



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

EVALUACIÓN DE LINEAS UNIFORMES PARA LA
OBTENCIÓN DE NUEVAS VARIETADES DE ARROZ DE
ALTO RENDIMIENTO Y GRANO DELGADO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERA AGRÍCOLA
P R E S E N T A
ARACELI MARTÍNEZ MENESES

ASESOR: ING. EDGAR ORNELAS DÍAZ

CUAUTITLAN IZCALLI EDO. DE MEX.

2008

DEDICATORIA



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A DIOS: Porque siempre esta conmigo.

A MIS PADRES: FELIX MARTÌNEZ SORIANO

Como muestra de gratitud. Con todo cariño le agradezco todo su amor y el apoyo que siempre me ha brindado porque gracias a el, he logrado cumplir las metas que me he propuesto en la vida. Mil gracias.

MARICELA MENESES RODRIGUEZ

Con cariño.

A MI ESPOSO. LEOPOLDO CORTÈS BAHEZA.

Por su apoyo, confianza y alientos para seguir siempre adelante.

A MIS HIJOS. LEOPOLDO MIGUEL Y KEVIN EMILIANO

Con todo mi amor, por que son la inspiración de mi vida y el motivo de alcanzar mis metas.

A MIS HERMANOS. ARMANDO Y JOSE LUIS

A MIS AMIGOS. Por su presencia en mi vida; en especial a la Ing. AURELIA SOLANO DURAN, por su constante apoyo y motivación para lograr esta meta.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), y en especial a la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, por permitirme adquirir los conocimientos para mi formación profesional.

Al Campo Experimental de Zacatepec, dependiente del INIFAP, Por las facilidades que me otorgaron para llevar a cabo esta investigación.

A la Fundación PRODUCE, Mor., A.C., Por el apoyo económico brindado para la realización del presente trabajo.

Mi más sincero agradecimiento a la Biol. Leticia Tavitas Fuentes, por la dirección, asesoría y estímulo durante toda la realización del presente trabajo.

Al Ing. M.C. Leonardo Hernández Aragón, por su apoyo, sus aportaciones, correcciones y sugerencias, para la mejor presentación de este trabajo.

Al Ing. Edgar Órnelas Díaz. Por su apoyo, correcciones y sugerencias durante la realización del presente trabajo.

A todas aquellas personas que de alguna forma me apoyaron y ayudaron durante mis estudios profesionales y en la realización de este trabajo de tesis.

INDICE

	Pág.
INDICE DE CUADROS.....	v
INDICE DE FIGURAS.....	vi
RESUMEN.....	vii
I. INTRODUCCION.....	1
I.I OBJETIVOS.....	6
1.1.1 Objetivo general.....	6
1.1.2 Objetivos específicos.....	6
II. REVISION DE LITERATURA.....	7
2.1 Origen del arroz.....	7
2.2 Introducción del arroz en México.....	13
2.3 Regiones y Estados productores de arroz en México....	15
2.3.1 Sistemas de producción.....	17
2.3.1.1 Temporal.....	17
2.3.1.2 Temporal con riegos de auxilio.....	18
2.3.1.3 Riego por siembra directa.....	19
2.3.1.4 Riego por trasplante.....	21
2.4 Morfología de la planta de arroz.....	21
2.4.1 Preferencias en el consumo de arroz en México.....	23
2.5. Adaptabilidad fisiológica de las variedades de arroz al clima.....	24
2.6. Mejoramiento genético del Arroz en México.....	26
2.7. Banco Nacional de Germoplasma de arroz.....	30

2.8.	Tipos de grano que se producen y consumen en México	32
2.9.	Calidad de grano.....	35
2.9.1	Calidad molinera.....	35
2.9.2	Calidad culinaria.....	36
2.9.2.1	Contenido de amilosa.....	36
2.9.2.2	Reacción al álcali.....	36
2.9.2.3	Consistencia de gel.....	36
2.9.2.4	Prueba de cocción.....	36
2.9.2.5	Prueba de degustación.....	37
2.10	Situación socio-económica del cultivo.....	37
2.11.	Problemática del cultivo.....	42
2.11.1	Trópico seco.....	43
2.11.2	Trópico seco y Trópico subhúmedo.....	43
2.11.3	Trópico húmedo y Subhúmedo.....	44
III.	MATERIALES Y METODOS.....	46
3.1	Generalidades.....	46
3.2	Propósitos del FLAR.....	46
3.3	Localización.....	47
3.4	Condiciones ambientales.....	48
3.5	Material genético.....	48
3.6	Manejo agronómico.....	48
3.6.1	Preparación de terreno.....	48
3.6.2	Trazo de lotes.....	49

	3.6.3	Siembra.....	49
	3.6.4	Control de malezas.....	49
	3.6.5	Manejo de agua.....	50
	3.6.6	Fertilización.....	50
	3.6.7	Cosecha.....	50
	3.6.8	Calidad molinera.....	51
	3.6.9	Calidad culinaria.....	51
	3.7	Categoría de observación de este ensayo.....	52
	3.8	Sistema de evaluación estándar para el arroz.....	52
	3.9	Características que se evalúan a través del sistema de evaluación estándar para el arroz.....	54
IV		RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	64
	4.1	VIOFLAR 2005.....	65
	4.2	Descripción.....	67
	4.2.1	Ciclo vegetativo de las plantas.....	67
	4.2.2	Altura de las plantas.....	68
	4.2.3	Aceptabilidad fenotípica.....	69
	4.2.4	Potencial de rendimiento.....	70
	4.2.5	Tamaño y forma del grano.....	71
	4.2.6	Calidad molinera del grano.....	72
	4.2.7	Calidad culinaria.....	72
	4.3	VIOFLAR 2006.....	73
	4.4	Descripción.....	78
	4.4.1	Ciclo vegetativo de las plantas.....	78
	4.4.2	Altura de las plantas.....	79

4.4.3	Aceptabilidad fenotípica.....	80
4.4.4	Potencial de rendimiento.....	81
4.4.5	Tamaño y forma del grano.....	82
4.4.6	Calidad molinera.....	83
4.4.7	Calidad culinaria.....	83
4.5	Variedades testigo.....	87
4.5.1	Ciclo vegetativo.....	87
4.5.2	Altura de las plantas.....	87
4.5.3	Aceptabilidad fenotípica.....	88
4.5.4	Potencial de rendimiento.....	88
4.5.5	Tamaño y forma del grano.....	89
4.5.6	Calidad molinera	89
4.5.7	Calidad culinaria.....	89
V	CONCLUSIONES.....	91
VI	RECOMENDACIONES.....	94
VII	BIBLIOGRAFIA.....	95
VIII	Apéndice (anexo 1). Rentabilidad del cultivo de arroz a través de la relación beneficio/costo.....	101

INDICE DE CUADROS

CUADRO		PÁG.
1	Producción Nacional de Cultivos básicos, año Oferta 2007.	15
2	Producción e importación, grado de autosuficiencia (%) y número de molinos de arroz en México durante El periodo 1985-2007.	40
3	Relación de 24 líneas seleccionadas de 131 materiales Que constituyeron el VIOFLAR 2005, establecido en CE Zacatepec, Mor., Ciclo PV – 2006.	66
4	Relación de 45 líneas seleccionadas de 164 materiales Que constituyeron el VIOFLAR 2006, establecido en el CE Zacatepec, Mor., Ciclo PV – 2006.	74
5	Selección de 8 variedades del INIFAP incluidas como Testigos en ambos vivero del FLAR establecidos en el Ciclo PV- 2006, en el CE Zacatepec, Mor.	86

INDICE DE FIGURAS

FIG.		PÁG.
1	Evolución de las dos especies cultivadas De arroz (<i>Oryza sativa L.</i> y <i>Oryza glaberrima Steud</i>).	9
2	Regiones y entidades productoras de arroz En México.	17
3	Tipos de Grano que se producen y consumen En México. “Calidad Morelos”.	32
4	Tipos de Grano que se producen y consumen En México. “Calidad Sinaloa”.	33
5	Tipos de Grano que se producen y consumen En México. “Calidad Milagro”.	33
6	Tipos de Grano que se producen y consumen En México. “Arroz importado”.	33

I. RESUMEN

La problemática principal que actualmente enfrenta el cultivo del arroz en la mayoría de las zonas arroceras de riego y temporal de nuestro país, consiste en la baja competitividad de las variedades que actualmente se cultivan, ya que aunado a los costos de cultivo y la falta de apoyos a la producción, inciden en que el arroz mexicano de grano delgado haya sido desplazado por el arroz del mismo tipo que se importa de Estados Unidos el cual es altamente subsidiado tanto en su producción como en su comercialización, ocasionando con esto la reducción de la superficie cultivada y el desplome de la producción de este cereal. Lo anterior ha traído como consecuencia el aumento de importaciones, dado que según el Gobierno Federal es más económico importarlo que producirlo.

