

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

DIVISION DE INGENIERIA



**MECANIZACION DE SIEMBRA EN LABRANZA DE CONSERVACION Y
COSECHA DE AGUA PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DEL
ARROZ EN LA ZONA TROPICAL DE MEXICO (Etapa III: Evaluación del
nivel de estrés hídrico en las variedades de arroz en condiciones
controladas).**

Por:

RICARDO REYES ALCANTAR

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para
Obtener el título de:

INGENIERO MECANICO AGRICOLA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México
Mayo de 2011



**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
DIVISION DE INGENIERIA**

**MECANIZACION DE SIEMBRA EN LABARANZA DE CONSERVACION Y
COSECHA DE AGUA PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DEL ARROZ
EN LA ZONA TROPICAL DE MEXICO (Etapa III: Evaluación del nivel de estrés
hídrico en las variedades de arroz en condiciones controladas).**

Por:

RICARDO REYES ALCANTAR

TESIS

Que somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para
obtener el título de:

INGENIERO MECANICO AGRICOLA

Aprobada por el comité de tesis

Asesor Principal.



Dr. Martin Cadena Zapata

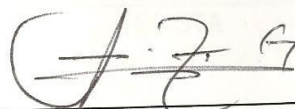
Director externo del INIFAP

M.C. Marco A. Reynolds Chávez

~~Sinodal~~

~~_____
M.C. Tomas Gaytan Muñiz~~

Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"
Coordinador de la División de Ingeniería



M.C. Luis Rodriguez Gutierrez



**Coordinación de
Ingeniería**
Buenavista, saltillo Coahuila, México
Mayo de 2011

Campo Experimental Cotaxtla, a 10 de Junio del 2009.

Dr. Rigoberto Zetina Lezama
Jefe del Campo Experimental Cotaxtla

Por medio del presente documento, anexo solicitud para realizar tesis de licenciatura en la unidad de ingeniería y mecanización del Campo Experimental Cotaxtla que usted tiene a su digno cargo. El título de la tesis es "EVALUACIÓN DE VARIEDADES DE ARROZ BAJO CONDICIONES CONTROLADAS DE ESTRÉS HÍDRICO" y se encuentra dentro del marco de actividades del proyecto con clave 12110 SAGARPA/CONACYT, y que lleva por título: "Mecanización de siembra en Labranza de Conservación y Cosecha de Agua para Incrementar la Productividad del arroz en la Zona tropical de México". Cabe señalar que el MC. Marco Antonio Reynolds Chávez, responsable del proyecto, fungirá como director externo por parte del INIFAP.

Alumno: Ricardo Reyes Alcántar
Matricula: 252858
Carrera: Ingeniero Mecánico Agrícola
Universidad autónoma Agraria Antonio Narro

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo y en espera de su respuesta.

A t e n t a m e n t e



RICARDO REYES ALCÁNTAR
TESISTA



Campo Experimental
10 JUNIO / 09
[Handwritten signature]

Ccp. MC. Marco Antonio Reynolds Chávez. Investigador del Inifap.
Ccp. Archivo.



“2009, Año de la Reforma Liberal”

DEPENDENCIA: **SAGARPA-INIFAP-CIRGOC-CECOT**
NUMERO DE OFICIO: **JAG.-VER.1.1/331**
EXPEDIENTE: **JEFATURA DE CAMPO**
ASUNTO: **ACEPTACION DE TESIS PROFESIONAL**

Campo Experimental Cotaxtla, Ver., a 11 de junio del año 2009

M.C. Jesús R. Valenzuela García
Jefe de Programa Docente Ingeniero
Mecánico Agrícola
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

En respuesta a su comunicado de fecha 8 de junio de 2009, por medio del presente hago de su conocimiento que el **C. Ricardo Reyes Alcántar**, con número de matrícula: **252858** de la carrera de **Ingeniero Mecánico Agrícola** de la Institución que usted dignamente representa., ha sido aceptado para realizar su **TESIS DE LICENCIATURA** en la Unidad de Ingeniería y Mecanización de este Campo Experimental Cotaxtla-INIFAP, cubriendo un periodo del 1 de mayo al 30 de octubre del año en curso.

El **C. Reyes Alcántar**, realizará sus prácticas de Campo y Gabinete colaborando en el proyecto de investigación **“Mecanización de siembra en labranza de conservación y cosecha de agua para incrementar la productividad del arroz en la zona tropical de México”** del cual se derivara su proyecto de Investigación de Tesis Profesional: **“Evaluación de variedades de arroz bajo condiciones controladas de estrés hídrico”** y estará supervisado por el M.C. Marco Antonio Reynolds Chávez, Investigador de este Campo Experimental Cotaxtla quien funge como responsable de dicho proyecto.

Sin más por el momento, quedo de usted.

ATENTAMENTE

Dr. Rigoberto Zetina Lezama
Jefe del Campo Experimental Cotaxtla



**CAMPO EXPERIMENTAL
COTAXTLA**

Ccp. Dr. Vicente E. Vega Murillo. Director Regional del CIRGOC- INIFAP.
Ccp. Dr. Sergio Uribe Gómez. Director de Investigación del CIRGOC-INIFAP.
Ccp. Dr. Francisco Ibarra Pérez. Director de Planeación y Desarrollo del CIRGOC-INIFAP.
Ccp. M.C. Marco Antonio Reynolds Chávez. Investigador del C. E. Cotaxtla.
Ccp. Interesado
Ccp. Archivo

Campo Experimental Cotaxtla
Km.34.5 Carretera Federal Veracruz-Córdoba. Mpio. Medellín de Bravo, Ver.
C.P. 91700. Tel: (229) 934 83 54 y 934 83 59. Fax: (229) 934 29 26
A.P. 429, Veracruz, Ver. [www. Inifap.gob.mx](http://www.Inifap.gob.mx)

AGRADECIMIENTOS

A **Dios** por guiar e iluminar mi camino, por ayudarme a reconstruir mi camino en la vida, por darme la gran familia que tengo y por haberme puesto en el lugar donde estoy.

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**, por brindarme su cobijo como un verdadero hogar, por permitir mi desarrollo y formación académica durante mi estancia en esta hermosa Universidad.

Al **M.C. Marco Antonio Reynolds Chávez** por haberme guiado pacientemente en cada paso de este proyecto, así como por su apoyo humano y profesional.

Al **Dr. Martin cadena Zapata** por su amistad y el apoyo que recibí de su parte durante toda mi estancia en la universidad.

A la M.C. **Elizabeth de la Peña Casas** por su amistad y por preocuparse siempre por los alumnos y por el departamento de maquinaria agrícola.

Al M.C. **Tomas Gaytan Muñiz** por su amistad y por compartir sus experiencias con migo.

Al **INIFAP Campo Experimental Cotaxtla** por permitirme realizar mi proyecto de tesis en sus instalaciones.

Al **M.C. René y al M.C. Sergio Miguel Jácome Maldonado** por su amistad y tiempo para darme algunos consejos para mi desarrollo profesional.

A mi compadre **Omar y su esposa Mari Cruz**, por la grandiosa amistad y confianza que me brindaron desde que nos conocimos.

A los trabajadores del area de ingeniería y mecanización del campo Cotaxtla, por su amistad y compartir sus experiencias conmigo, **a Israel, a Raciél Osorio Bolaños, al Sr. Antonio Nieves Hernández**, por la compañía y atención que siempre mostraron durante mi estancia en esta unidad.

A los nuevos ingenieros del INIFAP **Jorge, Aurelio, Neftalí, Carlós, Javier y Dulce** por apoyarme y acordarse que también fueron tesistas.

A mis amigos de la **generación CVI** Leandro, Honorio, Alonso, Luis Miguel, José Guadalupe, Julio, francisco, José cruz, Jorge Honesto, Leonardo y Ana María por todas la vivencias compartidas e inolvidables.

A mis amigos del estado de Morelos **Vladimir, Eleael, Yamir, Virginio, Jorge, Jonathan, Pompeyo, Adrian, y a mis primos Guillermo, Diego y Gerardo**, por su amistad, convivencia y apoyo durante nuestra estancia en la universidad.

A mis amigas **Fátima, Blanca, Gladis, Laura, Janet, Rosa María, Maribel, Magdalena y Mayte** por su gran amistad y por su apoyo incondicional.

A mi padrino **Cesar Rodríguez Cisneros y a mis compañeros de trabajo en el taller mecánico Javier, Héctor, Jorge e Iván** por su apoyo, sus consejos y por su gran amistad que siempre me brindaron durante mi estancia en este lugar.

Dedicatoria

A dios y a la virgen de Guadalupe por ser mi fuerza, luz, guía y protección todos los días.

A mis amados padres

Paulino Reyes y Cristina Mendoza por ser quienes me dieron la vida, por guiar mis pasos , por haberme brindado las herramientas necesarias para salir adelante, por haber soportado los momentos difíciles que les hice pasar y por haber confiado en mi ayer, hoy y siempre.

A mis hermanos

Valentín, Ana Laura, Alejandro, Beatriz Adriana, gracias por su apoyo constante y aliento positivo que siempre dé dieron. Gracias a mi hermano mayor que siempre me brindo su apoyo incondicional durante mi formación académica y también por su gran amistad.

A mis sobrinas

Jessica Bibiana y Ana Lizbeth son unas niñas hermosas, por traer alegría y unión a la familia, le prometo que saldremos adelante y que nada les faltara.

A mis abuelos

Esteban Alcantar, Carmen Mendoza, Petra Jiménez y Cirino Reyes por su apoyo que siempre me brindaron por su confianza y preocupación que siempre mostraron por mí.

INDICE

	Página
INDICE DE CONTENIDO	vii
INDICE DE CUADROS	viii
INDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xii
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivos	3
1.2 Hipótesis	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Origen	4
2.2 Taxonomía	4
2.3 Morfología general.....	5
2.4 Fisiología de la planta de arroz	8
2.5 Fases fenológicas del cultivo de arroz	10
2.6 Requerimientos ambientales del cultivo de arroz.....	14
2.7 Requerimientos edafológicos del cultivo de arroz	17
2.8 Generalidades del estrés en las plantas de arroz	17
2.9 Mecanismos de resistencia	18
2.10 Fisiología de las plantas durante el estrés	20
2.11 Efecto del estrés en la planta de arroz.....	22
3. MATERIALES Y METODOS.....	23
3.1 Localidad y sitio de trabajo.....	23
3.2 Material vegetativo	24
3.3 Diseño del experimento.....	25
3.4 Metodología para el desarrollo de la investigación y aplicación de tratamientos de disponibilidad de humedad en el suelo	26
3.5 Metodología utilizada para medir las variables evaluadas	29

	Página
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	36
4.1 Resultados obtenidos de las variables evaluadas.....	36
4.2 Efecto de diferentes niveles de disponibilidad de humedad sobre el rendimiento	41
4.3 Duracion de fases de crecimiento de las variedades evaluadas	48
5. CONCLUSIONES	49
6. RECOMENDACIONES	50
7. LITERATURA CITADA	51

INDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Taxonomía de <i>Oryza sativa</i> L.	4
Cuadro 2. Requerimientos térmicos e hídricos del cultivo de arroz	16
Cuadro 3. Tratamientos evaluados en el experimento sobre diferentes niveles de disponibilidad de humedad en el suelo	25
Cuadro 4. Estados fenológicos del cultivo de arroz.	30
Cuadro 5. Escala de altura de planta.	31
Cuadro 6. Escala de exersión de panícula.....	32
Cuadro 7. Valores de alturas en las diferentes variedades.....	36
Cuadro 8. Datos de altura de plantas, por tratamientos para las tres variedades ..	37
Cuadro 9. Tratamientos de disponibilidad de humedad y su efecto en la altura de plantas en tres variedades de arroz.....	37
Cuadro 10. Datos de exersión de panícula para las tres variedades evaluadas. ...	38
Cuadro 11. Datos de excersión de panícula, por tratamientos para las tres variedades.	39
Cuadro 12. Tratamientos de disponibilidad de humedad y su efecto en la exersión de panícula en tres variedades de arroz.....	39
Cuadro 13. Datos de longitud de panícula para las variedades evaluadas	40
Cuadro 14. Datos de longitud de panícula para los tratamientos aplicados	40
Cuadro 15. Efecto de los tratamientos aplicados en longitud de panícula, en las tres variedades evaluadas	41
Cuadro 16. Datos de número de granos por panículas para las variedades evaluadas.	41
Cuadro 17. Datos de número de granos por panícula para los tratamientos aplicados.....	42
Cuadro 18. Efecto de los tratamientos aplicados número de granos panícula, en las tres variedades evaluadas.	42
Cuadro 19. Datos de peso de 1000 granos para las variedades evaluadas.....	43
Cuadro 20. Datos de peso de 1000 granos para los tratamientos	43
Cuadro 21. Efecto de diferentes niveles de humedad sobre el peso de 1000 granos en las variedades evaluadas.	44
Cuadro 22. Datos de número de granos completo	45
Cuadro 23. Datos de número de granos completo para los tratamientos	45

Cuadro 24. Efecto de diferentes niveles de humedad sobre el número de granos completos en las variedades evaluadas.....	46
Cuadro 25. Datos de rendimiento para las variedades evaluadas	46
Cuadro 26. Datos de rendimiento para los tratamientos aplicados	47
Cuadro 27. Efecto de diferentes niveles de disponibilidad en el rendimiento de tres variedades evaluadas.....	47

INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1.Etapas y fases del ciclo del cultivo de arroz	13
Figura 2.Fisiología de la planta de arroz frente al estrés hidrico	21
Figura 3.Diseño en parcelas divididas con estructura en bloques al azar	26
Figura 4. Evaluacion de variedades de arroz bajo condiciones controladas de estrés hidrico. A) siembra de variedades, B) raleo 20 dds.....	27
Figura 5. Aplicación de fertilizacion a macetas con 20 plantas	27
Figura 6. Metodologia utilizada para mantener las macetas en humedad optima con respecto al tratamiento correspondiente.....	29
Figura 7. Medicion de altura	30
Figura 8. Medicion de exersion de panicula.....	31
Figura 9. Medicion de longitud de panicula.....	32
Figura 10.Plantas en fase reproductiva (Floracion).	33
Figura 11. Plantas en fase de madurez (madurez de grano).	33
Figura 12. Metodologia utilizada para realizar el ensayo de rendimiento	34
Figura 13. Ciclos del cultivo de arroz en las variedades evaluadas.....	48

RESUMEN

En México la zona sureste está formada principalmente por tres estados que son Veracruz, Campeche y Tabasco, donde año con año presentan grandes pérdidas de rendimientos de grano por el déficit de agua en el suelo, producto de la errática y mala distribución de lluvia, este problema causa pérdidas parciales o totales del cultivo.

