	43,1			
31,7	10,0	41,6			
26,9	10,1	37,0			
10,3	6,7	17,1			
15,7	4,8	20,5			
23,4	9,7	33,1			
34,7	5,3	40,0			
18,9	2,0	20,9			
20,8	6,9	27,7			
42,9	11,9	54,8			
25,8	30,6	56,5			
33,3	11,8	45,1			
36,4	18,2	54,5			
15,2	19,6	34,8			
31,1	28,1	59,3			
24,6	0,0	24,6			
14,7	27,4	42,1			
21,6	29,7	51,4			
13,5	28,8	42,3			
25,5	17,6	43,1			
12,0	24,0	35,9			
13,5	16,9	30,4			
13,9	16,1	29,9			
8,8	14,4	23,1			
7,8	17,4	25,1			
4,3	14,9	19,2			
7,5	10,5	18,0			
11,2	4,6	15,8			
9,1	5,8	14,9			
15,6	6,0	21,6			
8,0	9,8	17,8			
9,1	9,1	18,2			
12,1	12,1	24,2			
6,1	12,1	18,2			
16,6	11,7	28,3			
10,8	13,7	24,5			
13,5	7,5	21,1			
6,3	9,8	16,1			
6,0	10,4	16,4			

46,8	7,3	54,1			
11,5	10,8	22,3			
21,5	6,2	27,7			
11,9	16,8	28,7			
13,5	12,4	25,9			
7,1	9,5	16,7			
13,8	6,6	20,3			
14,7	6,0	20,7			
2,2	15,1	17,2			
8,7	9,4	18,1			
2,6	9,1	11,7			
12,8	6,7	19,6			
14,4	10,5	24,9			
17,8	14,0	31,8			
11,6	6,9	18,5			
6,6	7,5	14,1			
14,1	8,3	22,4			
9,5	8,9	18,5			
7,2	13,5	20,6			
2,4	12,2	14,6			
5,7	9,8	15,6			
9,4	8,6	18,0			
4,9	12,6	17,5			
10,5	15,8	26,3			
6,1	13,2	19,3			
4,4	26,5	30,9			
5,3	15,1	20,4			
5,7	22,9	28,6			
6,1	8,1	14,1			
7,9	25,8	33,7			
6,1	16,0	22,1			
26,0	11,6	37,5			
29,2	9,3	38,4			
24,6	18,5	43,1			
61,8	12,6	74,4			
27,7	20,5	48,2			
10,0	6,9	16,9			
5,8	13,9	19,7			
4,6	6,1	10,6			
4,7	9,5	14,2			

Anexo No.11. Respuesta en grano vacíos (%)/panoja en subtipos. efectos del test de ANAVA.

Source	No.parm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob > F
Repeticion	3	3	1596.2955	2.5456	0.0553
Oryza Subtipos	1	1	744.2271	3.5604	0.0597
Tratamiento	1	1	5215.7169	24.9524	<.0001
Oryza Subtipos*Tratamiento	1	1	40.3320	0.1930	0.6606

LSMeans Differences Student's t

$\alpha=$

0,050 t=

1,96418

LSMean[i] By LSMean[j]

Nivel				Medias ajustadas
jap templado	A			30,639543

L 5388,0 (testigo)				D	E	F							22,6286 22
L 5688,0 (testigo)					E	F	G						20,3346 11
L 5381,1(36hs, 5°C)					E	F	G	H					19,3105 91
INIA Tacuarí,1(36hs, 5°C)					E	F	G	H	I				18,7285 66
L 5578,1(36hs, 5°C)						F	G	H	I	J			16,0487 65
L 2825,1(36hs, 5°C)						F	G	H	I	JK			14,9541 60
L 6056,0 (testigo)						F	G	H	I	JK			14,7830 55
L 5502,1(36hs, 5°C)							G	H	I	JK			14,4509 75
L 5578,0 (testigo)							G	H	I	JK			14,0285 37
L 5287,1(36hs, 5°C)							G	H	I	JK			13,2376 26
L 5381,0 (testigo)								H	I	JK			11,7727 77
L 2825,0 (testigo)									I	JK			11,3278 27
L 5287,0 (testigo)										JK			9,14037 7
L 5502,0											K		8,21295

Nivel																				Medias ajustadas
L6056,1(36hs, 5°C)				D	E	F														29,0 275 45
C289,0 (testigo)				D	E	F	G													27,7 166 82
INIA Tacuarí, 0 (testigo)					E	F	G	H												25,0 301 16
INIA Caraguatá, 0 (testigo)					E	F	G	H												24,9 516 30
Ei Paso 144,1(36					E	F	G	H												24,9 504 01

Nivel															Medias ajustadas
1,0 (testigo)															45
L 282 5,0 (testigo)											O	P	Q		10,3 075 94
L 528 7,0 (testigo)											O	P	Q		8,12 014 4
L 550 2,0 (testigo)												P	Q		7,19 272 2
FL 044 89,0 (testigo)													Q		6,54 337 4

Niveles no seguidos por misma letra tienen diferencia significativa.