El presente trabajo de investigación fue realizado en el ciclo primavera-verano 2006 en el Campo Experimental Zacatepec, Mor., dependiente del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ante la necesidad de contar con nuevas variedades de arroz de alto rendimiento con grano delgado y buena calidad industrial, que al ser sembradas por los productores arroceros coadyuven a aumentar la producción y de esta forma contribuyan a reducir los volúmenes de importación de este tipo de grano y consecuentemente recuperar las fuentes de trabajo que se tenían hasta antes de que se acelerara la importación masiva de este cereal, como consecuencia de los acuerdos internacionales en los que nuestro país ha sido involucrado.

El experimento tema de esta investigación, estuvo constituido por dos viveros internacionales de observación los cuales fueron proporcionados por el Fondo Latinoamericano de Arroz de Riego (FLAR) de Cali, Colombia, mismos que habían sido nominados como VIOFLAR-2005 y VIOFLAR-2006.

El VIOFLAR-2005 comprendió un total de 131 líneas avanzadas en sexta generación filial (F_6) y se incluyeron 14 variedades mexicanas liberadas por el INIFAP como testigos para un total de 145 tratamientos; el VIOFLAR-2006 estuvo integrado por 164 genotipos también en F_6 al cual también se le agregaron las mismas 14 variedades testigos para un total de 178 tratamientos. La fecha de siembra comprendió el período del 5 al 12 de Junio. El establecimiento del experimento se hizo por siembra directa, sembrándose 6 surcos de 5 m de largo por genotipo separados a 20 cm a la densidad de 80 Kg. de semilla por hectárea; la separación entre parcelas fue de 40 cm. El manejo agronómico de ambos viveros se hizo con la tecnología sobre riego, control de malezas y fertilización desarrollada por el INIFAP para el sistema de siembra directa bajo riego. Los parámetros de evaluación en campo fueron: días a madurez, altura de la planta y aceptabilidad fenotípica, y cuando las plantas llegaron a su madurez fisiológica se llevó a cabo la cosecha a través de la cual se determinó el rendimiento, habiéndose cosechado con sumo cuidado para conservar la pureza genética de cada genotipo de ambos viveros; enseguida se redujo el contenido de humedad del grano al 14% para el cálculo de los rendimientos y para los análisis de la calidad industrial del grano en el laboratorio, donde se evaluó la calidad molinera

(apariencia física del grano), la calidad culinaria (en base a la prueba de álcali, temperatura de gelatinización, contenido de amilosa (separación del grano al cocerse), prueba de cocción, y prueba de degustación (consistencia, sabor y aroma).

De acuerdo con los resultados obtenidos, se encontraron notables diferencias entre los materiales evaluados. Se eligieron sólo aquellos genotipos que reportaron aceptable comportamiento morfológico-agronómico de las plantas, como altura, vigor, resistencia al acame y a las enfermedades, alto potencial de rendimiento no menor de 9.5 ton/ha, buena calidad industrial, y grano con diferente tamaño y forma, desde medianos, medianos-delgados y largo-delgados, todos cristalinos, así como otras características como su calidad molinera de más de 50% de granos pulidos enteros para que beneficie al industrial, así como culinaria de interés para el consumidor, incluyendo rápido cocimiento, excelente rendimiento en el plato y fácil digestibilidad. Entre los materiales que reportaron las mejores características por las cuales se hizo la selección sobresalieron 24 líneas del VIOFLAR-2005, 45 del VIOFLAR-2006 45, y ocho cultivares de los testigos mexicanos incluidos en cada vivero.

I. INTRODUCCION

El cultivo de arroz en nuestro país en la actualidad se efectúa en las siguientes 14 entidades, las cuales en orden decreciente por sus rendimientos (ton/ha) son: Morelos (9.9), Estado de México (8.7), Jalisco (6.4), Tamaulipas (6.3), Colima (6.0), Michoacán (5.8), Nayarit (5.7), Oaxaca (5.0), Veracruz (4.9), Quintana Roo (4.1), Campeche (3.2), Tabasco (3.0), Guerrero (2.6) y Chiapas (2.1). Entre los estados de Campeche, Veracruz y Tabasco se siembra el 76.6% de la superficie y en las mismas tres entidades se cosecha el 65.8% de la producción nacional. (INEGI, 2007).

Los sistemas de cultivo de arroz que prevalecen en nuestro país son los de temporal y temporal con riegos de auxilio en el trópico húmedo cálido, y de riego por trasplante y riego por siembra directa en el trópico árido cálido. El cultivo de arroz de temporal en el trópico húmedo cálido es el más importante de los cuatro, ya que casi el 70% del total de la superficie nacional se siembra bajo estas condiciones (Tavitas, 2007).

La variedad que actualmente se siembra en mayor superficie en nuestro país es Milagro Filipino Depurado, la cual responde en el trópico húmedo bajo riego y temporal y en el trópico seco únicamente bajo condiciones de riego; su grano es grueso, mediano y con 10% de “panza blanca” de cuyo cultivo se obtiene el

mayor volumen de producción; le siguen en importancia las variedades de la serie Morelos, también de grano grueso pero de mayor tamaño y con el 20% de “panza blanca”, y por último las variedades de grano delgado y simétrico cristalino del tipo Sinaloa que en la actualidad se siembran en una mínima superficie. La producción nacional en la actualidad depende principalmente del cultivo de variedades de granos gruesos, Milagro Filipino y Morelos, cuyo volumen asciende al 20% de la demanda nacional y su consumo se efectúa básicamente en la región centro del país; el restante 80% de la demanda nacional es de granos largos delgados del tipo Sinaloa. (Hernández, 2004).

Para el año 2007 en nuestro país sólo se produjeron alrededor de 230,000 ton, de ahí que para cubrir la demanda será necesario importar aproximadamente 903,000 ton en 2008 de grano delgado, con la consiguiente fuga de divisas de más de \$ 2 millones de dólares estadounidenses, (INEGI, 2007).

Hasta fines de la década de los años ochenta del siglo pasado México fue autosuficiente en la producción de arroz; sin embargo debido a los compromisos internacionales en los que nuestro país ha sido involucrado, primero con su participación en el Acuerdo General de Comercio y Comercio (GATT, 1989), y luego con la puesta en operación del Tratado de Libre Comercio para América del Norte (TLCAN, 1994); como consecuencia del primer compromiso inmediatamente al año siguiente (1990), México fue obligado a suspender los precios de garantía

en la producción de los cuatro granos básicos entre estos el del arroz, por lo que de inmediato este cultivo dejó de ser rentable, y cuando los productores arroceros apenas se estaban recuperando de los efectos del GATT, en Enero de 1994 entró en vigor el TLCAN por lo que se aceleró la importación masiva de arroz de grano delgado altamente subsidiado, tanto para su producción como para su comercialización, y la “puntilla” se produjo con la apertura comercial en 2000, en que México abrió la frontera a las importaciones de arroz de grano delgado de Estados Unidos libre de aranceles, cuyos efectos se reflejaron en el desplome de la producción nacional por lo que la balanza comercial de este cereal fue severamente afectada como nunca en toda la historia arrocerera de nuestro país.