Por lo anterior, los centros de investigación en arroz están trabajando en otras alternativas que permitan asegurar la producción del cereal y reducir la pérdida de rendimientos por escasas de humedad en el suelo, siendo una la producción de variedades tolerantes a sequía.

En la presente investigación se trabajo con tres variedades de arroz a saber: Chontalpa A-04, Papaloapan A-04 (variedades tolerantes a sequía) y Milagro Filipino (variedad comercial). El objetivo de esta investigación fue evaluar las variedades y medir el efecto del estrés hídrico en base al nivel de rendimiento, en cada una de estas.

Para lograr los objetivo planteado se estableció un experimento bajo condiciones de invernadero, se utilizaron macetas con capacidad de 23 kg, para cada maceta se utilizo 20.500 kg de suelo y una población de 20 plantas. El experimento fue establecido utilizando un diseño de parcelas divididas con bloques al azar con 6 tratamientos y tres repeticiones. Las plantas se mantuvieron en condiciones homogéneas de humedad hasta el inicio de la etapa más crítica del cultivo (inicio de panícula), posteriormente se aplicaron seis niveles de déficit hídrico (0,10,20,40,60,80 y 90%) en cada una de las variedades.

Para medir el efecto de los tratamientos en las variedades de arroz mencionadas en la investigación se evaluaron las siguientes variables: altura de planta, numero de granos por panícula, longitud de panícula, excersión de panícula, número de panículas por planta, granos completos, peso de 1000 granos y rendimiento. La toma de datos se realizo al final del ciclo del cultivo.

Los resultados obtenidos en la investigación fueron que la variedad Chontalpa A-04 presenta los niveles más altos de rendimiento bajo condiciones favorables y desfavorables de humedad además de que presenta mejores características agronómicas que las otras dos variedades.

A través la comparación de los valores obtenidos para las variables evaluadas; se determino que existe diferencia estadística en el comportamiento de altura de planta, peso de 1000 granos y rendimiento. Demostrando que las variables numero de granos por panícula, longitud de panícula, excersión de panícula y numero de panículas por planta no muestran efecto frente al déficit de humedad y por lo tanto no existe diferencia estadística significativa y que los factores de mayor asociación con el rendimiento son peso de 1000 granos y granos completos por muestra (20 plantas).

Palabras Clave: Rendimiento, estrés hídrico, variedades mejoradas.

I. INTRODUCCION

El arroz palay (*Oriza Sativa L.*) es uno de los cultivos más importantes del mundo, se produce en 113 países y es alimento básico de más de la mitad de la población mundial proporcionando el 27% de la energía alimentaria y 20% de proteínas. (FAO 2004a, FAO 2004b). En el 2007, la superficie mundial cultivada de arroz fue de 155 millones de hectáreas, con una producción mundial de 657 millones de toneladas. Para el mismo año, China fue el responsable de 28,5% de la producción lo cual lo ubica en el primer lugar, seguido por India e Indonesia con 21,6% y 8,6% respectivamente (FAO 2008, FAOSTAT 2007).

En México las principales zonas productoras de arroz se localizan principalmente en el Noroeste, Sureste y Centro. En la primera, destaca el estado de Sinaloa; en la segunda sobresalen Campeche, Tabasco y Veracruz; mientras que en la zona Centro, las entidades más importantes son Michoacán y Morelos.

El cultivo de arroz en la región sureste se realiza en condición de riego y temporal, siendo esta última la que predomina en esta región, sin embargo en estas regiones donde las condiciones ambientales definen la capacidad productiva de las variedades la producción está sujeta a la irregularidad de la precipitación pluvial, esta es la principal limitante a la que sujetan las 12 000 hectáreas que se cultivan en la cuenca baja del río Papaloapan en el estado de Veracruz (SIAP/SAGARPA, 2007).

Los períodos de sequía son una característica inevitable y recurrente de la agricultura mundial y, a pesar de la capacidad de las sociedades humanas para mejorar la predicción de su arribo y para modificar su impacto, la sequía sigue siendo hasta ahora el factor más importante para la seguridad alimenticia de la población humana. Los municipios más afectados por la sequía son los de la parte sur-sureste como Tabasco, Campeche, Oaxaca y Veracruz donde año con año se pierden miles de hectáreas de grano. Según Pedro Díaz (2009) en Veracruz antes se tenía temporal muy regular que empezaba a llover en mayo y continuaba lloviendo; hoy llueve los primeros días y deja de llover para reiniciar en julio o agosto.

El estrés hídrico es causado por la ausencia de lluvias, cuando este se presenta en cualquier etapa del desarrollo de la planta puede reducir el rendimiento del arroz. Los síntomas más comunes del estrés hídrico son el enrollamiento de las hojas, su acorchamiento, reducción del amacollamiento, achaparramiento, retraso en la floración y llenado incompleto del grano. La planta de arroz es más susceptible al estrés hídrico, en el intervalo de la etapa de división reductiva a la emergencia de la panícula. Entre uno y tres días antes de la emergencia de las panículas reduce significativamente el rendimiento debido al alto porcentaje de esterilidad de espiguillas (Yoshida, 1981).

Una de las estrategias para contribuir a la solución de esta problemática mundial es implementar sistemas de mejoramiento dirigidos a la obtención (desarrollo, evaluación y liberación) de variedades mejoradas con tolerancia a sequia, esto permite obtener rendimiento y calidad de grano hasta de un 96% y 15% respectivamente, superior a las variedades comerciales como Milagro Filipino Depurado (Ayón et al 2004).

En esta investigación se propuso estudiar la resistencia a la sequia de tres variedades de arroz Chontalpa A-04, Papaloapan A-04 (variedades resistentes a sequia) y Milagro Filipino Depurado (este último como testigo), a través de la evaluación de sus reacciones bajo diferentes niveles de humedad en periodos críticos, variabilidad en rendimiento y calidad de grano y finalmente conocer si las dos variedades resistentes a sequia superan a la variedad utilizada en la región (Milagro Filipino D.) y dar a conocer si estas dos variedades se presentan como una alternativa para contrarrestar la sequia a la que los cultivos están expuestos actualmente por el cambio climático.

1.1 OBJETIVOS

a). Objetivo General

Evaluar bajo condiciones controladas el efecto de estrés hídrico en los genotipos de arroz Chontalpa A-04, Papaloapan A-04 (variedades mejoradas) y Milagro Filipino depurado este último como testigo.

b). Objetivos Específicos

- ❖ Evaluar tres genotipos de arroz bajo diferentes déficits de humedad en la etapa reproductiva y obtener información del efecto de los mismos sobre el rendimiento de grano.

- ❖ Cuantificar en cada variedad evaluada las variables: altura de planta, número de panículas , longitud de panícula, exersión de panícula, número de granos por panícula, granos completos, para posteriormente analizar su impacto en el rendimiento y así poder determinar la mejor variedad en este rubro.

1.2 HIPOTESIS

Existen diferencias en la reacción fenotípica de las tres variedades evaluadas ante el estrés hídrico, las variedades Chontalpa A-04 y Papaloapan A-04, superan en rendimiento y tienen mejores características agronómicas al testigo comercial Milagro Filipino Depurado.

II. REVISION DE LITERATURA

Aspectos generales del cultivo de arroz

2.1 Origen

Después de que el súpercontinente denominado Gondwana se rompió y se separó para convertirse en los territorios que ahora conforman China, India, Malasia, Indonesia, así como otros países del sur y sureste de Asia; Australia, Antártica, África y Sud-América, los diferentes zacates de la tribu de las Oriceas se dispersaron hacia varias regiones del mundo dando lugar a 15 géneros, de los cuales *Oryza* (que en griego significa oriental) es el único importante y está formado por 23 especies hasta ahora identificadas, de las que solo dos de estas son utilizadas en la alimentación humana: *O. sativa* L., denominada arroz asiático, que se cultiva actualmente en más de 100 países del mundo, y *O. glaberrima* conocida como arroz africano, la cual se siembra en algunas zonas de África Occidental (Chang, 1976).

2.2 Taxonomía

La planta de arroz de la especie *O. sativa* L. es anual y se reproduce por semilla. El nombre científico es *Oryza sativa*. El número de cromosomas de la especie *O. sativa*, es $2n=24$ y $n=12$. Recientemente se ha informado que se ha descifrado el genoma del arroz, que dentro de las gramíneas cultivadas es uno de los menos complicados. El estudio publicado indica que el genoma del arroz está constituido por unos 50 mil genes y que las bases de estos genes suman unos 430 millones de pares de bases de ADN.

Cuadro 1. Taxonomía de *Oryza sativa* L.

Reino	Vegetal	Familia	Gramineae (Poaceae)
Sub-reino	Fanerógamas	Sub-familia	Poacoideaceae
División	Tracheophytas	Tribu	Oriceae
Sub-división	Pteropsidae	Genero	oryza
Clase	Angiospermas	Especie	Sativa L.
Sub-clase	Moconotiledoneas	Razas Ecogeográficas	Indica y japonica

2.3 Morfología General

El arroz es una gramínea anual, de tallos redondos y huecos compuestos por nudos y entrenudos, hojas de lámina plana unidas al tallo por la vaina y su inflorescencia es en panícula. El tamaño de la planta varía de 0.4m (enanas) hasta más de 7.0m (flotantes). Para efectos de esta descripción los órganos de la planta de arroz se han clasificado en dos grupos:

- A) Órganos vegetativos: raíces, tallos y hojas.
- B) Órganos reproductores: flores y semillas.

Órganos Vegetativos

Raíz

Durante su desarrollo la planta de arroz tiene dos clases de raíces, las seminales o temporales y las secundarias, adventicias o permanentes. Las raíces seminales, poco ramificadas, sobreviven corto tiempo después de la germinación siendo luego reemplazadas por las raíces adventicias o secundarias, las cuales brotan de los nudos subterráneos de los tallos jóvenes. (Yoshida, 1982)

En los primeros estados de crecimiento las raíces son blancas, poco ramificadas y relativamente gruesas; a medida que la planta crece, se alargan, se adelgazan y se vuelven flácidas, ramificándose abundantemente. Las raíces son protegidas en la punta por una masa de células de forma semejante a la de un dedal, que facilita su penetración en el suelo. (Armenta, 1981)

Tallo, nudos y entrenudos

El tallo está formado por la alternación de nudos y entrenudos. En el nudo o región nodal se forman una hoja y una yema, esta última puede desarrollarse y formar una macolla. La yema se encuentra entre el nudo y la base de la vaina de la hoja. El septo es la parte interna del nudo que separa los dos entrenudos adyacentes. El

entrenado maduro es hueco, finamente estriado. Su superficie exterior carece de vello, y su brillo y color dependen de la variedad (Alfonso, 1999).

La longitud del entrenado varía siendo mayor la de los entrenados de la parte más alta del tallo. Los entrenados, en la base del tallo, son cortos y se van endureciendo, hasta formar una sección sólida.

Un tallo con sus hojas forma una macolla. Estas se desarrollan en orden alterno en el tallo principal. Las macollas primarias se desarrollan de los nudos más bajos, y a la vez producen macollas secundarias; y éstas últimas producen macollas terciarias. El conjunto de macollas y el tallo principal forman la planta. El número total de entrenados y macollas es una característica varietal, que puede variar según el sistema de cultivo y el medio ambiente (Osuna et al, 2000)

Hojas

Las hojas de la planta de arroz se encuentran distribuidas en forma alterna a lo largo del tallo. La primera hoja que aparece en la base del tallo principal o de las macollas se denomina prófalo, no tiene lámina y están constituidos por dos brácteas aquilladas. Los bordes del prófalo aseguran por el dorso las macollas jóvenes a la original. En cada nudo se desarrolla una hoja, la superior debajo de la panícula es la hoja bandera (Alfonso, 1999)

Hoja bandera

En una hoja completa se distinguen las siguientes partes: la vaina, el cuello y la lámina. La vaina, cuya base se encuentra en un nudo, envuelve el entrenado inmediatamente superior y en algunos casos hasta el nudo siguiente.

La vaina, dividida desde su base, está finamente surcada y es generalmente glabra. Puede tener pigmentos antocianos en la base o en toda su superficie.

En el cuello se encuentran la lígula y las aurículas. La lígula es una estructura triangular apergaminada o membranosa que aparece en la base del cuello como una prolongación de la vaina. Las aurículas son dos apéndices que se encuentran en el cuello, tienen forma de hoz, con pequeños dientes en la parte convexa.

La lámina es de tipo lineal, larga y más o menos angosta, según las variedades. La haz o cara superior tiene venas paralelas; la nervadura central es prominente y sobre ella, en algunos casos, se enrolla la lámina. La lámina de la hoja bandera tiene un ángulo de inserción determinado, es más corta y ancha que las demás (Yoshida, 1982)

Órganos reproductores

Las Flores

Las flores de la planta de arroz están agrupadas en una inflorescencia denominada panícula. La panícula está situada sobre el nudo apical del tallo, denominado nudo ciliar, cuello o base de la panícula; frecuentemente tiene la forma de un aro ciliado. El nudo ciliar o base de la panícula generalmente carece de hojas y yemas, pero allí pueden originarse la primera o las cuatro primeras ramificaciones de la panícula, y se toma como punto de referencia para medir la longitud del tallo y la de la panícula.

Las panículas pueden clasificarse en abiertas, compactas e intermedias, según el ángulo que formen las ramificaciones al salir del eje de la panícula. Tanto el peso como el número de espiguillas por panícula cambian según la variedad. La panícula se mantiene erecta durante la floración, pero luego se dobla debido al peso de los granos maduros. La espiguilla es la unidad básica de la inflorescencia y está unida a las ramificaciones por el pedicelo. Teóricamente la espiguilla del género *Oryza* se compone de tres flores, pero solo una se desarrolla. Una espiguilla consta de dos lemas estériles, la raquilla y la florecilla (Yamagata, 1977).