Anexo No.14. Diferencia de medias ajustadas según student's t para granos disformes: interacción subtipo indica*tratamiento.

$\alpha =$

0,050 t =

1,97331

LSMean[i] By LSMean[j]

Nivel						Medias ajustadas	
FL 04337,1(36hs, 5°C)	A					28,234005	
L 4806,1(36hs, 5°C)	A					24,007065	
INIA Cuaró,1(36hs, 5°C)		B				15,915594	
FL 04489,1(36hs, 5°C)		B				15,832373	
FL 04489,0 (testigo)		B	C			14,234765	
FL 04337,0 (testigo)		B	C	D		11,583749	
INIA Olimar,1(36hs, 5°C)			C	D		10,219404	
El Paso 144,1(36hs, 5°C)			C	D		10,172109	
INIA Cuaró,0 (testigo)			C	D		9,587727	
L 4806,0 (testigo)				D	E	7,982281	
INIA Olimar,0 (testigo)					E	F	2,009776
El Paso 144,0 (testigo)						F	1,663664

Niveles no seguidos por misma letra tienen diferencia significativa.

Anexo No.15. Salida estadística para granos disformes: interacción subtipo japónicas*tratamiento.

Nivel																			Medias Ajustadas
INIA Olimar,1(36hs, 5°C)													J						9,372289
L 4806,0 (testigo)													J						8,610640
C 289,0 (testigo)														O	P				8,041132
L 5388,1(36hs, 5°C)														O					7,814454
L 5502,1(36hs, 5°C)														O	P				7,092922
L 5688,0 (testigo)														O	P	Q			6,820461
Bluebelle,0 (testigo)														O	P	Q			6,325377
INIA Tacuarí,1(36hs, 5°C)														O	P	Q			5,237111
L 6056,0 (testigo)														O	P	Q			4,901206
L 5502,0 (testigo)														O	P	Q			4,793039
L 5388,0 (testigo)														O	P	Q			4,733554
INIA Olimar,0 (testigo)														O	P	Q			2,638135
El Paso 144,0 (testigo)															P	Q			2,292023
INIA Tacuarí,0 (testigo)																Q			1,300064

Niveles no seguidos por misma letra tienen diferencia significativa.

Anexo No.17. Esterilidad: interacción subtipo indica*tratamiento. diferencia mínima de medias ajustadas según student's t

$\alpha=$

0,050 t=

1,97331

LSMean[i] By LSMean[j]

Nivel									Medias Ajustadas
FL 04337,1(36hs, 5°C)	A								68,286757
L 4806,1(36hs, 5°C)	B								44,009648
INIA Cuaró,1(36hs, 5°C)	B	C							38,128303
El Paso 144,1(36hs, 5°C)		C	D						35,170402
FL 04337,0 (testigo)		C	D	E	F				31,090733
FL 04489,1(36hs, 5°C)		C	D	E					30,641075
INIA Olimar,1(36hs, 5°C)			D	E	F	G			26,467903
INIA Cuaró,0 (testigo)				E	F	G	H		23,215166
FL 04489,0 (testigo)					F	G	H		19,862373
INIA Olimar,0 (testigo)						G	H		18,444509
L 4806,0 (testigo)						G	H		18,031589
El Paso 144,0 (testigo)							H		14,319534

Niveles no seguidos por misma letra tienen diferencia significativa.

Anexo No.18. Datos estadísticos de esterilidad (%): interacción subtipo japónica*tratamiento.