Ante esta situación, México dejó de ser competitivo en la producción de arroces delgados, ya que por las asimetrías existentes entre los apoyos que reciben los arroceros mexicanos para su producción y comercialización que son muy bajos en comparación con los altos subsidios que el gobierno estadounidense da a sus productores, esto trae como resultado que el gobierno federal haya optado por la importación de este cereal en lugar de apoyar la investigación y producción del mismo. Esta decisión se ha reflejado en una drástica reducción de las áreas dedicadas al cultivo de arroz de grano delgado tanto en las áreas de riego como en las de temporal, cuyas consecuencias han sido desastrosas para nuestro país como la pérdida de la autosuficiencia en este cereal, incremento progresivo de las importaciones del grano calidad Sinaloa, reducción de la tasa de

crecimiento de la producción del mismo, estancamiento absoluto y contracción de la producción arroceras, pérdida abrupta o paulatina de puestos de trabajo en el campo y en la industria, aumento de la migración rural en edad productiva a las ciudades y a Estados Unidos, y mayor desigualdad, polarización y concentración del ingreso rural. Esta situación ha afectado el desempeño de la Cadena Agroalimentaria Arroz a nivel nacional, cuyos efectos se han manifestado en una enorme reducción y en el desplome de la producción nacional de arroz.

Debido al abatimiento de la producción nacional de arroz delgado tipo Sinaloa, los pocos productores que han subsistido habían estado aprovechando los nichos de mercado de arroces gruesos que han venido siendo cubiertos con la producción de las variedades de la serie Morelos y de Milagro Filipino; incluso como el arroz Milagro es más barato que el arroz Morelos, los comercializadores de arroz Milagro hacen mezclas de éstos en diferentes proporciones con los arroces Morelos, o de plano en algunos casos usurpan el nombre de Morelos etiquetando los envases que contienen arroz Milagro con la leyenda “arroz Morelos”; estos casos constituyen en sí actos de fraudes comerciales, pero lo que es más deleznable es el hecho de que en los dos últimos años 2006 y 2007, el arroz importado haya estado invadiendo los nichos que tradicionalmente habían tenido los arroces de grano grueso mediante el plagio del nombre “arroz Morelos” en los envases del arroz estadounidense; las consecuencias de este desleal mercadeo, son las que hasta Enero de 2008 los industriales arroceros de Morelos

Mantuvieran en sus bodegas los mayores volúmenes de las cosechas de los años de 2006 y 2007, debido a que no habían podido vender esos volúmenes precisamente por la invasión de arroces estadounidenses de menores precios que el arroz de la calidad Morelos.

Por esta situación, es urgente que se consideren nuevas alternativas enfocadas a incrementar la producción de arroz de grano delgado; de ahí la necesidad de seleccionar nuevas variedades con este tipo de grano con alto potencial de rendimiento, para que su cultivo sea más rentable, y así se recuperen paulatinamente las áreas que han sido abandonadas, se recuperarán las fuentes de trabajo en el campo y en la industria, lo que reflejará en el aumento de la producción de este cereal, se reducirá la importación, se aspirará a recuperar la autosuficiencia y soberanía en arroz y se evitará la fuga de divisas que son tan necesarias para el mejoramiento de la economía nacional. Por esta razón fue establecida esta investigación con la finalidad de coadyuvar a estas metas mediante la selección de nuevas líneas de arroz de alto potencial de rendimiento y de grano delgado de buena calidad industrial, de las cuales las mejores, se podrán convertir en nuevas variedades con estas características, las cuales se podrán sembrar bajo las condiciones ambientales de las diferentes regiones productoras de nuestro país.

I.I OBJETIVOS

I.I.I Objetivo general

Seleccionar nuevos genotipos en los que se combinen alto potencial de rendimiento y buena calidad de grano.

I.I.2 Objetivos específicos

Identificar líneas uniformes de arroz de grano largo de dos grupos de materiales genéticos generados por el FLAR que son VIOFLAR 2005 y VIOFLAR 2006.

Seleccionar los mejores genotipos de grano largo en condiciones de campo mediante la interacción genotipo por medio ambiente, principalmente por su potencial de rendimiento, tipo de planta, y calidad molinera y culinaria del grano.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ORIGEN DEL ARROZ

El arroz se originó en el súper continente denominado Gondwana, y cuando este se rompió y se separó para convertirse en territorios que ahora conforman Sudamérica, África, Antártica, Australia, Malasia, India, Indonesia (Sumatra, Borneo y Java), y otros países del sur y sureste de Asia, los diferentes zacetes de la tribu de las Oriceas se dispersaron hacia varias regiones lo que dio lugar a 15 géneros de arroz. De estos, el llamado *Oryza* es el único importante al que pertenecen 21 especies hasta ahora identificadas (Khush, 2000), de las cuales 19 son silvestres y sólo dos son cultivadas, que son el arroz asiático (*O. sativa* L.) y el arroz africano (*O. glaberrima* Steud). Ambas especies proceden de un mismo ancestro común, (Chang, 1976; citado por Hernández, 1992).

Angladette (1969) ubica como centro de origen del arroz asiático (*O. sativa* L.) al sureste de Asia, concretamente en la zona de los grandes Lagos de Camboya. A partir de esta área el arroz se propagó rápidamente a China y Corea, y de ahí fue llevado a Japón. Paralelamente, del sur de la India fue llevado a Sri-Lanka (antes Ceilán) de donde fue introducido a la cuenca Mediterránea, y fueron los árabes quienes lo llevaron a España durante su dominación, y posteriormente

fue traído al Continente Americano por los conquistadores; a la Nueva España fue traído poco después de la Conquista en 1521 a través de una de sus subespecies, la Japónica. *O. sativa* L. es descendiente directa de las especies silvestres *O. rufipogon* Griff y *O. nivara* Sharma et Shastry que son perenne y anual, respectivamente, y antes de su domesticación, hace unos siete mil años, ocurrió una hibridación introgresiva con otro zacate anual de la especie *O. stapfii* Roschev. Por su parte el arroz africano (*O. glaberrima* Steud.), desciende indirectamente de *O. longistaminata* Chev. y Roer que es una especie perenne y directa de *O. breviligulata* Chev. y Roerich que es anual. (Figura No. 1).

De acuerdo con las regiones y climas donde fue domesticado el arroz asiático (*O. sativa* L.), éste se diferenció a su vez en tres subespecies a razas geográficas: Indica que es el arroz tropical, cuyas plantas fueron originalmente altas mientras que su grano es largo cristalino; Japónica, que es el arroz de las áreas templadas con plantas de altura intermedia con granos cortos, redondos y glutinosos, y Javánica, que es una especie a la cual pertenecen los arroces de tipo intermedio entre Indica y Japónica, tanto en tipo de planta como de la forma, tamaño y textura del grano, (Hernández, 1992).