La Semilla

La semilla de arroz es un ovario maduro, seco e indehiscente. Consta de la cáscara formada por la lema y la palea con sus estructuras asociadas, lemas estériles, la raquilla y la arista; el embrión, situado en el lado ventral de la semilla cerca a la lema, y el endospermo, que provee alimento al embrión durante la germinación. Debajo de la lema y la palea hay tres capas de células que constituyen el pericarpio; debajo de éstas se encuentran dos capas, el tegumento y la aleurona. El embrión consta de la plúmula u hojas embrionarias y la radícula o raíz embrionaria primaria. La plúmula está cubierta por el coleóptilo, y la radícula está envuelta por la

coleuriza. El grano de arroz descascarado es un cariósipide; se conoce con el nombre de arroz integral, y aun conserva el pericarpio de color marrón rojizo o púrpura. Los granos de arroz pueden clasificarse según su longitud en: Extra largó (EL) 7,6 mm o más, Largo (L) 7,5 mm a 6,6 mm, Medio (M) 6,5 mm a 5,6 mm, Corto (C) 5,5 mm o menos (Espino, 1968)

2.4 Fisiología de la planta de arroz

El crecimiento de la planta de arroz es un proceso fisiológico continuo que comprende un ciclo completo desde la germinación hasta la maduración del grano. Este crecimiento muestra un patrón común en el tiempo, que puede variar ligeramente dependiendo de características genéticas de la planta o la influencia del ambiente. El ciclo de vida de la planta de arroz está generalmente comprendido en un rango de 100 a 210 días, con la moda entre los 110 y 150 días. El crecimiento de la planta de arroz puede ser dividido en tres etapas:

Etapa vegetativa

De la germinación de la semilla a la iniciación de la panícula. Inicia con la germinación de la semilla y termina cuando inicia la formación del primordio panicular. Se caracteriza esencialmente por el amacollamiento activo, el incremento gradual en altura y la emergencia de hojas en intervalos regulares. El amacollamiento (formación de tallos) inicia cuando el tallo principal desarrolla la 5 o 6 hoja, no antes ni después, ya que existe una sincronización entre la formación de hojas y la formación de tallos. La etapa vegetativa retardada tiene una duración variable y es la responsable por las diferencias en la duración del ciclo de vida de las variedades fotosensitivas (Osuna, 2000).

Etapa reproductiva

De la iniciación de la panícula a la floración, esta etapa inicia con la formación del primordio panicular lo cual generalmente ocurre muy próximo en tiempo el momento máximo de amacollamiento, unos días antes o unos días después. La etapa reproductiva se caracteriza por elongación de tallos, por la reducción en el número

de tallos, por la emergencia de la hoja bandera, por el embuche, por la excreción o emergencia de panícula y por la floración.

En la mayoría de las variedades, la exersión de la panícula ocurre alrededor de 30 días después del inicio del primordio panicular. En general, la emergencia de la panícula se las diferentes plantas en un campo tarda entre 10 y 14 días, ya que existen diferencias entre tallos de una misma planta y entre plantas dentro del mismo campo (Hernández, 1990)

Desde el punto de vista agronómico y por convección se considera que la planta se encuentra en la etapa de floración cuando el 50% de las panículas han emergido. En una espiguilla individual, se le conoce antesis o floración ala serie de eventos que ocurren entre la apertura y el cierre de dicha espiguilla. Al inicio de la antesis la lema y la palea se abren de la porción del ápice, luego los filamentos se elongan y las anteras emergen de la lema y la palea, después de lo cual la lema y la palea se cierran dejando afuera las anteras.

La dehiscencia de las anteras, con la consecuente liberación de los granos de polen, se da justamente antes o al momento de apertura de la lema y la palea. En consecuencia, muchos granos de polen caen sobre la estigma, razón por lo cual el porcentaje de polinización cruzada en arroz es generalmente menor a 1. Los granos de polen son viables por solamente alrededor de 5 minutos después de emerger de la antera, mientras que el estigma puede ser fecundado durante un periodo de 3 a 7 días (Hernández, 1990)

Etapas de Maduración

De la floración a la madurez total, su duración en los trópicos es más o menos constante, alrededor de 30 días. En las zonas templadas puede durar hasta 65 días. En términos prácticos se le divide en las fases de grano lechoso, masoso, sazón y maduro. Esta etapa se caracteriza por la senescencia de las hojas y por el crecimiento del grano, manifestando este por el aumento en tamaño y peso y por cambios de color.

2.5 Fases fenológicas del cultivo de arroz

Las principales fases fenológicas del cultivo de arroz son las siguientes (Hernández, 1990, Osuna et al, 2000)

Germinación

El proceso de germinación comienza con la absorción de agua e intercambio gaseoso, la primera estructura que aparece es el coleoptilo, una semilla germinada y viable consta de tres estructuras que son: Radícula, coleoptilo y la hoja primaria.

Plántula

Desde la emergencia hasta inmediatamente antes de aparecer el primer macollo en esta etapa la plántula consta de un tallo y cinco hojas, la radícula y raíces seminales desaparecen y se forman raíces secundarias adventicias que serán permanentes.

Amacollamiento

Desde la aparición del primer macollo hasta cuando la planta alcanza el número máximo de ellos, los macollos emergen de las yemas auxiliares que se encuentran en los nudos de la yema del tallo principal emergen los tallos secundarios y de las correspondientes a éstos emergen los macollos terciarios y así sucesivamente.

Elongación de tallo

Desde que el cuarto entrenudo del tallo principal comienza a hacerse notable en longitud, hasta cuando está totalmente elongado, durante esta etapa la planta de arroz puede continuar generando macollos. En variedades de ciclo corto las etapas de máximo amacollamiento, elongación del tallo e iniciación de la panícula ocurren casi simultáneamente y la elongación del tallo es menor en variedades de ciclo corto.

Inicio de panoja

La diferenciación del meristemo en el punto de crecimiento del tallo, permite el inicio del primordio floral, este momento marca el término de la fase vegetativa y el inicio

de la fase reproductiva de la planta de arroz, el primordio floral es visible a simple vista en un período de 10 días después de su iniciación.

Desarrollo de la panoja

Después de que la panícula es visible a simple vista, esta se desarrolla rápidamente a lo largo y dentro de la vaina de la hoja, ocasionando con ello un abultamiento conocido comúnmente como embuche, durante el embuche, es notable un envejecimiento y muerte de las hojas basales, la exersión o salida parcial o total de la panícula, a través de la vaina de la hoja, marca el final de esta etapa.

Floración

La floración inicia con la apertura de las espiguillas, es seguida por la antesis o salida de las anteras, dehiscencia o apertura de las anteras, caída del polen que al depositarse en el estigma y llegar al ovario lo fertiliza. Esta etapa marca el término de la fase reproductiva y el inicio de la fase de maduración.

El proceso de floración inicia un día después de la exersión de la panícula, tiene una duración de aproximadamente siete días, dentro de los cuales se fertilizan primero los granos del tercio superior de la panícula, seguida por el tercio medio y finalmente el tercio inferior. Generalmente la floración se lleva a cabo durante la mañana.

Maduración lechosa

El grano empieza a llenarse con un líquido blanco y de consistencia lechosa, puede apreciarse al presionarlo con los dedos, esta etapa tiene una duración aproximada de 10 días en este momento la panícula presenta color verde y empieza a curvarse , las hojas basales continúan secándose y la hoja de bandera y las dos inmediatamente inferiores son verdes.

Maduración pastosa

Durante esta etapa que tiene una duración de 10 días, la porción lechosa del grano se transforma primero en una masa suave, que posteriormente se torna más dura, los granos de la panícula empiezan a cambiar de color verde a amarillo, el cultivo

empieza a tornarse amarillento debido a la senescencia de tallos y hojas inferiores, en esta etapa las dos últimas hojas empiezan a secarse en sus ápices.

Maduración cornea

En esta etapa finaliza el ciclo de vida de la planta de arroz, cada grano ha llegado a la madurez, lo que se nota por el color amarillo, completamente desarrollado y duro, el 90 % del grano del cultivo marcan la madurez de la parcela, en este momento las hojas superiores se secan rápidamente, sin embargo en algunas variedades permanecen verdes.

En la Figura 1 se muestra el ciclo del cultivo de arroz con sus fases y etapas de crecimiento, así como también la duración por fase y los procesos de crecimiento que se desarrollan durante el crecimiento de la planta de arroz.

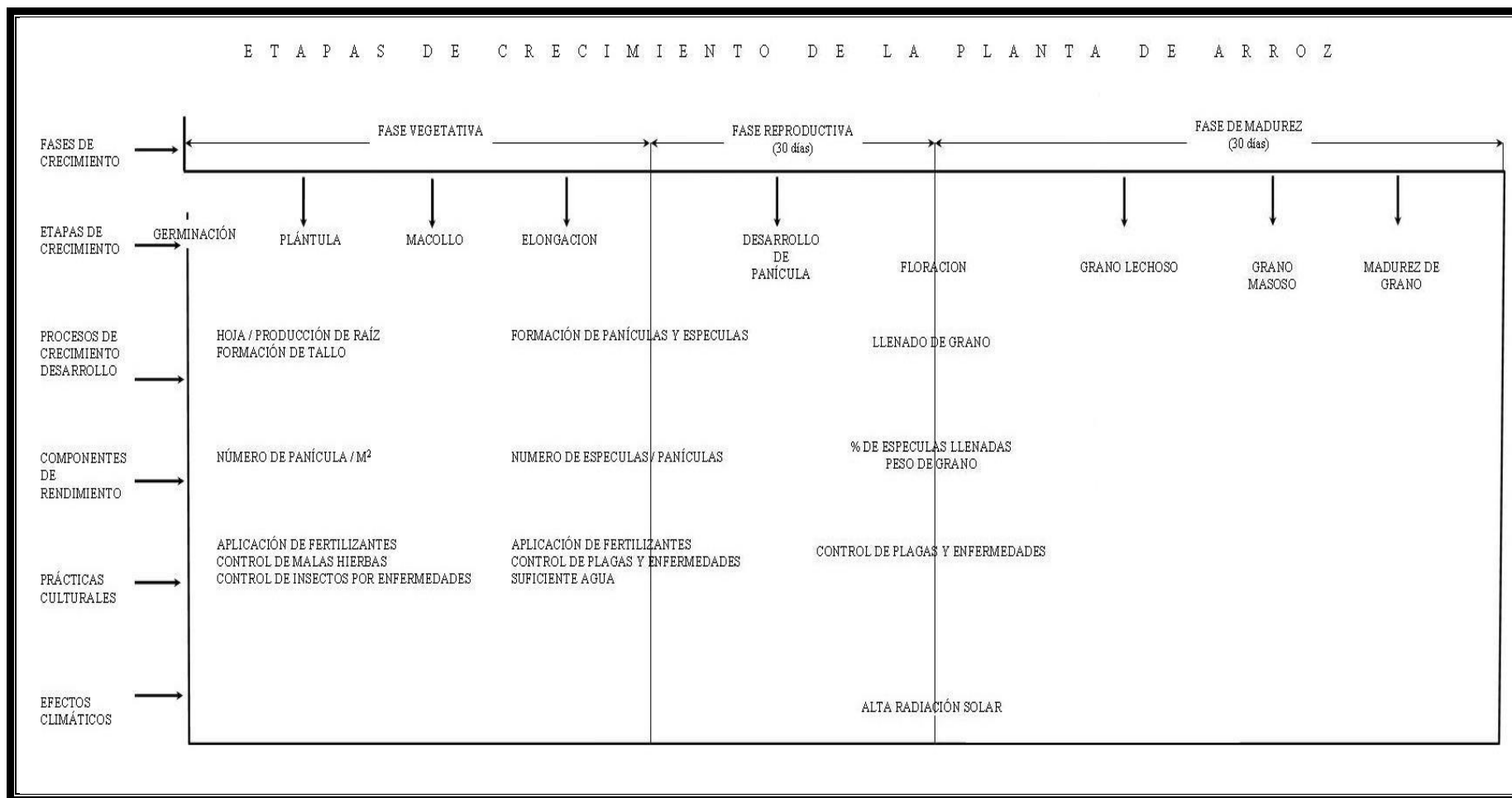


Figura 1. Etapas y fases del ciclo del cultivo de arroz

2.6 Requerimientos ambientales del cultivo de arroz

Clima

Se trata de un cultivo tropical y subtropical, aunque la mayor producción a nivel mundial se concentra en los climas húmedos tropicales, pero también se puede cultivar en las regiones húmedas de los subtrópicos y en climas templados y mediterráneos. El cultivo se extiende desde los 49-50° de latitud norte a los 35° de latitud sur. El arroz se cultiva desde el nivel del mar hasta los 2.500 metros de altitud.

Precipitación

Las precipitaciones condicionan el sistema y las técnicas de cultivo, sobre todo cuando se cultiva en tierras altas, donde están más influenciadas por la variabilidad de las mismas. Los requerimientos necesarios de agua en la planta de arroz, para obtener una buena producción, es de 1200 mm; sin embargo debido a que el arroz de temporal, depende totalmente del agua; la cantidad y distribución de la precipitación son importantes (Rosas, 1994). Los periodos más sensibles al déficit de agua son la floración y la segunda mitad del periodo vegetativo (elongación de tallo). Cuando el contenido de humedad del suelo disminuye hasta el 70 a 80% del valor de saturación, los rendimientos de arroz comienzan a descender. En el cuadro 2 se observa los requerimientos hídricos para cada etapa.

Temperatura

El arroz necesita para germinar un mínimo de 10 a 13 °C, considerándose su óptimo entre 30 y 35 °C. Por encima de 40 °C no se produce la germinación. El crecimiento del tallo, hojas y raíces tiene un mínimo exigible de 7 °C, considerándose su óptimo en los 23 °C. Con temperaturas superiores a ésta, las plantas crecen más rápidamente, pero los tejidos se hacen demasiado blandos e inconsistentes, siendo más susceptibles a los ataques de enfermedades.

El espigado está influido por la temperatura y por la disminución de la duración de los días. La panícula, usualmente llamada “espiga” por el agricultor, comienza a

formarse unos treinta días antes del espigado, y siete días después de comenzar su formación alcanza ya unos 2 milímetros. A partir de 15 días antes del espigado se desarrolla la espiga rápidamente y es éste el período más sensible a las condiciones ambientales adversas.

La floración tiene lugar el mismo día del espigado, o al día siguiente durante las últimas horas de la mañana. Las flores abren sus glumillas durante una o dos horas si el tiempo es soleado y las temperaturas altas. Un tiempo lluvioso y con temperaturas bajas perjudica la polinización.

El mínimo de temperatura para florecer se considera de 15 °C. El óptimo de 30 °C. Por encima de 50 °C no se produce la floración. La respiración alcanza su máxima intensidad cuando la espiga está en zurrón, decreciendo correlativamente después del espigado. Las temperaturas altas de la noche intensifican la respiración de la planta, con lo que el consumo de las reservas acumuladas durante el día por la función clorofílica es mayor.

Por esta razón, las temperaturas bajas durante la noche favorecen la maduración de los granos. En el cuadro 2 se puede ver los requerimientos térmicos para las etapas del cultivo.