LSMeans Differences Student's t

$\alpha=$

0,050 t=

1,96745

LSMean[i] By LSMean[j]

Level									Least Sq Mean
INIA Caraguatá,1(36hs, 5°C)	A								74,002163
Bluebelle,1(36hs, 5°C)	A								69,443491
L 6056,1(36hs, 5°C)		B							50,680801
L 5688,1(36hs, 5°C)		B							50,065763
INIA Caraguatá,0 (testigo)		B	C						46,533748
L 5381,1(36hs, 5°C)			C	D					38,828456
Bluebelle,0 (testigo)			C	D					38,664859
L 5388,1(36hs, 5°C)				D					37,888563
L 2825,1(36hs, 5°C)				D	E				34,760072
L 5578,1(36hs, 5°C)					E	F			29,300372
L 5388,0 (testigo)					E	F	G		27,748582
INIA Tacuarí,0 (testigo)					E	F	G		27,736817

Nivel											Medias Ajustadas
C 289,1(36hs, 5°C)		B	C								46,479854
INIA Caraguatá,0 (testigo)		B	C	D							45,127110
L 4806,1(36hs, 5°C)			C	D	E						42,995320
L 5381,1(36hs, 5°C)				D	E	F					38,964268
L 5388,1(36hs, 5°C)				D	E	F					37,890604
Bluebelle,0 (testigo)				D	E	F	G	H			37,258221
INIA Cuaró,1(36hs, 5°C)				D	E	F	G				37,067791
C 289,0 (testigo)				D	E	F	G	H			35,757814
L 2825,1(36hs, 5°C)					E	F	G	H			35,539892
El Paso 144,1(36hs, 5°C)						F	G	H			34,440346
FL 04337,0 (testigo)						F	G	H			32,326033
FL 04489,1(36hs, 5°C)							G	H			30,307741
L 5578,1(36hs, 5°C)								H			29,489153
L 5287,1(36hs, 5°C)											27,034935
L 5388,0 (testigo)											26,341944
INIA Tacuarí,0 (testigo)											26,330179
L 5688,0 (testigo)											26,134839
INIA Olimar,1(36hs, 5°C)											25,509301
INIA Cuaró,0 (testigo)									M		24,759291
INIA Tacuarí,1(36hs, 5°C)									M		23,693997

Nivel											Medias ajustadas
L 5688		B	C	D	E						85,9498
L 5381		B	C	D	E						83,2073
L 5502			C	D	E	F					78,4379
Bluebelle		B	C	D	E	F	G				76,7376
L 2825				D	E	F	G	H			62,6826
INIA Caraguatá					E	F	G	H	I		55,6449
INIA Cuaró						F	G	H	I		43,3628
L 5388							G	H	I		37,5908
FL 04489							G	H	I		36,3763
L 5578								H	I		26,1126
INIA Olimar								H	I		23,7643
C 289									I		21,6808
L 5287									I		20,6541
INIA Tacuarí										J	-16,4057

Niveles no seguidos por misma letra tienen diferencia significativa.

Anexo No. 21. Salida estadística daño(%): todos los cultivares. diferencia mínima de medias según student's t.

$\alpha=$

0,050 t=

1,96701

LSMean[i]

Level								Least Sq Mean
FL 04337	A							33,61089
Bluebelle	A	B						31,73630
L 6056	A	B						30,71007
INIA Caraguatá	A	B						28,52125
L 5688		B	C					23,38226
L 4806		B	C					22,52261
El Paso 144			C	D				17,67816
L 5381			C	D				17,43087
L 2825				D	E			13,51279
INIA Cuaró				D	E	F		11,41224
L 5388				D	E	F		10,61375
C 289				D	E	F		9,82505
L 5502					E	F		8,48848
FL 04489					E	F		8,03226

Level								Least Sq Mean
L 5578					E	F		6,14458
INIA Olimar						F		4,69418
L 5287						F		4,62065
INIA Tacuarí						G		-3,53304

. Niveles no seguidos por misma letra tienen diferencia significativa.

Anexo No. 22. Salida estadística para peso de 1000 granos relativo (%).

diferencia mínimas de medias student's t

$\alpha=$

0,050 t=

1, 96772

LSMean[i] By LSMean[j]

Niveles						Medias ajustadas
L 5502	A					-3,78313
L 5388	A					-4,00368
INIA Tacuarí	A					-4,16649
L 6056	A	B				-5,13613
L 5578	A	B				-5,94032
L 5287	A	B				-6,12153
L 2825	A	B	C			-6,83099

Niveles						Medias ajustadas
INIA Olimar	A	B	C			-7,54702
FL 04489	A	B	C			-8,04708
L 4806	A	B	C			-9,78431
C 289	A	B	C			-10,06886
L 5381		B	C			-10,94311
L 5688			C	D		-13,12248
INIA Cuaró			C	D		-13,59593
Bluebelle				D	E	-21,05626
FL 04337					E	-23,25452
INIA Caraguatá					E	-27,53230

Niveles no seguidos por misma letra tienen diferencia significativa.