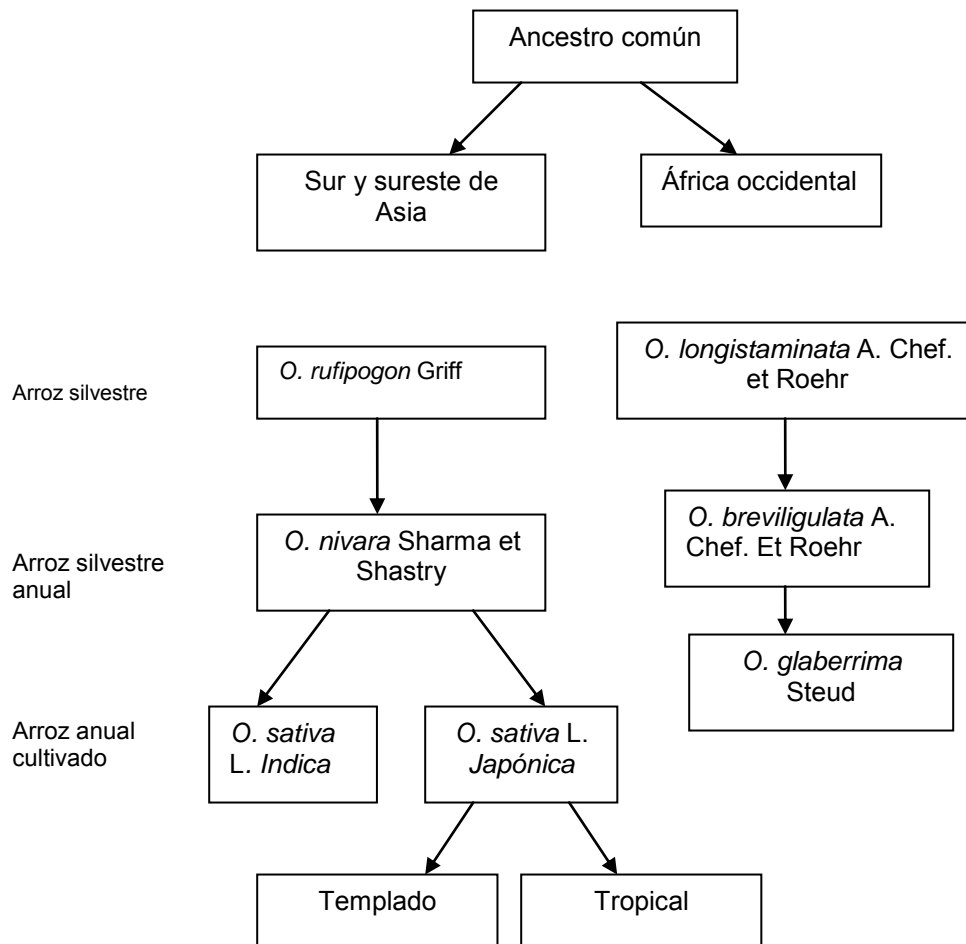


Fig. (1) Evolución de las dos especies cultivadas de arroz (*Oryza sativa* L. y *Oryza glaberrima* Steud.), Khush, 2000.

El arroz asiático (*O. sativa* L.) está representado a través de un sinnúmero

de variedades por lo que se halla distribuido en casi todo el mundo. Los taxónomos chinos habían reconocido dos grupos varietales desde la dinastía Han correspondientes a las subespecies Indica y Japónica. Sin embargo, de acuerdo con una clasificación realizada por Kato *et al*, (1928), los cultivares de las subespecies Indica y Japónica difieren en muchas de sus características al ser comparadas con las variedades típicas de ambas especies, por lo que se ha podido observar que existe una amplia variación. (Morinaga, 1954), propuso un tercer grupo que incluye variedades Bulú y Guntil de Indonesia bajo la nominación como subespecie Javánica. Otros especialistas han integrado a la subespecie Javánica en un nivel taxonómico intermedio entre las razas Indica y Japónica.

El arroz asiático (*O. sativa* L.) y el arroz africano (*O. glaberrima* Steud.), son un buen ejemplo de la evolución paralela de las plantas cultivadas. Los progenitores silvestres de *O. sativa* L. son las especies silvestres comunes asiáticas *O. rufipogon* Griff y *O. nivara* Sharma y Shastry; la primera muestra un rango de variación entre los tipos anual y perenne, y la segunda es anual, de la que se originó y domesticó *O. sativa* L. En una forma de evolución paralela, *O. glaberrima* Steud, se originó de *O. breviligulata* Chev. y Roerich que es una especie anual, y ésta a la vez se desarrolló de *O. longistaminata* Chev. y Roerich que es perenne, (Khush, 2000).

El arroz silvestre *O. rufipogon* Griff conocido como “arroz rojo” se distribuye

desde Pakistán hasta China e Indonesia, donde existen poblaciones variantes entre tipos perennes y anuales con características notablemente diferentes en sus respectivos ciclos de vida, (Oka, 1988). Existen otros pequeños tipos perennes que se distinguen por su alto radio de entrecruzamiento pero se caracterizan por sus bajos niveles de producción de semilla incluyendo algunos tipos anuales. En las zonas monzónicas de Asia, los tipos perennes crecen en pantanos profundos con gran retención de agua a lo largo del año; los tipos anuales crecen en terrenos inundables durante la temporada de lluvias las cuales se secan en la estación de estiaje. Por lo general la mayoría de las especies silvestres que se cruzan bajo condiciones naturales con arroz cultivados producen abundantes semillas híbridas en el campo.

La domesticación de las especies silvestres se inició probablemente hace alrededor de 9,000 años; las del ciclo anual se desarrollaron en diferentes elevaciones sobre el nivel del mar en el oriente de la India, noreste y sudeste de Asia y sureste de China, durante el lapso de unos 10,000 a 15,000 años, se fueron ambientando a los efectos de períodos de sequía y a la variación de la temperatura, (White, 1972). La domesticación del arroz asiático (*O. sativa* L.) en Asia pudo haber ocurrido independiente y concretamente en muchos sitios dentro de un amplio orden de ambientes, desde las extensas planicies bajas orientales hasta las que se ubican al pie de las montañas del Himalaya en India, así como en las zonas correspondientes al norte de Tailandia, Laos y Vietnam, y en el sur y sureste de China, (Chang, 1976; Ramiah, 1937, y Roschevitz, 1931).

En la parte oriental de Asia, el arroz se desarrolló en los espacios que existen entre los bosques de una amplia gama de sistemas cambiantes de cultivo; la siembra del arroz probablemente se inició en forma directa con estables niveles de agua. Es probable que posteriormente en China se hicieron labores rudimentarias de preparación del suelo y trasplante de plántulas; estas labores posteriormente se fueron refinando a través de prácticas más avanzadas, y de esta forma ocurrió la verdadera domesticación del arroz. En contraste, en el sureste de Asia, el arroz originalmente se producía en suelos secos en condiciones de temporal; sin embargo, fue en tiempos más recientes cuando se logró su gran desarrollo en los deltas de los ríos de aquel Continente. El inicio de la lingüística desde épocas muy remotas, también es una evidencia de que el origen y domesticación del arroz fue en Asia, donde en muchas leguas regionales asiáticas, los términos generales sobre “arroz y comida”, así como “arroz y agricultura”, prácticamente son sinónimos.

Solheim, (1972), por medio del estudio de fragmentos de cerámica descubiertos en la zona de Non Nok Tha de la región del Korat en Tailandia, en los que se hallaban incrustados e impresos granos y cáscaras de arroz, y a través de estas evidencias arqueológicas concluyó que la domesticación de *O. sativa* L. ocurrió en esa área del sudoeste de Asia; y de acuerdo con las pruebas de C 14 (Carbono 14), los fragmentos datan del año 4,000 a.C. En India se han encontrado granos carbonizados de arroz que datan de alrededor del año 6,750 a.C. (Sharma

y Manda, 1980); por otro lado en excavaciones realizadas en la localidad de Mohanjodaro (ahora Pakistán), se han encontrado muestras de granos de arroz con una antigüedad de 2,500 años a.C., de ahí que India indudablemente constituye uno de los países de Asia donde *O. sativa* L. se ha venido cultivando desde hace mucho tiempo, (Andrus y Mohamed, 1958). La antigüedad del arroz en China ha sido un tema sujeto a diversos debates, estimándose que este cultivo data aproximadamente del año 5,000 a.C. (Chang, 1976), ya que de acuerdo con los análisis de granos carbonizados encontrados en la localidad de Tongxieng provincia de Zhejiang, indicaron que éstos datan de hace aproximadamente de entre 6,960 y 7,040 años.

El arroz cultivado africano (*O. glaberrima* Steud.), tiene su centro primario de diversidad en la zona pantanosa de la cuenca del río Níger en África Occidental, y además cuenta con dos centros secundarios en el suroeste de ese Continente ubicados cerca de la costa de Nueva Guinea. El centro primario se formó alrededor del año 1,500 a. C., mientras que los centros secundarios ocurrieron aproximadamente 500 años más tarde, (Porteres, 1956).