Cuadro 2. Requerimientos térmicos e hídricos del cultivo de arroz

REQUERIMIENTOS TÉRMICOS E HÍDRICOS DEL CULTIVO	FASES DEL CULTIVO DE ARROZ									
	Vegetativo				Reproductivo			Madurez		
	Emergencia	Plántula	Macollaje	Elongación de tallo	Inicio de la Panoja	Desarrollo de panoja	Floración	Maduración Lechosa	Maduración pastosa	Maduración córnea
Temperatura óptima	25 -30° C	22 - 30 °C	22 - 30 °C	22 - 30 °C	22 - 30 °C	22 - 30 °C	22 - 30 °C	22 - 30 °C	22 - 30 °C	22 - 30 °C
Temperatura crítica	>12° C	10 - 35 °C	10 - 35 °C	10 - 35 °C	10 - 35 °C	10 - 35 °C	10 - 35 °C	10 - 35 °C	10 - 35 °C	10 - 35 °C
Humedad óptima	suelos con humedad del 70 al 80% de saturación	suelos con humedad del 70 al 80% de saturación	suelos con humedad del 70 al 80% de saturación	suelos con humedad del 70 al 80% de saturación	suelos con humedad del 70 al 80% de saturación	suelos con humedad del 70 al 80% de saturación	suelos con humedad del 70 al 80% de saturación	Sin agua	Sin agua	Sin agua
	Agua profunda	Agua profunda	Agua media	Agua somera	Agua profunda	Agua profunda	Agua profunda			
Periodo Vegetativo	3	10	15	70	17		15	10	10	8
Cultivo en desarrollo	1-3 junio	4-13 junio	14-28 junio	29 jun – 6 sept	7-23 sept		24 sept - 8 oct	9-18 oct	19-28 oct	29 oct- 05 nov

2.7 Requerimientos edafológicos del cultivo de arroz

Suelo

El cultivo tiene lugar en una amplia gama de suelos, variando la textura desde arenosa a arcillosa. Se suele cultivar en suelos de textura fina y media, propias del proceso de sedimentación en las amplias llanuras inundadas y los deltas de los ríos. Los suelos de textura fina (“pesados” o “fuertes”) dificultan las labores, pero son más fértiles al tener mayor contenido de arcilla, materia orgánica y suministrar más nutrientes. Por tanto, la textura del suelo juega un papel importante en el manejo del riego y de los fertilizantes químicos y orgánicos.

PH

La mayoría de los suelos tienden a cambiar su pH hacia la neutralidad pocas semanas después de la inundación. El pH de los suelos ácidos aumenta con la inundación, mientras que para los suelos alcalinos o básicos ocurre justamente lo contrario. El pH óptimo para el arroz es 6,6, pues con este valor la liberación microbiana de nitrógeno y fósforo de la materia orgánica, y la disponibilidad de fósforo son altas y, además, las concentraciones de sustancias que interfieren la absorción de nutrientes, tales como aluminio, manganeso, hierro, dióxido de carbono y ácidos orgánicos, están por debajo del nivel tóxico.

2.8 Generalidades del estrés en las plantas de arroz

Estrés en las plantas

Tanto en cultivo como la naturaleza, las plantas están expuestas constantemente expuestas a estreses ambientales. Algunos factores ambientales, tales como la temperatura del aire, pueden ser estresantes en solo poco minutos; otros, como el contenido de agua del suelo, tardan días e incluso semanas; y algunos factores como las deficiencias minerales del suelo pueden tardar meses en ser estresantes.

El **estrés** se define normalmente como un factor externo que ejerce una influencia negativa sobre la planta, aunque los factores bióticos, como malas hierbas, patógenos e insectos depredadores también pueden generar estrés.

Diferencia entre déficit hídrico y estrés hídrico

Los términos déficit hídrico y estrés hídrico se usan, por lo general, indistintamente pero definen diferentes situaciones. A medida que la cantidad de agua disponible en un suelo para las plantas se reduce (déficit hídrico), se afecta el contenido hídrico de las plantas. Estas reducciones en el contenido de agua en los tejidos vegetales provocan alteraciones en los procesos metabólicos, originando efectos negativos en el crecimiento y desarrollo de las plantas (estrés hídrico). La magnitud del efecto negativo y los procesos metabólicos involucrados dependen de la especie, momento del ciclo ontogénico (la sensibilidad puede variar a lo largo del ciclo ontogénico) y de la intensidad y duración del estrés hídrico.

2.9 Mecanismos de resistencia

La sequía en general y en particular la sequía agrícola, es un fenómeno complejo que incluye intercambios dentro de la relación suelo-planta-atmosfera (Nix, 1982). La sequía en términos genéricos puede definirse como una deficiencia de agua que depende de dos factores: las variaciones en el descenso del potencial hídrico en el ambiente y de las variaciones en el tiempo o duración de estos descensos. La sequía es un fenómeno ambiental, meteorológico, que se define como la falta de lluvias durante un determinado período de tiempo para ocasionar el agotamiento parcial o total del agua disponible en el suelo y producir daños a las plantas que crecen en él.

El período de tiempo requerido para causar daños depende de la especie, la capacidad de almacenamiento de agua del suelo, y las condiciones atmosféricas que afectan la tasa de evaporación y transpiración.

Resistencia a sequia

Este es un problema complejo que resulta de las características histológicas y fisiológicas con factores ambientales. De acuerdo con ello se han usado diferentes términos para describir la respuesta de las plantas a tenciones de humedad, resultante de las interacciones de diversos mecanismos a los que se han asociado algunos caracteres morfológicos, fisiológicos y las variaciones en la demanda de agua propias de la ontogenia (Morgan, 1989) y la afectación que experimenten algunas de ellas repercutirá en la producción de granos. La magnitud del efecto depende de la intensidad, duración, y respuesta de la variedad a la sequia destacándose las de ciclo corto por una mayor eficiencia en el uso del agua según informan; Armenta (1981); Tavitas (1981) , Gupta y O'Toole (1986), asociando la resistencia a cuatro mecanismos; escape, evitación, tolerancia y recuperación los que a continuación se definen:

Escape

Capacidad fisiológica de la planta para escapar al efecto de la sequía, completando su ciclo vegetativo antes de que se presente el estrés de humedad.

Evitación

Propiedad genético-fisiológica de la planta para evitar los efectos de la sequía por dos vías importantes: mantener el nivel de hidratación de los tejidos a causa del desarrollo de sus raíces profundas y reducción del flujo de agua de los tejidos, tallos y hojas; disminuir la pérdida de agua debido al rápido cierre de los estomas y enrollamiento de sus hojas, lo que disminuye la superficie evaporativa ayudado por la plasticidad y cerosidad de las cutículas de las mismas.

Tolerancia

Habilidad del citoplasma de las células para sobrevivir y funcionar normalmente aunque los tejidos de la planta se dessequen o tengan potenciales de agua reducidos, a fin de poder soportar el déficit de presión y difusión de la misma. Es la

resultante de interacciones fisiológicas complejas que involucran procesos de osmorregulación.

Recuperación

Consiste en la habilidad genético-fisiológica de las plantas para reanudar su desarrollo fenológico después de un período de carencia de humedad del suelo; la velocidad con que se presenta está asociada al mayor contenido de agua o potencial hídrico, (Bhattachargee et al, 1971), es decir la velocidad de recuperación es proporcional al potencial de agua en las vainas y las hojas; y esta recuperación puede registrarse en cualquiera de las etapas fenológicas (Chang et al, 1983).

2.10 Fisiología de la plantas durante el estrés

La pérdida de agua por transpiración es inevitable pues la planta necesita abrir los estomas para facilitar la absorción de CO₂; la absorción es consecuencia de la pérdida de humedad por transpiración, indicando el equilibrio de estos dos procesos el estado hídrico de la planta. Cuando este equilibrio se pierde, las células y tejidos se deshidratan incrementando su temperatura (Henckel, 1964), iniciándose una serie de ajustes como: cierre estomático, disminución del proceso fotosintético y transpiratorio, (Keita et al, 1987 y Bennet et al, 1987); suspensión de la división celular y reducción del alargamiento (Brevedan y Hudgues, 1973); alteración de los procesos hormonales y como consecuencia, la reducción del crecimiento (Larque, 1977). La ganancia o pérdida de agua por las células y tejidos es la responsable de una variedad de movimientos en las plantas, entre los cuales se encuentra la apertura y cierre de los estomas, el enrollamiento de las hojas y hasta la sensibilidad al tacto (Armas et al 1988). La transpiración se controla inicialmente por la apertura y cierre de estomas, determinado por la tensión de humedad del suelo, contenido de agua en el interior de la planta, resistencia estomática y condiciones ambientales (radiación solar, temperatura del aire y humedad relativa. Cuando las extremidades de las raíces detectan el déficit hídrico en el suelo envían una señal bioquímica rápida a los estomas (Lasso, 1991); se trata del ácido abscísico cuya síntesis y translocación se aceleran hacia las partes aéreas de la planta, y los estomas bajo el

estimulo de este acido se sierran reduciendo la transpiración. El rápido cierre de las estomas favorece la supervivencia de las plantas.

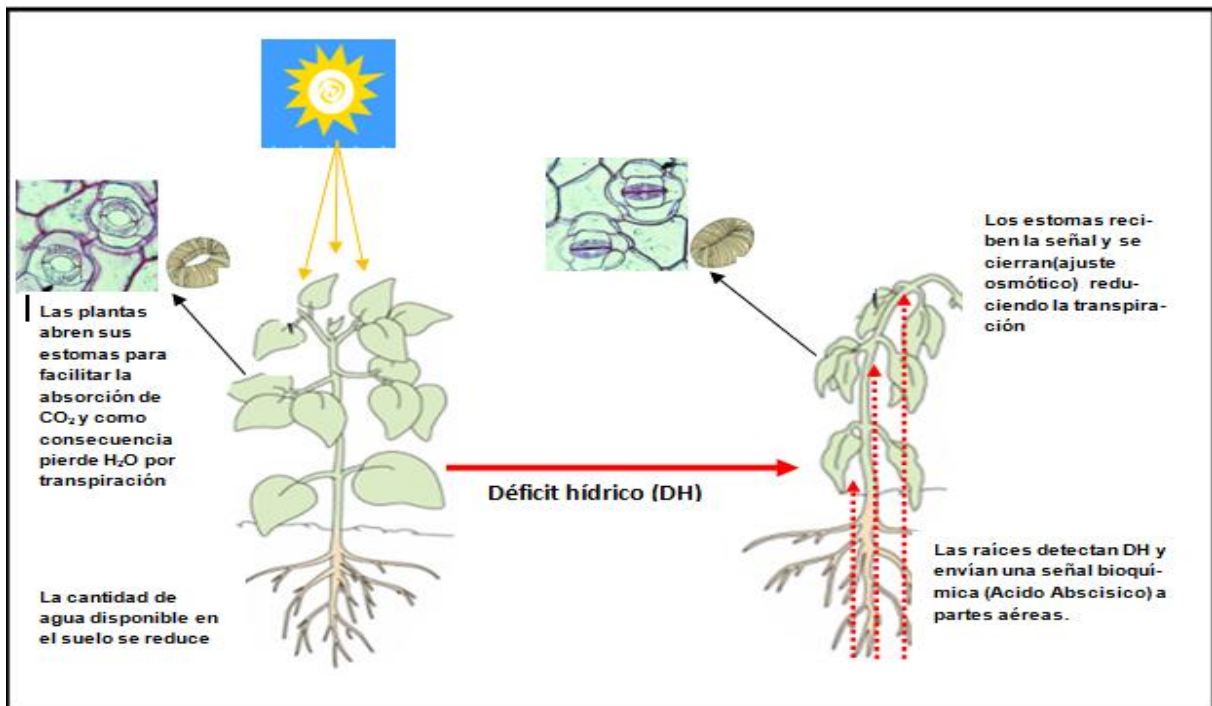


Figura 2. Fisiología de la planta de arroz frente al estrés hídrico

Reducción del área foliar respuesta inicial al déficit hídrico

La reducción del área foliar se da a medida que el contenido hídrico de la planta disminuye, las células se encogen y las paredes celulares se relajan. Esta reducción en el volumen celular da lugar a una menor presión de turgencia y a la consiguiente concentración de solutos en las células. La membrana plasmática se hace cada vez más gruesa y más comprimida por que cubre menor un área menor. Como la pérdida de turgencia es el primer efecto biofísico significativo del estrés hídrico, las actividades que dependen de la turgencia como la expansión foliar y la elongación radicular son las más sensibles a las deficiencias hídricas. La expansión celular es un proceso inducido por la turgencia y es extremadamente sensible al déficit hídrico.

2.11 Efecto del estrés en la planta de arroz

El arroz es un alto consumidor de agua presentando una baja eficiencia en el uso de la misma, comparado con el sorgo y otros cereales, lo que implica una relación de transpiración dos veces mayor (Yoshida, 1982) y la producción de materia seca es proporcional a la cantidad de agua transpirada por la planta, lo que explica que el desarrollo y rendimiento del arroz en condiciones de secano guarda una alta relación con la cantidad y duración de la lluvia. La transpiración se controla inicialmente por la apertura y cierre de las estomas, determinado por la tensión de humedad del suelo, contenido de agua en el interior de la planta, resistencia estomática y condiciones ambientales (radiación solar, temperatura del aire y humedad relativa). El estrés hídrico en cualquier etapa del desarrollo de la planta puede reducir el rendimiento del arroz. Los síntomas más comunes del déficit hídrico son el enrollamiento de las hojas, su acorchamiento, reducción del amacollamiento, achaparramiento, retraso en la floración y llenado incompleto del grano. La planta de arroz es más susceptible al estrés hídrico, en el intervalo de la etapa de división reductiva a la emergencia de la panícula. La presencia de sequia en 11 y 3 días antes de la emergencia de las panículas reduce significativamente el rendimiento debido al alto porcentaje de esterilidad de espiguillas (Yoshida, 1981). Una vez que la esterilidad se presenta, no hay manera de que la planta pueda compensar el menor número de espiguillas infértiles. Por otro lado, el déficit hídrico durante la etapa vegetativa puede reducir la altura, el número de tallos y el área foliar, pero el rendimiento final no se verá afectado por el retraso en el crecimiento si se abastece agua a tiempo para que la planta se recupere antes de floración.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Localidad y sitio de trabajo

Ubicación

La presente investigación se realizó en el Campo Experimental Cotaxtla del CIRGOC-INIFAP, mayo 2009-febrero 2010.

Todos los procedimientos descritos a continuación se realizaron en las instalaciones en la Unidad de Ingeniería y Mecanización Agrícola, localizado en el km 34 de la carretera Veracruz-Córdoba municipio de Medellín de Bravo, Veracruz México, situado a 18°55'49" latitud norte, 96°11'32" longitud oeste y altitud de 14 msnm.

Clima

El clima es Aw_0 el más seco de los su húmedos, con una temperatura promedio anual de 24 °C y 1200 mm anuales de precipitación de los cuales, aproximadamente el 90 % caen de Junio a Noviembre y el resto entre Diciembre y Enero, con un periodo prácticamente seco de Febrero a Mayo (García, 1988).

Suelo

Se utilizó suelo transferido de la región de Tres Valles, región de alta producción en el estado, previo al experimento se le realizaron estudios en el laboratorio de Fertilidad de Suelos y Nutrición Vegetal del INIFAP, este presentó las siguientes características, textura migajón arenosa (11.80% arcilla, 29% limo y 59.20% arena) y pH de 7.51, se obtuvieron también los datos de capacidad de campo (C.C.) mediante el método de columna y de punto de marchitez permanente (PMP) mediante el método de Thomson, los resultados fueron: para C.C. 26.46% y PMP 14.38%.

3.2 Material Vegetativo

A continuación se presentan las características de las variedades a evaluar:

a). Chontalpa A-04

Línea RHS574-11Cx-1Cx-1Cx-2Cx-1Cx-0Cx es considerado como un Genotipo estable, ya que se adapta bien a todos los medios, optimo para diferentes zonas productoras de arroz, ya que muestra una amplia adaptación determinada en base al rendimiento y calidad del grano en la región central del Golfo de México, esto se debe a la tolerancia a periodos de escasez de agua en el suelo debido al bajo volumen irregularidad de las lluvias y en segundo término a la resistencia múltiple a plagas y enfermedades (Ayón, et al., 2007).

b). Papaloapan A-04

Línea P3709F4-3-6-0Cx es una variedad temporalera de grano alargado, delgado y translúcido, con rendimiento de 4.1 t/ha. Es tolerante a *Tagosodes orizicolus*, insecto que daña el follaje de las plantas y favorece la presencia de un complejo de hongos, denominado “fumagina”, así como a piricularia, enfermedad que afecta al follaje y cuello de panícula, causada por el hongo *Magnaporthe grisea*. Es tolerante a las deficiencias de humedad durante la fase vegetativa y moderadamente tolerante en las fases reproductiva y de madurez. Es apropiada para sembrarse en condiciones de temporal, preferentemente en suelos de textura arcillosa del área central del Golfo de México (Ayón, 2004).

c). Milagro Filipino

Línea IR8 producto de la cruce peta / Dee-geo-woo-gen efectuada en el Instituto internacional de investigaciones en arroz de filipinas liberada a mediados de los años 60 (Espino, 1968). Es una variedad erecta semicompacta, con gran capacidad de amacollamiento cuando las condiciones de humedad son favorables, es resistente al acame y al desgrane pero

susceptible al ataque de la quema de arroz, sobre todo en los cuellos de las panículas. Su altura es de 80 cm, presenta un ciclo vegetativo de 140 a 145 días, su floración es heterogénea; de grano oblongo mediano opaco con alta proporción de panza blanca. (Hernández y Tavitas, 1990).

3.3 Diseño del experimento

En el cuadro 3 se presentan los tratamientos evaluados. A partir del punto de marchitez permanente (PMP) hasta la capacidad de campo (CC) para lo cual se mantuvieron seis niveles de disponibilidad de humedad en el suelo: Capacidad de campo constante 0% de déficit de humedad, con 20, 40, 60, 80 y 90 de déficit de humedad (Cuadro 3) durante el desarrollo fenológico del cultivo, para ello se utilizaron tensiómetros como instrumento para medir directamente la humedad del suelo. Los tratamientos se distribuyeron como se muestra en la Figura 3 de acuerdo con el diseño experimental en bloques al azar con arreglo en parcelas divididas con tres repeticiones, cada parcela experimental consiste en 18 macetas (23 kg de capacidad) cada maceta con 20 plantas de arroz, presentando así un total de 54 macetas y 1080 plantas para el desarrollo del experimento.

Cuadro 3. Tratamientos evaluados en el experimento sobre diferentes niveles de disponibilidad de humedad en el suelo

Tratamiento	Déficit de Humedad %
1	0%
2	20%
3	40%
4	60%
5	80%
6	90%

Código	Parcela
P1	Parcela No 1
P2	Parcela No 2
P3	Parcela No 3

Código	Repetición
R1	Repetición No 1
R2	Repetición No 2
R3	Repetición No 3

Código	Variedad
V1	Chontalpa A-04
V2	Papaloapan A- 04
V3	Milagro Filipino D

Código	Tratamiento
T1	Tratamiento 1
T2	Tratamiento 2
T3	Tratamiento 3
T4	Tratamiento 4
T5	Tratamiento 5
T6	Tratamiento 6

P1R1V1T1	P1R2V1T1	P1R3V1T1
P1R1V1T2	P1R2V1T2	P1R3V1T2
P1R1V1T3	P1R2V1T3	P1R3V1T3
P1R1V1T4	P1R2V1T4	P1R3V1T4
P1R1V1T5	P1R2V1T5	P1R3V1T5
P1R1V1T6	P1R2V1T6	P1R3V1T6

P2R1V2T1	P2R2V2T1	P2R3V2T1
P2R1V2T2	P2R2V2T2	P2R3V2T2
P2R1V2T3	P2R2V2T3	P2R3V2T3
P2R1V2T4	P2R2V2T4	P2R3V2T4
P2R1V2T5	P2R2V2T5	P2R3V2T5
P2R1V2T6	P2R2V2T6	P2R3V2T6

P3R1V3T1	P3R2V3T1	P3R3V3T1
P3R1V3T2	P3R2V3T2	P3R3V3T2
P3R1V3T3	P3R2V3T3	P3R3V3T3
P3R1V3T4	P3R2V3T4	P3R3V3T4
P3R1V3T5	P3R2V3T5	P3R3V3T5
P3R1V3T6	P3R2V3T6	P3R3V3T6

Figura 3. Diseño en parcelas divididas con estructura en bloques al azar

3.4 Metodología para el desarrollo de la investigación y aplicación tratamientos de disponibilidad de humedad en el suelo

Siembra de variedades

Las variedades establecidas en el INIFAP corresponden a los genotipos Chontalpa A-04, Papaloapan A-04 y Milagro Filipino Depurado este ultimo como testigo, debido a que es la variedad utilizada en la región de estudio, se sembraron 20 semillas por maceta (Figura 4B) esta presenta una área de .07547 m², capacidad de 23 kg y una altura de 30 cm. La siembra se realizo con una rejilla metálica para tener una buena distribución (Figura 4A).

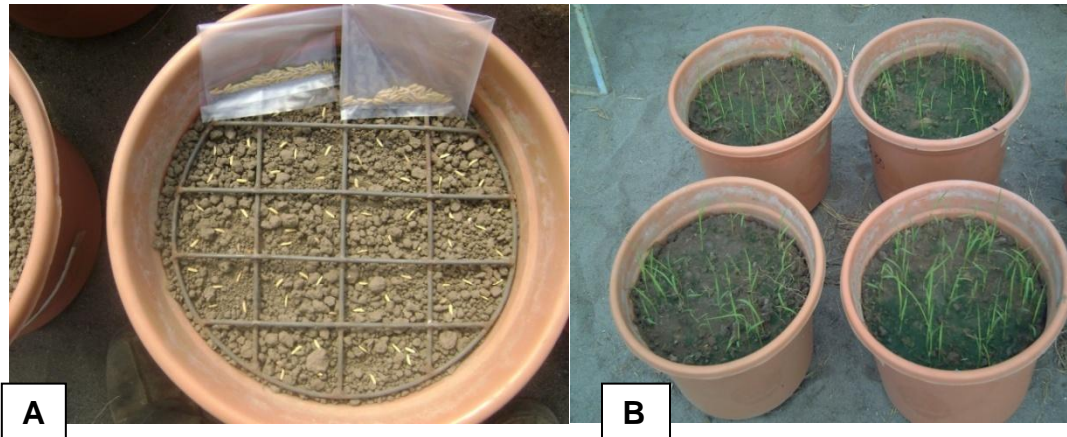


Figura 4. Evaluacion de variedades de arroz bajo condiciones controladas de estrés hidrico. A) siembra de variedades, B) raleo 20 dds.

Fertilizacion

La fertilizacion mineral utilizada fue la dosis 92-46-60 que según estudios realizados por Gonzales, 1985; Arevalo y Garcia, 1992 reportan los mejores beneficios agronomicos en la cuenca baja del papaloapan. Esta se proporciona con 200 kilogramos de urea por hectarea, 100 kilogramos de superfosfato de calcio triple y 100 kilogramos de cloruro de potasio.

La fertilizacion se realizo al momento de la siembra, se aplico todo el superfosfato con la mitad del cloruro de potasio, la urea se divide en dos aplicaciones, la mitad a los 35 dias de emergencia del cultivo y el resto junto con la otra mitad del potasio 35 dias despues (Figura 5).



Figura 5. Aplicación de fertilizacion a macetas con 20 plantas

Combate de malas hierbas

Todos los días, se realizaban monitoreo a través de observaciones para detectar cualquier factor que pudiera afectar el desarrollo del cultivo, como plagas o malas hierbas. La presencia de malezas fue baja, en cuanto aparecía cualquier maleza, ésta se eliminaba manualmente una por una y en cada maceta

Control de plagas

En cuanto a plagas la incidencia fue muy baja ya que siempre se mantuvo el cultivo y sus alrededores librez de malezas . La unica plaga que se presento fue el Barrenador de tallo que ataco al cultivo durante la etapa vegetativa, este se controlo con una aplicaciones de Arribo (Cipermetrina) 200 CE. Con dosis de 40 ml/10 lt de agua. Esta se aplicaba cuando comenzaba a presentarse dicha plaga.

Control de enfermedades

La unica enfermedad desarrollada en el cultivo fue la piricularia o quemazon del arroz (pyricularia oryzae. Cav) esta fue controlada con la aplicación de Promyl (Benomilo) con dosis de 2gr/ lt de agua.

Control de riegos

Para la aplicación de riegos se consulto literatura sobre los requerimientos hidricos del arroz. Como ya se mencionó anteriormente, al suelo se le realizaron estudios para determinar CC y PMP y en base a estos determinar los tratamientos de deficit de humedad. Despues se sumo: peso de maceta + peso de suelo + peso del agua que debia aplicarse según el tratamiento, asi se obtuvieron los 6 pesos de los tratamientos (Figura 6). Para la aplicación de riegos se dividio en dos etapas:

Riegos en etapa vegetativa: Durante esta etapa las macetas se mantuvieron en un peso de 22.500 kg (en base al reuquerimiento del cultivo y la distribucion

de precipitaciones según el INEGI 2006), el pesado de macetas se realizaba cada tres días y en base a la pérdida de peso se aplicaba el riego correspondiente. Este peso se matuvo durante todo la estapa vegetativa del cultivo, todas las macetas estuvieron bajo las mismas condicoines de humedad, fertilizacion, temperatura y luminosidad.

Riegos en etapa reproductiva: Durante ésta etapa, que es la más crítica y la de mayor interés, en esta investigación el peso de las macetas se realizaba todos los días y en base a la pérdida de peso cada maceta (realizando una igualación de la densidad del agua con el peso equivalente de 1L =1kg), se establecía en su tratamiento correspondiente. Esta etapa duró 20 días que abarca la etapa crítica del cultivo (inicio de Panoja).

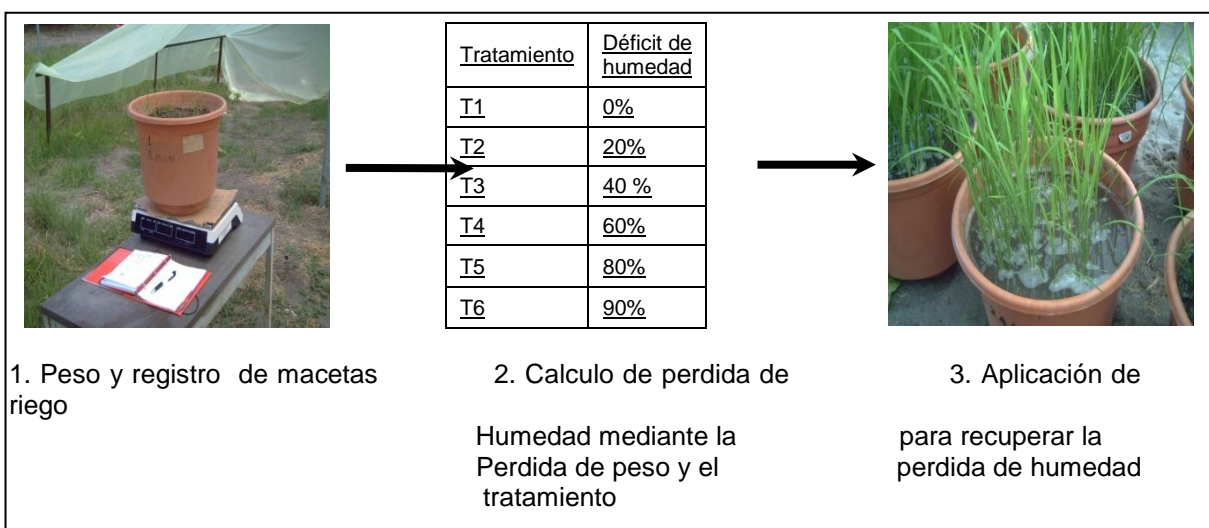


Figura 6. Metodología utilizada para mantener las macetas en humedad óptima con respecto al tratamiento correspondiente

3.5 Metodología utilizada para la evaluación de variables en tres variedades de arroz a través de un ensayo de rendimiento

Variables evaluadas

Con el fin de evaluar el comportamiento de 3 variedades de arroz y el efecto de diferentes niveles de humedad, fueron medidas algunas variables mediante la utilización del **sistema de evaluación estándar para arroz de la IRRI 2002**, las cuales se midieron cuando concluyo el ciclo del cultivo y cuando las

panículas presentaron un color paja e inclinación por el peso de los granos , además el resultado de la evaluación de cada variable se registro considerando el estado fenológico de la planta (cuadro 4), el cual se indica al final de cada variable con un código entre paréntesis, con el fin de obtener datos completamente confiables. Las variables medidas son altura de planta, excersión de panícula, longitud de panícula, numero de granos por panícula, peso de 1000 granos, días a floración y días a madurez.