2.2 INTRODUCCIÓN DEL ARROZ EN MÉXICO

Durante la época de la Colonia y procedente de España se llevó a cabo la primera introducción del arroz a nuestro país a través de la sub-especie Japónica;

sin embargo debido a las características pegajosas del grano aparentemente no fue del agrado de los primeros mestizos durante la Colonia y consecuentemente el cultivo no tuvo el desarrollo que inicialmente se pensó. El arroz Japónica se ha cultivado desde hace varios siglos en la cuenca del mar Mediterráneo incluyendo desde luego a España; el grano de esta subespecie es corto, oblongo y con alto contenido de amilopectina, razón por la que al cocinarse éste se pega y apelmaza.

Fue hasta el siglo XVII, mediante las travesías del Galeón Español que navegaba de Manila, Filipinas a Acapulco y viceversa, cuando se introdujo a México el arroz de la subespecie Indica, cuyo grano es delgado, cristalino y con alto contenido de amilosa en lugar de amilopectina, por lo que al cocinarse los granos se esponjan y permanecen separados; esta característica sí fue del agrado de la población mexicana de esa época y esto propició el desarrollo del cultivo a nivel comercial. Se tienen referencias de que para el siglo XIX este cereal ya se sembraba en pequeñas parcelas en algunas zonas de Guerrero y Veracruz, y fue en 1830 cuando Don Ricardo Sánchez introdujo algunos ecotipos de arroz para su cultivo a la zona de Jojutla que se ubica en la zona sur del actual estado de Morelos, de donde la siembra se extendió paulatinamente a otras entidades del país. A la fecha todavía se siembran algunos ecotipos ahora llamados arroces criollos en las zonas arroceras de subsistencia de los estados de Tabasco, Veracruz, Guerrero, Chiapas, Colima y Nayarit, (Hernández, 1992).

2.3 REGIONES Y ESTADOS PRODUCTORES DE ARROZ EN MÉXICO

Entre los granos básicos el cultivo de arroz en nuestro país ocupa en cuanto a superficie, producción y consumo, el cuarto lugar después del maíz, frijol y trigo. (Cuadro No. 1).

Cuadro No. 1 Producción Nacional de cultivos básicos, Año oferta 2007

Cultivo	Superficie (miles de ha)		Producción obtenida (miles/ton)	Rendimiento (t/ha)
	Sembrada	Cosechada		
Maíz	1,887.5	923.89	2,124.95	2.3
Frijol	295.3	250.7	325.91	1.3
Trigo	638.4	527.2	2,478.17	4.7
Arroz	72.07	64.010	289.00	4.5

Nota: Se considera como año-oferta la acumulación de resultados de los ciclos primavera-verano y otoño-invierno.

Fuente: SAGARPA. Servicio de información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera. (www.siap.sagarpa.gob.mx).

Hernández y Tavitas (2006), mencionan que el arroz se siembra en las regiones agroclimáticas del trópico húmedo, sub-húmedo y seco del país, que se diferencian fundamentalmente por sus regímenes termo-pluviométricos y las fuentes de suministro de agua para satisfacer sus necesidades hídricas del cultivo, las cuales aunque son contrastantes sin embargo debido a la fisiología de la planta de arroz, ésta se adapta a diferentes condiciones de suelo, agua y clima.

Estas regiones son el trópico seco, (donde se ubican las entidades: Sinaloa, Jalisco, Michoacán, Guerrero, estado de México, Morelos, Puebla, Nayarit y Colima, estos dos últimos presentan algunas zonas que reúnen condiciones para que se les catalogue como trópico sub-húmedo), y por la baja precipitación que en ellas se registra, el arroz requiere del suministro artificial del agua mediante el riego durante todo el ciclo del cultivo. El trópico húmedo (en donde se hallan los estados de Veracruz, Oaxaca (área de Tuxtepec), Tabasco y Campeche) y sub-húmedo (Tamaulipas y Chiapas), caracterizadas por las altas precipitaciones que en términos generales son abundantes pero irregulares en cuanto a distribución y frecuencia durante el año; en este ecosistema el cultivo se realiza en condiciones de temporal, con excepción de algunas zonas en donde se cuenta con algo de infraestructura de riego y pueden darse riegos de auxilio al cultivo sobre todo en la época de la canícula o sequía intraestival (Fig. 2).



Fig. 2. Regiones y entidades productoras de arroz en México.

2.3.1 Sistemas de producción

En México los sistemas de producción de arroz están definidos por la fuente de suministro de agua y la forma en que se establece y maneja el cultivo; de esta forma se tienen las cuatro modalidades que se describen a continuación:

2.3.1.1 Temporal

Es el sistema de producción más importante, ya que representa el 70% de

la superficie total cosechada en México, éste depende del 100% de la lluvia y se lleva a cabo en áreas con suelos arcillosos donde se registran precipitaciones pluviales que oscilan de 1000 a 1400 mm durante el ciclo primavera-verano, con un mínimo del 80% de la misma durante el período normal de lluvias y el 20% restante en el ciclo de otoño-invierno. Los estados donde se produce arroz de temporal son: Campeche, Veracruz, Tabasco, Chiapas, Oaxaca, Nayarit y Colima. (Rodríguez, 2003).

2.3.1.2 Temporal con riegos de auxilio

La variación entre el sistema de temporal común y el de temporal con riegos de auxilio, consiste en que este último incluye la construcción de infraestructura, tanto para el manejo del agua de lluvia como para capturarla y suministrarla al cultivo mediante riegos de auxilio cuando ocurren períodos de sequía durante el desarrollo del cultivo, con la finalidad de mantener los suelos saturados durante la fase vegetativa e inundados durante la etapa reproductiva de las plantas.

En la actualidad, este sistema sólo se utiliza en áreas que cuentan con fuentes de abastecimiento de agua, ya sea superficial a través de micro-cuencas o de pozos profundos. Es necesario recalcar que en el sureste de México se concentra el 60% de los recursos hídricos provenientes de diferentes ríos, entre

estos el Grijalva, el Usumacinta y sus afluentes; por lo tanto es incongruente que habiendo tanta agua en esa región los cultivos de arroz de temporal sufran por deficiencias de este insumo-recurso. Precisamente porque esa región cuenta con este recurso en forma natural, única en todo el país, se estima que este sistema de producción podría ampliarse considerablemente en los próximos años, como ya ha ocurrido en la zona de Palizada del estado de Campeche, donde en 1999 y principios de la presente década, alrededor del 20% de la superficie arroceras corresponde al sistema de temporal con riegos de auxilio. El 5% de la superficie cosechada total en nuestro país corresponde a este sistema de cultivo.

A excepción de la sequía, en este sistema de producción, los factores limitantes de la producción son similares a los que presentan en el cultivo de arroz de temporal; sin embargo, surge como limitante la tecnificación del uso y manejo del agua proveniente tanto de las lluvias como del suministro al cultivo mediante el riego. (Rodríguez, 2003)

2.3.1.3 Riego por siembra directa.

La importancia de este sistema de producción estriba en que representa el 20% de la superficie total que se cultiva con arroz en nuestro país, del cual el 12 % corresponde al ciclo de primavera-verano y 8% al de otoño-invierno, (Hernández, 2008). Este sistema de cultivo, como su nombre lo indica, depende del suministro artificial de agua para el desarrollo y producción, la cual puede provenir de fuentes

superficiales o de pozos profundos. En las diferentes zonas arroceras ubicadas en el trópico seco donde el cultivo de arroz se riega por gravedad, durante el ciclo de primavera-verano este sistema de cultivo se efectúa en los estados de Colima, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Nayarit y Sinaloa; y en el mismo ciclo pero en las áreas correspondientes a los trópicos húmedo y subhúmedo, el arroz por siembra directa se maneja principalmente en el estado de Tamaulipas. Por lo que se refiere al ciclo otoño-invierno en las zonas del trópico seco, este sistema se establece y maneja en los estados de Colima, Jalisco, Michoacán, Nayarit y Sinaloa, y en el mismo ciclo de cultivo pero en las áreas correspondientes al trópico húmedo y subhúmedo, este sistema se realiza en los estados de Campeche, Chiapas, Tabasco y Tamaulipas.