Cuadro 4. Estados fenológicos del cultivo de arroz

Código	Categorías
1	Germinación
2	Plántula
3	Macollaje
4	Elongación del tallo
5	Encañado
6	Floración
7	Estado lechoso del grano
8	Estado pastoso del grano
9	Maduración fisiológica/madurez de cosecha

Altura de planta

Las mediciones de altura de planta se realizaron cada 15 días, desde la germinación hasta la etapa de madurez. Para la medición de la altura de planta se utilizaron reglas graduadas en centímetros (cm) y un flexo metro, esta medición se realizó de de la superficie del suelo a la punta de la panícula más alta (excluyendo los aristas). Los registros se realizaron en cm y solo con números enteros, no se usaron decimales (Figura 7). Medición en la etapa: 7-9



Figura 7. Medición de altura

Terminado el ciclo del cultivo y conociendo los valores de alturas de plantas en las tres variedades estas se clasificaran según la escala que maneja la IRRI (Cuadro 5).

Cuadro 5. Escala de altura de planta

Escala	Categoría	Descripción
1	Semi-enana	En tierras bajas menor que 110 cm, altiplano menor que 90 cm.
3	Intermedia	En tierras bajas: 110-130 cm; altiplano: 90-125 cm.
5	Alta	En tierras bajas mayor que 130 cm; altiplano: mayor que 125 cm.

Una vez finalizada la medición de altura planta se procedió a cortar las plantas casi a ras del suelo para realizar las mediciones de las demás variables.

Excursión de panícula

La medición se efectuó en cm, desde la base de la hoja bandera hasta el nudo ciliar de cinco panículas (Figura 8). Medición en la etapa: 7-9



Figura 8. Medición de excursión de panícula

Una vez obtenidos los valores de excursión de panícula se clasificara de acuerdo a la escala que plantea la IRRI (Cuadro 6).

Cuadro 6. Escala de excersión de panícula

Escala	Categoría	Descripción
1	Buena Excersión	Todas las panículas donde el nudo ciliar se encuentra 8 cm o más por encima del cuello de la hoja bandera
3	Excersión moderada	El nudo ciliar se encuentra entre 4 y 7 cm por encima del cuello de la hoja bandera
5	Excersión casi definida	Donde el nudo de las panículas presentan entre 1 a 3 cm por encima del cuello de la hoja bandera
7	Excersión parcial	El 50% de las panículas presentan 3 a 4 cm por debajo de la hoja bandera
9	Excersión deficiente	El 50% de las panículas presentan 4 ó más cm por debajo de la hoja bandera

Longitud de panícula

La medición se realizo desde el nudo ciliar hasta el último grano, se expreso en cm (Figura 9). Medición en la etapa: 9



Figura 9. Medición de longitud de panícula

Número de granos por panícula

De cada maceta se tomaron 5 panículas al azar y se contará el total de granos en la panícula y luego se obtuvieron los promedios. Medición en la etapa:09

Número de granos completos

De cada maceta se realizó la separación de grano vano y grano completo, para conocer el número de granos completos se contó el total de estos por maceta (muestra total).

Días a floración (FI)

Se registro en libro de campo el número de días desde la siembra hasta que el 50% de las plantas presenten la panícula emergida (Figura 10). Medición en la etapa: 6



Figura 10. Plantas en fase reproductiva (floración).

Días a madurez

Esta variable también se registro en un libro de campo los días desde la siembra hasta la etapa de madurez fisiológica (Figura 11). Medición en la etapa: 9



Figura 11. Plantas en fase de madurez (madurez de grano)

En la Figura 12 se presenta el esquema de trabajo utilizado para realizar el ensayo de rendimiento, y enseguida se especifica la metodología empleada en cada caso.

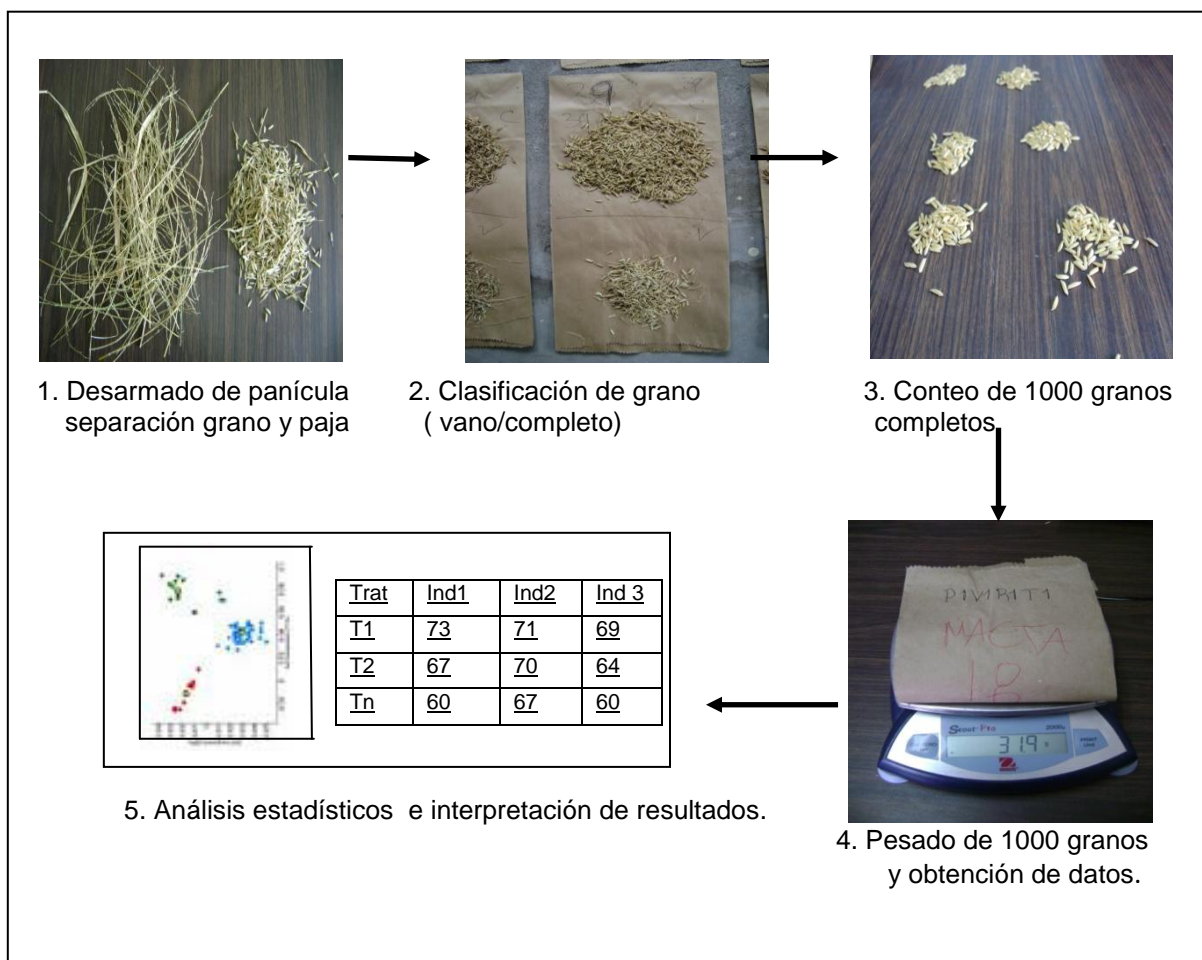


Figura 12. Metodología utilizada para realizar el ensayo de rendimiento

Desgranado de panícula

Se integro un ensayo de rendimiento con dos variedades experimentales y un testigo el cual inicio separando las panículas de las plantas, las panículas se guardaron en una bolsa de papel (1kg), se utilizo una bolsa por maceta, posteriormente se desarmaron las panículas, se separaron las espiguillas del eje de la panícula y los granos de las espiguillas para así obtener todo el grano de la panícula.

Clasificación y pesado de grano

Se realizó un pesado de la muestra total de producción (grano vano + grano completo) para conocer la producción total de 20 plantas por maceta, después se separó grano completo y grano vano ambos se pesaron por separado para poder conocer el porcentaje de grano completo y grano vano respecto a la muestra total.

Conteo de 1000 granos

Una vez obtenido el grano completo se procedió a contar 1000 granos completos con cascarilla, el conteo se realizó manual formando unidades de 100 granos hasta a completar 1000.

Peso de 1000 granos

Se tomaron mediciones de 1000 granos por tratamiento, el grano debe ser entero, buen desarrollo y con un contenido de humedad de 13-14%. El dato se expresa en gramos. Para el peso se utilizó una balanza de alta precisión (marca scout pro, capacidad de 2000g).

Una vez concluido el ensayo de rendimiento se obtuvieron los rendimientos finales por variedad con sus respectivos tratamientos, una vez conociendo los valores de rendimiento y de las demás variables se prosiguió a realizar el análisis estadístico para conocer si existe significancia entre variedades al igual que en los tratamientos de disponibilidad aplicados.

Análisis de datos

Los datos se sometieron a un análisis de varianza, y a una prueba de comparación de medias de Tukey, y se analizaron con el paquete estadístico de diseño de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), versión 2.5. (Olivares, 2003).

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Resultados de las variables evaluadas.

Valores de altura de planta

Evaluados los tratamientos y las variedades durante el experimento, se pudo determinar el comportamiento de las variedades (Cuadro 7). Se observa que existe una diferencia significativa en el análisis de varianza para altura de plantas entre las variedades Papaloapan A-04 y Milagro Filipino. Por otra parte la variedad Papaloapan A-04 supera numéricamente a Chontalpa A-04 y Milagro Filipino con 3% y 5% respectivamente.

Cuadro 7. Valores de alturas en las diferentes variedades

Variedades	Altura de planta (cm)
Papaloapan A-04	75.8333 A
Chontalpa A-04	73.5556 AB
Milagro Filipino	71.8333 B

Valores con una misma letra en la columna no tienen diferencia estadística significativa ($p=0.05$)

En lo que respecta a los tratamientos de déficit de humedad aplicados, se muestra (cuadro 8) que las tres variedades no presentan efecto del déficit hídrico hasta el T3 (40%), pero a partir de este valor hacia los niveles de menos disponibilidad de humedad las variedades comienzan a presentar diferencias estadísticas significativas y los efectos del déficit comienzan a manifestarse.

Cuadro 8. Datos de altura de plantas, por tratamientos para las tres variedades

Tratamientos	Altura de plantas (cm)
T1(0%)	80.3333 A
T2(20%)	79.7778 A
T3 (40%)	76.3333 AB
T4 (60%)	73.0000 BC
T5(80%)	69.1111 C
T6(90%)	63.8889 D

Valores con una misma letra en la columna no tienen diferencia estadística significativa ($p=0.05$)

En el Cuadro 9, se muestran los valores de las medias de altura de planta para cada variedad, se puede observar que Chontalpa A-04 comienza a manifestar efecto de los tratamientos de humedad a partir de T4 (60%), Papaloapan a partir de T3 (40%) y milagro a partir de T5 (80%), se puede observar también que Papaloapan A-04 numéricamente muestra las plantas más altas, seguido por Chontalpa A-04 y por último Milagro filipino que es la variedad de menos altura.

Cuadro 9. Tratamientos de disponibilidad de humedad y su efecto en la altura de plantas en tres variedades de arroz

Tratamientos Niv. de humedad	Altura de plantas (cm)		
	Media	Media	Media
	Chontalpa A-04	Papaloapan A-04	Milagro F.
T1 (0%)	81.0000 A	85.0000 A	75.0000 A
T2 (20%)	76.3333 AB	83.6667 A	79.3333 A
T3 (40%)	78.0000 A	77.0000 AB	74.0000 A
T4 (60%)	73.6667 AB	72.0000 BC	73.3333 AB
T5 (80%)	68.3333 BC	70.6667 BC	68.3333 AB
T6 (90%)	64.0000 C	66.6667 C	61.0000 B

Valores con una misma letra en la columna no tienen diferencia estadística significativa ($p=0.05$)

Considerando un rango entre el valor de capacidad de campo y casi punto de marchitez permanente, obtenemos que estas presentan las siguientes reducciones: Chontalpa A-04 con 21%, Papaloapan A-04 con 21.5% y por último Milagro Filipino con 18.7%. Ninguna variedad supera los 110 cm, por lo

que clasificaremos a estas variedades como semi-enanas. (Según manual de la IRRI, 2002).

La reducción de altura debe a que las plantas fueron sometidas a estrés de humedad, esto se debe a causa de la inhibición del alargamiento celular, lo que está dado por el grado de turgencia que tienen las células en estas condiciones, así como la alteración en los procesos fisiológicos tales como: fotosíntesis, respiración, translocación y distribución de metabolitos (Eastin, 1983).

Valores de excursión de panícula

En el Cuadro 10, se puede apreciar que existe diferencia estadística significativa en excursión de panícula entre las tres variedades evaluadas, a favor de Chontalpa A-04, con esto determinamos que Chontalpa A-04 presenta los valores más altos de excursión de panícula, seguido por Papaloapan A-04 y por último Milagro Filipino.

Cuadro 10. Datos de excursión de panícula para las tres variedades evaluadas

Variedad	Excursión de panícula (cm)
Chontalpa A-04	8.7222 A
Papaloapan A-04	7.8333 B
Milagro Filipino	4.4444 C

Valores con una misma letra en la columna no tienen diferencia estadística significativa (P=0.05)

En lo que respecta a los tratamientos de disponibilidad de humedad no se detectaron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) es decir, ningún nivel de disponibilidad de humedad tuvo la capacidad para afectar la excursión de panícula dentro de cada una de las variedades evaluadas (Cuadro 11).

Cuadro 11. Datos de excersión de panícula, por tratamientos para las tres variedades

Variedad	Excersión de panícula (cm)
T1(0%)	7.444445 A
T2(20%)	7.333333 A
T3(40%)	7.555555 A
T4(60%)	6.888889 A
T5(80%)	6.666667 A
T6(90%)	6.111111 A

Valores con una misma letra en la columna no tienen diferencia estadística significativa (P=0.05)

En el Cuadro 12, se obtiene como resultado que no existe diferencia estadística significativa, entre variedades ni entre tratamientos, por lo que se establece que la excersión de panícula no se vio modificada por los niveles de disponibilidad de humedad, pero se observa que en la variedad Milagro filipino existe una pequeña variación numérica mayor que Chontalpa A-04 y Papaloapan A-04.