En la región del trópico seco, donde en su mayoría se efectúa este sistema de producción, el principal factor limitante es la escasez de agua, desde la siembra y durante las principales etapas fenológicas del cultivo: plántula, amacollamiento, elongación de tallos e inicio de formación de panícula; en el trópico húmedo, donde se cuenta con abundante agua superficial de buena calidad, el principal factor limitante es la carencia de infraestructura y tecnología apropiada para el manejo eficiente del agua de riego, (Rodríguez, 2003)

2.3.1.4 Riego por trasplante

Este sistema de producción representa sólo el 5% de la superficie total que se cultiva con este cereal en nuestro país, y prácticamente está supeditado a algunas áreas de minifundio en los estados de México, Morelos y Guerrero, que se ubican en región del trópico seco, así como en el centro del estado de Veracruz. Entre los factores limitantes de este sistema de cultivo, destacan las restricciones de agua para la adecuación del terreno y el trasplante, así como en las etapas iniciales del cultivo de plántula y amacollamiento. Este sistema de producción tiene la desventaja de que sus costos de cultivo son muy altos debido a que casi todas las labores se realizan manualmente, y por lo mismo tiende a ser substituido por el método de siembra directa bajo riego, (Hernández, 2008).

2.4. MORFOLOGÍA DE LA PLANTA DE ARROZ

La Universidad de Filipinas (1979) describió la planta de arroz como un zacate anual con tallos redondos y huecos, hojas bastante planas y su inflorescencia consta de una panoja o panícula terminal. La planta está adaptada para crecer en suelos inundados, pero también puede hacerlo muy bien en suelos no anegados.

Morfológicamente la planta de arroz se compone de un sistema radicular de

tipo fibroso, compuesto de radículas y vellos radiculares; posee raíces adventicias que se forman en los nudos subterráneos; las raíces se desarrollan muy superficialmente en los primeros 20 cm abajo del suelo. La planta es un zacate con tallos delgados formados por una serie de nudos y entrenudos ordenados alternamente. El nudo lleva una hoja y una yema que puede desarrollarse para constituir un vástago o hijuelos, éstos se desarrollan a partir del tallo principal en orden alterno, pueden haber primarios, secundarios y terciarios; al conjunto de hijuelos se les denomina macollos. La hoja del arroz está constituida por una vaina foliar y limbo; este último es largo, estrecho y plano; por lo general casi siempre es pubescente en el arroz asiático (*O. sativa*), o provista de vello como el arroz africano (*O. glaberrima*). Las plantas poseen pequeños apéndices o aurículas en forma de oreja, son de tipo plumoso y permiten diferenciar al arroz de otras gramíneas. La panícula es un grupo de espiguillas nacidas en el nudo superior del tallo, está formada por una rama principal o raquis de la cual se desarrollan diversas ramificaciones de donde brotan las espiguillas o florecillas hermafroditas, las cuales están formadas por dos glumas externas (lemas estériles) muy pequeñas, la florecilla crece por encima de algunas glumas y consta de seis estambres, en cada uno de éstos hay una antera donde se desarrolla el polen; y un pistilo formado por dos estigmas cuya estructura es plumosa y nace en el estilo, y un ovario. Cada florecilla está cubierta por dos estructuras duras llamadas lema y palea. Por ser el arroz una planta con flores hermafroditas, la polinización es autogámica, es decir en cuanto maduran ambos órganos, el masculino y el

femenino, las anteras se abren y el polen cae por gravedad sobre los estigmas, en donde se desarrolla el tubo polínico el cual fecunda al ovario dando origen cada espiguilla a un nuevo grano o semilla que constituye una cariósida formada por la unión de un embrión y el endospermo; la lema y la palea constituyen la cáscara de éste, y el grano de arroz con cáscara se conoce como arroz palay.

2.4.1 PREFERENCIAS EN EL CONSUMO DE ARROZ EN MÉXICO

Rodríguez (2003), indica que en nuestro país la población tiene preferencias definidas en cuanto a los tres tipos de grano del arroz que consume, situación que origina que haya tanto regiones cautivas como mercados seguros para la comercialización de cada uno de ellos. El arroz de grano grueso y largo con 20% de “panza blanca” (calidad Morelos) es de excelente calidad tanto molinera como culinaria; se consume principalmente en los estados de Morelos, en el Distrito Federal, Colima, Jalisco, Aguascalientes, y Guanajuato.

El arroz de grano grueso mediano con 10% de “panza blanca” representado por la variedad Milagro Filipino, se consume por la población de los estados de San Luis Potosí, Querétaro, Hidalgo, Puebla, Tlaxcala, estado de México, Michoacán y Guerrero. El tipo de grano de esta variedad, aunque es de menor tamaño y su “panza blanca” sólo cubre el 10% del endospermo en comparación con el arroz calidad Morelos. El arroz calidad Milagro se vende a menor precio que

el arroz calidad Morelos; sin embargo debido a la “panza blanca” aunque de menor porcentaje que en el endospermo del arroz Morelos algunos comercializadores los mezclan en diferentes proporciones y a éstas las venden como arroz calidad Morelos con lo que obtienen mayores precios, sin embargo con esas acciones cometen fraudes contra el público consumidor, no obstante a la fecha se desconoce si la Procuraduría Federal del Consumidor (PROFECO) ha aplicado los castigos correspondientes.

Los mayores volúmenes de arroz que adquiere y consume la población mexicana son del tipo largo delgado, del cual lamentablemente en la actualidad se producen en México muy bajos volúmenes, por lo que tiene que importarse de los Estados Unidos. Curiosamente, los estados de Campeche, Veracruz y Tabasco, que generan el 58% de la producción nacional con la variedad Milagro Filipino, no consumen este tipo de grano, sino prefieren el arroz delgado cristalino tipo Sinaloa, (Rodríguez, 2003).

2 .5. ADAPTABILIDAD FISIOLÓGICA DE LAS VARIEDADES DE ARROZ AL CLIMA

Vergara (1976), mencionó que las características necesarias de las variedades para una amplia adaptabilidad a los factores del clima son: insensibilidad a la longitud del día, tolerancia a cambios de la temperatura, bajo

porte de planta, y resistencia a sequía. Con la conjugación de las características anteriores en una determinada variedad, el rendimiento del grano podría aumentar en áreas marginales como zonas de temporal con deficiente precipitación, áreas con suelos ácidos, zonas propensas a inundaciones abruptas o de aguas profundas, regiones en las cuales suelen presentarse bajas temperaturas durante las etapas reproductivas de las plantas; por eso para aumentar la adaptabilidad del cultivo de arroz a esas áreas de condiciones contrastantes, es necesario seleccionar una gran cantidad de líneas con respuesta favorable a esos estreses para que se tenga la probabilidad de que algunas de ellas puedan convertirse en variedades comerciales. Mediante el mejoramiento genético puede modificarse el tipo de planta, y mediante su evaluación bajo las condiciones ambientales de referencia pueden seleccionarse aquellos genotipos con mayores posibilidades de adaptabilidad.

Chang y Oka (1976), asentaron que por lo general el rango de adaptabilidad de una variedad cultivada puede ser evaluada desde dos puntos de vista: por su rendimiento medio y estabilidad a través de su evaluación bajo diferentes ambientes. La insensibilidad al fotoperíodo de un determinado genotipo ha sido un factor que en forma determinante ha contribuido a lograr la estabilidad de rendimiento en cultivos establecidos tanto en el ciclo de primavera-verano como en el de otoño-invierno; otros atributos no menos importantes incluyen la habilidad de amacollamiento y su respuesta a los cambios de temperatura, que suelen

afectar la fertilidad de las espiguillas de las panículas. Estos mismos autores también mencionaron que la estabilidad de rendimiento a través de la amplia adaptación de un genotipo, puede ser mejorada por la selección consecutiva de progenies segregantes cultivadas en diferentes temporadas del año.

La Universidad de Filipinas (1979), mencionó que mediante la realización de las siembras durante la época de los monzones (ciclones), las variedades mejoradas de arroz bien manejadas producen rendimientos de 5 a 6 ton/ha de grano, demostrándose así que es posible incrementar sus rendimientos en los trópicos. La misma institución agregó que para que una determinada variedad sea de mayor utilidad a los productores, son muchas las características que se les deberían incorporar a través del mejoramiento genético, tales como adaptación a la variación de la duración de la longitud del día, del período de crecimiento para adaptarse a las diversas condiciones que prevalecen en los trópicos, tolerancia a bajas temperaturas, resistencia a enfermedades e insectos, tolerancia a sequía, latencia del grano y mejores características concernientes a la calidad del grano, incluyendo una aceptable recuperación de granos pulidos enteros y facilidades para su cocción.

2. 6 MEJORAMIENTO GENÉTICO DEL ARROZ EN MÉXICO

En nuestro país, el mejoramiento genético del arroz de la raza Indica se

inició en 1947 (mediados del siglo XX) a través del Instituto de Investigaciones Agrícolas (IIA). Las primeras fuentes germoplásmicas que sirvieron de base a esta disciplina, estuvieron constituidas por los ecotipos remanentes de las variedades introducidas por don Ricardo Sánchez a Jojutla, sobre las cuales, mediante la aplicación del método de selección de línea pura, se liberaron las primeras variedades mexicanas Jojutla Mejorado y Morelos A70 con índices de cosecha de 35:65 y 40:60 (porcentajes de grano y paja), respectivamente, las cuales eran de ciclo muy largo de 180 hasta 200 días de la siembra a la cosecha, y como poseían el carácter de fotosensitividad sólo se podían cultivar en el ciclo de primavera-verano, (Barletti, 1956; Paredes, 1973). Sin embargo como en la planta de arroz, al igual que en la mayoría de las plantas autógamias se presenta un alto grado de homocigosis, que incide en que su variabilidad genética natural sea muy baja, de ahí que en 1975 el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) haya establecido el programa de cruzamientos intervarietales con la finalidad de modificar las características morfológicas y genéticas de las plantas de las líneas puras generadas por selección individual, y de esta forma aprovechar la segregación de caracteres propiciados por la interacción genotipo x medio ambiente para poder realizar la selección de genotipos a través de varias generaciones hasta la obtención de nuevas líneas homocigotas, en las que se combinaran las características de dos o más progenitores elegidos previamente por sus características de interés agrícola e industrial.

Durante los últimos 30 años el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) e instituciones antecesoras (IIA e INIA), han realizado en el mejoramiento genético convencional del arroz, más de dos mil quinientas recombinaciones (principalmente cruza simples y triples), en las que han sido involucrados diferentes progenitores donadores de alto potencial de rendimiento con índices de cosecha 50:50 (50% de grano y 50% de paja), con genes de enanismo y semi-enanismo para resistencia al acame y con resistencia a enfermedades como la “quema del follaje o avenamiento del grano” causada por el hongo *Magnaporthe oryzae* (Hebert.) comb. nov. Barr. (Antes *Pyricularia oryzae* Cav.), con el carácter de fotoinsensibilidad, mayor precocidad, alto potencial de rendimiento, y mejor calidad del grano en las nuevas variedades para riego, y similares características en las nuevas variedades de temporal, así como aceptable nivel de tolerancia a sequía, (Tavitas y Hernández, 2000).

A través de la aplicación de los métodos de selección genealógica y/o de la combinación de éste con el de “bulk modificado”, usados como seguimiento de los programas de cruzamientos hasta la obtención de líneas puras, las primeras variedades endogámicas o convencionales generadas en nuestro país fueron Campeche A80 para temporal en el sureste, Culiacán A82 para siembra directa en el noroeste, y Morelos A83 para riego por trasplante en la región central. Las dos primeras, fueron ampliamente cultivadas en nuestro país en la década de los 80's, e inclusive Campeche A80 se llegó a sembrar en la década de los 90's en la

República de Trinidad y Tobago; sin embargo, Morelos A83 no llegó a cultivarse a nivel comercial debido a que se tornó susceptible a la enfermedad “quema del follaje o avanamiento del grano” (*M. grisea*) y porque su grano era largo tipo Sinaloa y no fue del agrado de los industriales molineros del estado de Morelos, (Tavitas y Hernández, 2000).

Posteriormente y hasta mediados de la presente década de los 2000's, los resultados de estos programas de fitomejoramiento, se han reflejado en la generación de más de 40 nuevas y mejores variedades, en las que se han combinado diversos caracteres como el índice de cosecha 50:50 (50% de grano y 50% de paja), mayor potencial de rendimiento, insensitividad a fotoperíodo por lo que las nuevas variedades ahora se pueden cultivar tanto en el ciclo de primavera-verano como en el de otoño-invierno sin que los cambios de la longitud del día afecten su desarrollo y productividad; además poseen amplio espectro de resistencia a enfermedades (*M. grisea*), aceptable respuesta a la aplicación de fertilizantes nitrogenados, mayor precocidad (de 135 a 150 días de la siembra a la cosecha) y su grano es de mejor calidad industrial, (Tavitas y Hernández, 2000).

No obstante, la generación de nuevas variedades de arroz con alto potencial de rendimiento en otras partes del mundo, ha influido negativamente en una notable reducción de la base genética de varios de los nuevos cultivares, debido a que en diversos países muchos agricultores han abandonado la siembra de

variedades tradicionales las cuales poseían gran diversidad genética, y consecuentemente muchas de las variedades que actualmente se están cultivando comercialmente, se han tornado vulnerables al ataque de diferentes patógenos, (Loresto y Jackson, 1992).

Otra de las causas de la vulnerabilidad que algunos cultivares mejorados de arroz están presentando, consiste en la erosión genética que está ocurriendo en aquellos casos en que una sola variedad se esté sembrando en extensas superficies y a que las enfermedades crean nuevas razas fisiológicas más agresivas, esto ha acontecido sobre todo si el nivel de resistencia de las variedades era reducido, y esto ha repercutido en la reducción de los niveles de rendimiento y sobre todo en enormes pérdidas de las cosechas, (Tavitas, 2001).

2.7. BANCO NACIONAL DE GERMOPLASMA DE ARROZ

Con la finalidad de coadyuvar a la conservación y utilización de los recursos genéticos de arroz, el INIFAP a través del Campo Experimental Zacatepec, en 1993 estableció el Banco Nacional de Germoplasma de Arroz, cuyo objetivo es el de contar con una amplia diversidad de genes que representen un gran apoyo a los fitomejoradores para la generación de nuevos cultivares con alto potencial de rendimiento y buena calidad del grano en combinación con mayor espectro de resistencia a las enfermedades, y de esta manera coadyuvar al logro de una agricultura arrocera más rentable, dinámica y sostenible.

La introducción y/o colecta de germoplasma de arroz, puede ser a solicitud expresa del INIFAP, o bien debido a remesas espontáneas de otras instituciones u otros programas del país o del extranjero, así como material proveniente de colectas de ecotipos o de arroces criollos que se cultivan en forma tradicional o de subsistencia en algunas regiones de nuestro país, (Tavitas, 1996).

Todo el material que se introduce a México se realiza a través del Banco Nacional de Germoplasma de Arroz, de ahí que esta actividad tenga que efectuarse bajo condiciones de máxima seguridad; posteriormente se lleva a cabo su caracterización e incrementación en el campo y su preservación en un recinto frío en las instalaciones del Campo Experimental Zacatepec, en donde se toman las medidas fitosanitarias necesarias a través de tratamientos térmicos de las semillas, para lo cual estas se introducen en agua caliente a la temperatura de 50 °C durante 10 minutos; o bien, se someten a tratamientos químicos para lo cual se disuelve un gramo de fungicida Benomyl en un litro de agua, y en cuya solución se sumergen las semillas durante un minuto. Estas medidas tienen la finalidad primordial de evitar la introducción de nuevas enfermedades y/o plagas que no se tienen en México o en el estado de Morelos, (Tavitas y Hernández, 2004).