Cuadro 12. Tratamientos de disponibilidad de humedad y su efecto en la excersión de panícula en tres variedades de arroz

Tratamientos Niv. de Humedad	Excersión de panícula (cm)		
	MEDIA CHONTALPA	MEDIA PAPALOAPAN	MEDIA MILAGRO F.
T1(0%)	9.3333 A	8.3333 A	4.6666 A
T2(20%)	8.0000 A	9.3333 A	4.6666 A
T3(40%)	8.3333 A	9.3333 A	5.0000 A
T4(60%)	7.3333 A	9.0000 A	4.3333 A
T5(80%)	7.0000 A	8.3333 A	4.6666 A
T6(90%)	7.0000 A	8.0000 A	3.3333 A

Valores con una misma letra en la columna no tienen diferencia estadística significativa (P=0.05)

Con los datos obtenidos de esta variable clasificamos a las variedades Chontalpa A-04 y Papaloapan con variedades con buena excersión y Milagro Filipino como variedad de excersión moderada. (Clasificación realizada según el manual IRRI, 2002).

Valores de longitud de panícula

Los valores obtenidos para longitud de panícula nos reflejan que no existe diferencia estadística significativa entre las tres variedades evaluadas, aunque se observa que numéricamente Milagro Filipino es superior a las otras dos variedades (Cuadro 13).

Cuadro 13. Datos de longitud de panícula para las variedades evaluadas

Variedad	Longitud de panícula (cm)
Chontalpa A-04	18.777779 A
Papaloapan A-04	18.722221 A
Milagro Filipino	19.500000 A

Valores con una misma letra en la columna no tienen diferencia estadística significativa ($p=0.05$)

En el cuadro 14, se muestran los datos obtenidos de longitud de panícula después de la aplicación de diferentes niveles de disponibilidad de humedad, encontrándose que no se presentó diferencia estadística significativa, en ningún tratamiento de disponibilidad de humedad.

Cuadro 14. Datos de longitud de panícula para los tratamientos aplicados

Tratamiento	Longitud de panícula (cm)
T1(0%)	20.0000 A
T2(20%)	19.6666 A
T3(40%)	19.4444 A
T4(60%)	18.7777 A
T5(80%)	18.2222 A
T6(90%)	17.8888 A

Valores con una misma letra en la columna no tienen diferencia estadística significativa ($p=0.05$)

Como se observa en el cuadro 15, ningún nivel de disponibilidad de humedad fue capaz de provocar algún efecto en la excursión de panícula en las tres variedades evaluadas, pero si se observa una diferencia numérica entre tratamientos en cada una de las variedades evaluadas, Milagro Filipino y Chontalpa A-04 muestran una variación numérica muy similar entre T1 y T6, por su parte Papaloapan A-04 presenta una variación mínima.

Cuadro 15. Efecto de los tratamientos aplicados en longitud de panícula, en las tres variedades evaluadas

Tratamientos Niv. de humedad	Longitud de panícula (cm)		
	MEDIA CHONTALPA	MEDIA PAPALOAPAN	MEDIA MILAGRO F.
T1(0%)	20.0000 A	19.3334 A	20.6667 A
T2(20%)	19.6667 A	19.0000 A	20.3334 A
T3(40%)	19.0000 A	19.3334 A	20.0000 A
T4(60%)	18.3334 A	18.3334 A	19.6667 A
T5(80%)	18.0000 A	18.0000 A	18.6667 A
T6(90%)	17.6667 A	18.3334 A	17.6667 A

Valores con una misma letra en la columna no tienen diferencia estadística significativa ($p=0.05$)

Valores de número de granos por panícula

Al someter los datos número de granos por panícula, al análisis estadístico correspondiente, se obtiene como resultado que no existe diferencia estadística significativa entre las variedades evaluadas. Aunque numéricamente Milagro Filipino numéricamente presenta más granos en sus panículas que las variedades Papaloapan A-04 y Chontalpa A.04.

Cuadro 16. Datos de número de granos por panículas para las variedades evaluadas

Variedad	Granos por panícula
Chontalpa A-04	73.055557 A
Papaloapan A-04	71.833336 A
Milagro Filipino	77.888885 A

Valores con una misma letra en la columna no tienen diferencia estadística significativa ($p=0.05$)

En cuanto a la aplicación de tratamientos de déficit de humedad encontramos que hasta T5(80%) ninguna variedad muestra efecto ante los déficits de humedad pero a partir de este nivel hacia los niveles de menor disponibilidad de humedad al menos una variedad se ve afectada (Cuadro 17).

Cuadro 17. Datos de número de granos por panícula para los tratamientos aplicados

Tratamiento	Granos por panícula
T1(0%)	82.7778 A
T2(20%)	80.0000 AB
T3(40%)	74.8889 AB
T4(60%)	70.3333 AB
T5(80%)	71.3333 AB
T6(90%)	66.2222 B

Valores con una misma letra en la columna no tienen diferencia estadística significativa ($p=0.05$)

Para el efecto de tratamientos en el número de granos por panículas (cuadro 18) encontramos que en Chontalpa A-04 y Papaloapan A-04 no muestran diferencia estadística significativa es decir que los tratamientos no afectan a estas variedades, por su parte Milagro Filipino presenta efecto a los tratamientos a partir de T5(80%).

Cuadro 18. Efecto de los tratamientos aplicados número de granos panícula, en las tres variedades evaluadas

Tratamientos Niv. de Humedad	Número de granos por panícula		
	MEDIA CHONTALPA	MEDIA PAPALOAPAN	MEDIA MILAGRO F.
T1(0%)	77.3333 A	76.6666 A	94.3333 A
T2(20%)	79.3333 A	72.0000 A	88.6667 A
T3(40%)	71.0000 A	77.0000 A	76.6667 AB
T4(60%)	66.6666 A	72.0000 A	72.3334 AB
T5(80%)	71.0000 A	70.6667 A	72.3334 AB
T6(90%)	73.0000 A	62.6667 A	63.0000 B

Valores con una misma letra en la columna no tienen diferencia estadística significativa ($p=0.05$)

4.2 Efecto de diferentes niveles de disponibilidad de humedad sobre el rendimiento.

Valores de peso de 1000 granos

En los datos obtenidos para Peso de 1000 granos encontramos que Papaloapan A-04 y Milagro filipino son estadísticamente iguales, pero estos presentan diferencias estadística significativa con Chontalpa A-04, con esto establecemos que las variedades Papaloapan A-04 y Milagro Filipino presentan mayor peso en sus granos (cuadro 19).

Cuadro 19. Datos de peso de 1000 granos para las variedades evaluadas

Variedad	Peso de 1000 granos (g)
Papaloapan A-04	22.9889 A
Milagro Filipino	22.8778 A
Chontalpa A-04	21.9000 B

Valores con una misma letra en la columna no tienen diferencia estadística significativa ($p=0.05$).

En cuanto a los tratamientos se puede observar que las variedades manifiestan efecto al déficit de humedad a partir de T3 (40%) y se puede observar que entre menos disponibilidad de humedad existe, mayor es el efecto en la disminución de peso en los granos de las variedades (cuadro 20).

Cuadro 20. Datos de peso de 1000 granos para los tratamientos

Variedad	Peso 1000 granos (g)
T1(0%)	23.5333 A
T2(20%)	23.2333 AB
T3(40%)	23.0667 AB
T4(60%)	22.5444 BC
T5(80%)	22.1444 C
T6(90%)	21.0111 D

Valores con una misma letra en la columna no tienen diferencia estadística significativa ($p=0.05$).

En cuanto al efecto de los tratamientos en las variedades, encontramos que la variedad Papaloapan A-04 no presenta efectos en ningún tratamiento, mientras que Chontalpa A-04 y Milagro filipino no presentan efecto ante los tratamientos hasta T3 (40%), a partir de este nivel hacia niveles de menor disponibilidad de humedad estas variedades se ven afectadas en el peso de grano. Numéricamente podemos establecer que las variedades que menos pérdidas de peso registran son las variedades Chontalpa A-04 y Papaloapan a-04 y por último Milagro Filipino es la variedad que mayor pérdida de peso registra (Cuadro 21).

Cuadro 21. Efecto de diferentes niveles de humedad sobre el peso de 1000 granos en las variedades evaluadas

Tratamientos Niv. de Humedad	Peso de 1000 granos (g)		
	MEDIA	MEDIA	MEDIA
	CHONTALPA	PAPALOAPAN	MILAGRO F.
T1(0%)	22.9333 A	23.9667 A	23.7000 A
T2(30%)	22.6333 AB	23.4333 A	23.6334 A
T3(40%)	22.4667 AB	23.1333 A	23.6000 A
T4(60%)	21.8667 B	22.9666 A	22.8000 B
T5(80%)	20.8000 C	22.7334 A	22.4000 B
T6(90%)	20.7000 C	21.7000 A	20.6333 C

Valores con una misma letra en la columna no tienen diferencia estadística significativa ($p=0.05$).

Con esto podemos establecer que las variedades Chontalpa A-04 y Papaloapan A-04 presentan pérdidas numéricas muy similares con 9.7 y 9.5% respectivamente y por último Milagro Filipino pierde hasta un 12.4% de peso en sus granos a causa del déficit de humedad.

Valores de granos completos

Se puede observar en el Cuadro 22 que las tres variedades presentan diferencias estadísticas significativas respecto al número de granos completos, obteniendo como resultado que la variedad con mayor número de granos completos es la Chontalpa A-04 superando a Papaloapan A-04 y Milagro Filipino con un 22 y 55% respectivamente.

Cuadro 22. Datos de número de granos completos

Variedad	Granos Completos en 20 plantas
Chontalpa A-04	2526.6667 A
Papaloapan A-04	1969.8889 B
Milagro Filipino	1136.0555 C

Valores con una misma letra en la columna no tienen diferencia estadística significativa ($p=0.05$).

Con relación a los tratamientos aplicados en las variedades observamos que las variedades no presentan diferencias significativas hasta T5 (80%) pero de ese nivel hacia los niveles de menor disponibilidad de humedad los tratamientos comienzan afectar a las variedades (cuadro 23).

Cuadro 23. Datos de número de granos completos para los tratamientos

Variedad	Granos completos en 20 plantas
T1(0%)	2224.5557 A
T2(20%)	2322.5557 A
T3(40%)	2047.6666 A
T4(60%)	1819.2222 AB
T5(80%)	1640.2222 AB
T6(90%)	1211.0000 B

Valores con una misma letra en la columna no tienen diferencia estadística significativa ($p=0.05$).

En el cuadro 24 observamos que la variedad Chontalpa A-04 no presenta diferencias estadísticas significativas bajo ningún tratamiento, Papaloapan A-04 y Milagro Filipino si presentan diferencias estadísticas significativas y numéricamente son las que menos granos completos muestran.

Con esto podemos decir que la variedad Chontalpa A-04 es superior numéricamente a Papaloapan A-04 y Milagro Filipino en condiciones favorables de humedad (Capacidad de Campo) ya son superadas en 13 y 55% respectivamente, en condiciones desfavorables de humedad (Casi punto de

Marchites Permanente) Chontalpa A-04 también es superior a Papaloapan a-04 y Milagro Filipino con 64 y 79 % respectivamente.

Cuadro 24. Efecto de diferentes niveles de humedad sobre el número de granos completos en las variedades evaluadas

Tratamientos Niv. de Humedad	Granos completos en 20 plantas		
	MEDIA	MEDIA	MEDIA
	CHONTALPA	PAPALOAPAN	MILAGRO F.
T1(0%)	2761.6667 A	2393.0000 B	1519.0000 C
T2(30%)	2827.6667 A	2674.6667 A	1467.0000 A
T3(40%)	2864.3332 A	2190.3333 A	1073.3333 A
T4(60%)	2257.0000 A	2177.3333 A	1023.3333 A
T5(80%)	2115.6667 A	1554.6667 AB	1250.3333 A
T6(90%)	2318.6667 A	829.3333 B	485.0000 C

Valores con una misma letra en la columna no tienen diferencia estadística significativa ($p=0.05$).

Valores de rendimiento

En el cuadro 25, se observan los datos estadísticos relacionados al rendimiento de grano, se puede afirmar que la variedad Chontalpa A-04 obtuvo el mayor rendimiento de grano estadísticamente, superando a Papaloapan A-04 y Milagro Filipino con 16% y 32% respectivamente.

Cuadro 25. Datos de rendimiento para las variedades evaluadas

Variedad	Rendimiento (g/20 plantas)
Chontalpa A-04	64.9444 A
Papaloapan A-04	54.4444 AB
Milagro Filipino	44.2222 B

Valores con una misma letra en la columna no tienen diferencia estadística significativa ($p=0.05$).

En el cuadro 26 de comparación de medias de los tratamientos aplicados a las variedades, se encontró que hasta el T3 (40%) ninguna variedad perdida de rendimiento a causa de los tratamientos pero a partir de este nivel hacia niveles

de menor disponibilidad de humedad el Efecto comienza a manifestarse en las variedades evaluadas.

Cuadro 26. Datos de rendimiento para los tratamientos aplicados

Tratamientos	Rendimiento (g/20 plantas)
T1(0%)	68.3333 A
T2(20%)	68.0000 A
T3(40%)	58.6666 ABC
T4(60%)	51.1111 BCD
T5(80%)	46.0000 CD
T6(90%)	36.2222 D

Valores con una misma letra en la columna no tienen diferencia estadística significativa ($p=0.05$).

Al obtener los valores de medias (Cuadro 27) para los tratamientos aplicados por variedad encontramos que los tratamientos no produjeron efecto en la variedad Chontalpa A-04, mientras que Papaloapan A-04 y Milagro Filipino, presentan diferencias estadística significativas a partir de T6 (90%). Podemos establecer que la variedad menos susceptible a la pérdida de rendimiento por escases de humedad es la variedad Chontalpa A-04 superando en rendimiento en condiciones favorables de humedad (Capacidad de Campo) a las variedades Papaloapan A-04 y Milagro Filipino con 5% y 23% respectivamente. En condiciones desfavorables de humedad (Casi Punto de Marchites Permanente) Chontalpa A-04 registra rendimientos superiores que Papaloapan A-04 y Milagro Filipino con 50% y 60% respectivamente.

Cuadro 27. Efecto de diferentes niveles de disponibilidad en el rendimiento de tres variedades evaluadas

Tratamientos Niv. de Humedad	Rendimiento (gr/ 20 plantas)		
	MEDIA CHONTALPA	MEDIA PAPALOAPAN	MEDIA MILAGRO F.
T1(0%)	76.3333 A	70.0000 A	58.6667 A
T2(20%)	74.6667 A	70.6667 A	58.6667 A
T3(40%)	72.0000 A	60.0000 A	44.0000 A
T4(60%)	57.3333 A	56.6667 AB	39.3333 A
T5(80%)	52.0000 A	42.6667 AB	43.3333 A
T6(90%)	57.3333 A	26.6667 B	21.3333 C

Valores con una misma letra en la columna no tienen diferencia estadística significativa ($p=0.05$).

Se puede observar que entre menos disponibilidad de humedad existe (T1-T6), mayor es la pérdida de rendimiento, esto se debe a que la aplicación de dichos tratamientos se realizaron en la fase reproductiva que presenta cuatro etapas donde los procesos de desarrollo son más sensibles a la sequía: iniciación de panícula, desarrollo meiótico de los gametos, antesis y fase de llenado de grano (Ó'toole y Chang 1979).

4.3 Duración de fases de crecimiento de las variedades evaluadas.

En la duración del ciclo del cultivo de arroz, se observa que las variedades Chontalpa A-04 y Papaloapan A-04 registran un ciclo más corto que la variedad Milagro Filipino, aunque las tres se clasifican como variedades de ciclo largo. Cabe mencionar que las diferencias en desarrollo son determinadas por la duración de la fase vegetativa y es influenciada por el genotipo y las condiciones del medio.

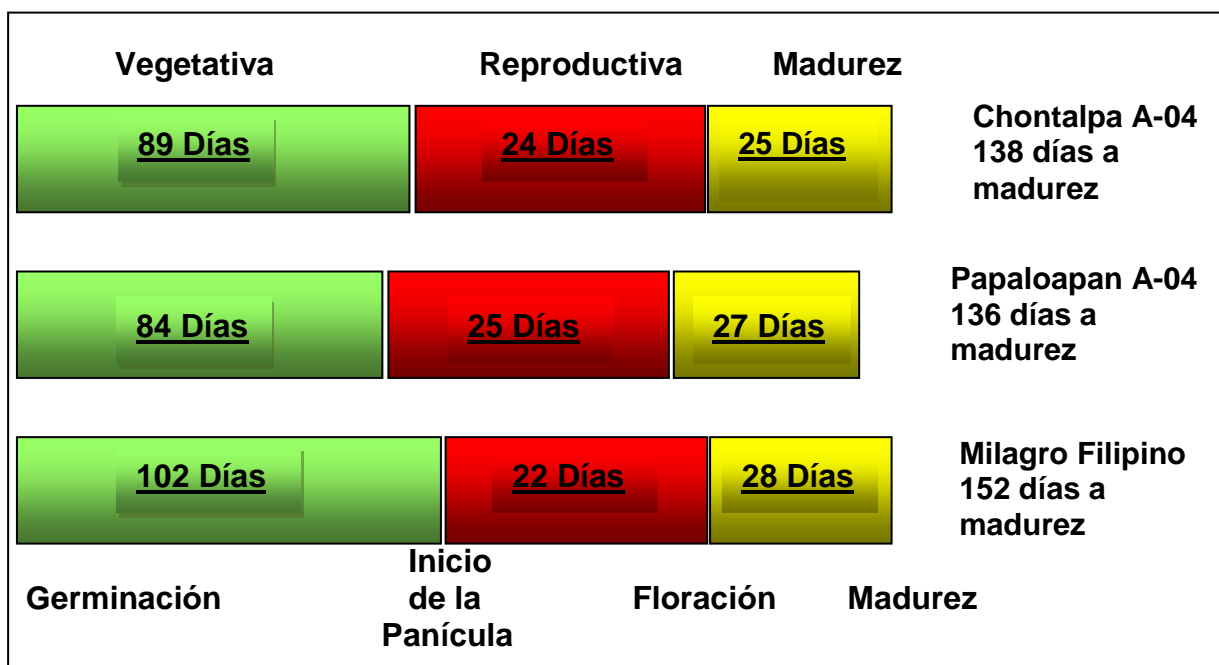


Figura 13. Ciclos del cultivo de arroz en las variedades evaluadas

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- ❖ Terminada la evaluación de variedades, se puede concluir que las variedades si se ven afectadas por el déficit de humedad en la etapa reproductiva y que las variedades más afectadas son Milagro Filipino con 64% y Papaloapan con 62% A-04, Chontalpa A-04 es la que menos perdida registra con 25%.

- ❖ En base a los resultados obtenidos de la comparación de medias entre variedades evaluadas y tratamientos aplicados, se puede concluir que los diferentes niveles de disponibilidad de humedad no presentan ningún efecto sobre excursión de panícula y longitud de panícula, mientras que granos por panícula y granos completos presenta efectos a partir del 90% de déficit de humedad, para altura de planta, peso de 1000 granos y rendimiento los efectos se manifiestan a partir del 40% de déficit de humedad.

- ❖ En la evaluación bajo condiciones de estrés hídrico se empleo una metodología que permite detectar diferencias estadísticas confiables en la reacción fenotípica de las variedades evaluadas ante diferentes niveles de disponibilidad de humedad y se puede concluir que en condiciones favorables de humedad las dos variedades experimentales superan a Milagro Filipino mientras que en condiciones desfavorables de humedad Chontalpa A-04 supera ampliamente a Papaloapan A-04 y Milagro Filipino que registran rendimientos muy similares. Con esto se concluye que la variedad más rendidora y estable bajo condiciones favorables y desfavorables de humedad es la variedad Chontalpa A-04.

5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda evaluar las tres variedades en condiciones de campo para complementar este trabajo de investigación y obtener información mas detallada.
- Se recomienda realizar este experimento en el ciclo Febrero- Junio para obtener mayor luminosidad durante el ciclo del cultivo, para cuantificar y observar la respuesta de las tres variedades a evaluar.
- Se recomienda realizar más investigaciones sobre los efectos del déficit de humedad en la etapa vegetativa y cuantificar su efecto en el rendimiento.
- Es recomendable realizar la evaluación de las variedades cuantificando variables mas asociadas a la resistencia a sequia como: longitud de hojas, número y longitud de entrenudos, área foliar, producción de materia seca y longitud y grosor de raíz.

VI. LITERATURA CITADA

- Alfonso R. 1999. Determinación de parámetros genético - fisiológicos indicadores de estrés hídrico para su empleo en el mejoramiento genético del arroz. Tesis para optar por el grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. 100p.
- Armenta S., J. L. Dialled analysis of root characteristics in rice (*Oryza sativa*) Ph. D. Tesis. University of Philippines at Los Baños, Laguras. Philippines. 1981.
- Austin R.B. 1989. Maximisine crop. Production in water-limited enviroment. P. 13-26. In drought resistance in cereals edited by F.W.G. Baker. Published for ISCU Press by C.A.B International 221 p.
- Bennett, J. M; Sinclair, T. R; Muchow R.C; Castillo S.R. Dependence of Stomatal conductance on leaf water potencial. Turgor in field-ground Soybean and maize. *Crop. Science* 27(5) 984-88 1987.
- Bhattachargee D. D.; Ramakrishnayya G. and Rand S. C. Physiological basis of drought conditions. *Oryza* 8(2): 61-68. 1971.
- Brevedan E.R. and Hudgues H. F. Effects of Moisture deficits on C14. Translocation in corn (*Zea Mays* L.). *Plant Physiology* 52(5) 436 – 439 1973.
- Chang T. T; G C. Loresto; J, C. O'Toole and J. L. Armenta Soto. Strategy and methodology of breeding rice for drought prone areas pag 217-244. In *Drought resistance in crops with emphasis on rice*. IRRI. Los Baños, philippines, 324 p 1983.
- De Armas R.; E. Ortega y Rodes Rosa. Régimen hídrico pag. 35-73. En *Fisiología Vegetal*. Ed. Pueblo y Educación 325 p. 1988.
- Easting J. D. 1983. Physiological Aspects of High Temperature and water stress in Raper, C.D (ed) *Croop Reactions to water at temperature stress in HumidTemperate Climates*. Boulder: Westwiew Press P. 89-113.
- Espino, T.S. 1968. Arroz Milagro Filipino para uso industrial y Domestico. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Mexico, D. F. Folleto de Divulgacion No. 36 11p.

- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. 4ª edición. Universidad Autónoma de México, D. F. México. 217 p.
- Gupta, P. and O'Toole, J.C in: upland rice, global perspective. IRRI, 149 P, 1986.
- Henckel P. A. Physiology of plants under drought. Ann. Rev. Plant physiol 15: 363-386 1964.
- Hernandez, A.L.,Tavitas, F.L. 1990. Características principales de 15 variedades de arroz que actualmente se siembran en Mexico. INIFAP. Red Regional de Cereales de Grano Pequeño Zona Sur, Mor. 18 p.
- Ingram K.T; F.D Bueno, O.S. Namuco, E. B Yambas and C.A Beyronty.1994. Raice root traits for drought resistance and their genetic variations. Pag 67-77. In Rice Roots Nuttrient and water use. Selected Papers From the International Rice Research Conference IRRI-90 pag.
- Keita J. Me. Cree; Steven G. Richard. S.Stomatal closure vs osmatic adjustment a comparis of stress responce. Crop. Science 27(3): 539-43 1987.
- Larque S. Apuntes del metabolismo del agua en las plantas. Rama de Botánica. Colegio de postgraduados. Chapingo. México 1977.
- Lasso R. Contribución de un programa de Mejoramiento Genético de Arroz para el agricultor de subsistencia. VIII Conferencia Internacional de Arroz para América Latina y el Caribe. Villa Hermosa. Tabasco. México p. 40-54 1991.
- Morgan J. M. Physiological traits for drought resistance p.53-64 In: Drought Resistancein Cereals. Edited bt F. W. Baker. Published for ICSU Press by C. A. B. International 221 P, 1989.
- Nix, H. A. Aspects of drowht from agroclimatic perspective. Pages 3-5 in drowth resistance in crops with emphasis on rice. International Rice Research Institute. Los Baños, Laguna, Philippines, 324 P,1982.
- Osuna, C.F.J.,L. Hernández A.,J. Salcedo A.,L. Tavitas F. y L.J. Gutiérrez D. 2000. Manual para la producción de arroz en la región central de México. SAGAR. INIFAP. CIRCE. Campo Experimental Zacatepec. Libro técnico No. 1. Zacatepec, Morelos. 78 p.

- Osuna, C.F.J.,L. Hernández A.,J. Salcedo A.,L. Tavitas F. y L.J. Gutiérrez D. 2000. Manual para la producción de arroz en la región central de México. SAGAR. INIFAP. CIRCE. Campo Experimental Zacatepec. Libro técnico No. 1. Zacatepec, Morelos. 78 p.
- Rosas G., X. 1994. Potencial productivo para arroz de temporal en Veracruz. Publicación especial No. 34. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Centro de Investigación Regional Golfo-Centro.
- Sant `Ana, E. P. 1981. Improvement strategies for upland rice in Brazil. Paper presented at the second session on improvement strategies for upland rice. Travelling whorkshop on blast and upland rice. May 8-14. Golanía. Golas, Brazil.
- Standard Evaluation System for Rice (SES). 2002. International Rice Research Institute (IRRI). November.
- Tavitas F. L. Evaluación y selección de genotipos para resistencia a sequía y determinación de proteína en el grano de arroz de secano. Tesis Profesional. Escuela de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Morelos Cuernavaca Mor.:95 P.,. 1981.
- Volke, H. V.;Etchevers, B. J. 1994. Recomendaciones de fertilización para cultivos: necesidad y perspectivas de una mayor precisión. Cuaderno de edafología 21. Instituto de Recursos Naturales, Programa de Edafología, Colegio de Posgraduados en Ciencias Agrícolas, Montecillo, Edo de México. 43p.
- Yamagata h. 1997. Analisis of morphological factors pag. 277 - 285 In. Science of de plant. Volume three Genetics. Edited by Tanake Matsuo et al. Food and Agriculture Policy Research center Tokyo 1008p.
- Yoshida S. 1981. Fundamentals of rice crop. Science International Rice Research Institute 269 p. Los Baños. Laguna. Philippines.
- Yoshida S. 1982. Factores que limitan el crecimiento y los rendimientos del arroz de temporal. En arroz de Temporal CONACYT México p. 848-54 1982
- Yoshida S. Factores que limitan el crecimiento y los rendimientos del arroz de temporal. En arroz de Temporal CONACIT México p. 848-54 1982.

Yoshida S. Fundamentals of rice crop. Science International Rice Research Institute 269 p. Los Baños. Laguna. Philippines 1981.

PAGINAS WEB CITADAS

Arregocés O., Rosero M y González J. CIAT. 2005. Morfología de la planta de arroz. Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT. Guía técnica. Cali, Colombia. En internet: <http://www.ciat.cgiar.org/riceweb/esp/inicio.htm>

Ayón R., E A. 2004. Innovaciones Tecnológicas. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agropecuarias y Forestales. Folleto técnico numero 3. En internet www.inifap.gob.mx/temas.../inovacionestecnologicas2004v2.pdf

Ayón R., E A., García A.,J L. y Jimenez Ch.,J A. 2007. Adaptacion de Genotipos de Arroz de Temporal en la Región Central del Golfo de Mexico. Memorias de XX Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria Veracruz, IX Simposio Internacional y IV Congreso Nacional de Agricultura Sostenible. En internet: www.inifap.gob.mx/temas.../informe_anual_actividades_2008.pdf

Chang, T.T. 1976. Rice. In: Evolution of Crops Plants. Ed. N. W. Simmonds. Longman Group Ltd. London. Pp: 98-104. En internet : <http://www.sciencedirect.com/science/article.htm>

Chang, T.T. 1976. Rice. In: Evolution of Crops Plants. Ed. N. W. Simmonds. Longman Group Ltd. London. Pp: 98-104. En internet : <http://sciencedirect.com/science/article.htm>

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2004a. El arroz es la vida (en línea). Roma, IT, FAO.

Consultado 18 de mayo. 2009. Disponible en <http://www.fao.org/newsroom/es/focus/2004/36887/index.html>

_____. 2004b. Rice and nutrition (en línea). Roma, IT, FAO. Consultado 17 de mayo. 2009. Disponible en: <http://www.fao.org/rice2004/en/rice2.htm>

_____. 2008. Seguimiento del mercado del arroz (en línea). Roma, IT, FAO. Consultado 20 de junio. 2009. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/009/ag068s/ag068s00.pdf>

Memorias. 1998. Fundamentos y Tecnologías para la Producción de Arroz. Simposium Internacional de arroz. En internet: <books.google.com.mx/books?id=sNcqAAAAYAAJ...>

Pedro Díaz, 2009. Daños en cultivos de arroz por cambio climático. El Golfo. Info.(en línea). Consultado el 25 de mayo 2009. Disponible en: www.campomexicano.gob.mx/portal.../noticias.php?id

Rodríguez, A. J.H. Fases de desarrollo y Etapas de Crecimiento de la Planta de Arroz. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agropecuarias y Pecuarias. En internet: <http://www.arrozmichoacano.org.mx/.../FENOLOGIA%20DEL%20ARROZ.pdf>