La caracterización o descripción varietal se efectúa fenotípicamente sobre la morfología de un genotipo, que consiste en el registro de un conjunto de descriptores que permitan definir y calificar a un grupo de plantas que constituyen

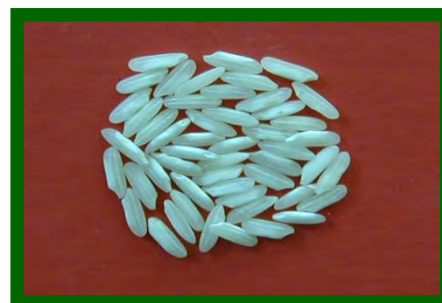
un determinado cultivar. Esta caracterización incluye aspectos morfológicos, fisiológicos, agronómicos y de sanidad, los cuales podrán ser utilizados según su importancia agrícola o industrial para producir nuevas recombinaciones genéticas a través de cruzamientos y así poder generar nuevas y mejores variedades, de acuerdo con los objetivos y metas correspondientes. La caracterización implica un trabajo minucioso en condiciones de campo y de laboratorio, ya que a través de sus descriptores se aplican principios fundamentales para el control de la pureza genética y fisiológica para cada uno de los cultivares de que conste la nueva colecta antes de incorporarse al acervo del Banco Nacional de Germoplasma de Arroz, (Tavitas y Hernández 2004).

2.8. TIPOS DE GRANO QUE SE PRODUCEN Y CONSUMEN EN MÉXICO

En las zonas arroceras de nuestro país se producen dos tipos de grano grueso y uno de grano delgado, los cuales se identifican comercialmente como “calidad del grano”; el tipo de arroz que se está importando es en su mayoría grano largo cristalino tipo Sinaloa (Tavitas, 2001). Las principales características de éstos, son las siguientes:

Calidad Morelos: Grano extra grande oblongo, de 8 mm de largo por 3 mm de ancho y con 20% de “panza blanca” (Fig. 3)

Figura No. 3



Calidad Sinaloa: Grano delgado de 6 mm de largo por 2 mm de ancho, simétrico, alargado mediano y cristalino (Fig. 4)

Figura No. 4



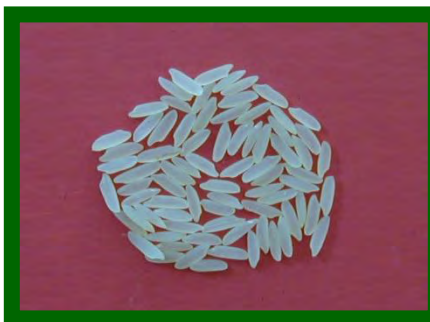
Calidad Milagro: Grano oblongo corto de 6 mm de largo por 2.5 mm de ancho y con 10% de “panza blanca” (Fig. 5)

Figura No. 5



Arroz importado: Grano largo delgado entre 6.0 a 6.8 mm de largo y 2.0 a 2.4 mm de ancho y aspecto cristalino o traslucido (Fig. 6)

Figura No.6



Los productores e industriales arroceros identifican como variedades de “grano grueso” a los cultivares de la serie Morelos cuyos granos son de la “calidad Morelos” y a la variedad Milagro Filipino cuyo grano es de “calidad Milagro”, mientras que a las variedades de “calidad Sinaloa” las conocen como cultivares de “grano delgado”. A este último tipo de grano corresponden las variedades de arroz que se cultivaban en vastas áreas del noroeste en condiciones de riego y del sureste en condiciones de temporal antes del establecimiento del TLCAN. Actualmente México está importando de Estados Unidos grandes volúmenes de este tipo de grano a precios “Dumping”, y ante esta situación los productores mexicanos de grano de “calidad Sinaloa” están en desventaja y se les señala como faltos de competitividad pero son incomparables las condiciones asimétricas en que los productores estadounidenses lo producen debido a que son sumamente ventajosas para ellos, ya que cuentan con oportunos y amplios créditos y altos subsidios para la producción, y desde luego todo tipo de apoyos para la comercialización del grano, y como si esto fuera poco, a partir de Enero de 2000 algunas de las compañías que exportan este grano a nuestro país como “Farmers Rice Milling Company” y “Riceland Food” no pagan arancel y algunas otras como “Rice Corporation” cubren un mínimo arancel correspondiente a sólo al 3.93% como “cuota compensatoria”, (Hernández y Tavitas, 2005)

2.9. CALIDAD DE GRANO

Hernández y Tavitas (2005), mencionan que la calidad del grano de arroz comprende un conjunto de caracteres que corresponden a criterios subjetivos admitidos por los usuarios: longitud; tamaño; homogeneidad; blancura; translucidez; sabor; características culinarias, así como aumento de tamaño, velocidad de cocción, resistencia a la excesiva cocción, cohesión (separación de los granos después de la cocción), principalmente. Además de los componentes de calidad mencionados existen otros factores hereditarios que se transmiten al grano pero en interacción con el medio ambiente. En el grano de arroz están involucrados los siguientes tres tipos de calidad:

2.9.1 Calidad molinera

Se refiere al porcentaje de granos enteros pulidos o blancos que se obtienen después del procesamiento molinero, a través del cual se desprenden las cubiertas externa e interna del grano (cascarilla y salvado). Para que una nueva variedad pueda ser liberada en México, deberá tener una recuperación de granos enteros pulidos después del proceso molinero superior al 50% sobre palay.

2.9.2 Calidad culinaria

Está en relación con la textura, el sabor y la apariencia del grano después de su cocimiento; sin embargo estas características varían de un país a otro. El arroz de la raza Indica, a la que pertenecen las variedades que se han liberado a la fecha en México para su cultivo comercial, se caracterizan por su contenido intermedio de amilosa, porque los granos se mantienen separados y secos después de la cocción, y por su textura suave. En el programa de mejoramiento genético del arroz del INIFAP, la selección para calidad culinaria se ha efectuado con base en los cuatro parámetros siguientes:

2.9.2.1 Contenido de amilosa. Es una fracción del almidón y determina la separación de los granos después de la cocción.

2.9.2.2 Reacción al álcali. Comprende la temperatura de gelatinización en la cual los granos de arroz empiezan a absorber agua con el consiguiente aumento de volumen.

2.9.2.3 Consistencia de gel. Es una evaluación indirecta de la viscosidad de la pasta fría que indica la textura del grano, ya sea suave o dura.

2.9.2.4 Prueba de cocción. Se evalúa el aspecto del grano, el tiempo de cocción y aumento de volumen del arroz según los criterios culinarios.

2.9.2.5 Prueba de degustación. Esta evaluación se efectúa sobre el grano cocido y se clasifica en cuanto a textura, consistencia en pasta fría (suaves, duros, húmedos y secos), sabor, aroma, color y brillo.

2. 10. SITUACIÓN SOCIO-ECONÓMICA DEL CULTIVO

Hasta fines de la década de los ochenta México fue autosuficiente en la producción de arroz, pero la paulatina importación de arroz de grano largo, inicialmente de Asia y posteriormente de Estados Unidos con motivo de los compromisos en los que nuestro país fue involucrado (GATT, 1989 y TLCAN, 1994), fue afectando la balanza comercial de este cereal. Ante esta situación, y por la falta de competitividad en la producción nacional de este tipo de grano, los productores nacionales han aprovechado la existencia de un nicho de mercado con preferencia por granos gruesos existente en la región centro del país; sin embargo en la actualidad ese nicho prácticamente ya está cubierto por la producción nacional de arroces Milagro Filipino y Morelos. En vista de lo anterior, es urgente que se consideren las alternativas indicadas para impulsar la producción de arroz de grano largo delgado del que en la actualidad sólo se producen alrededor de 289,000 toneladas, y de esta forma se contrarreste la importación de un promedio de 903,000 toneladas que implican la fuga de divisas por más de 200 millones de dólares estadounidenses anuales, (Hernández y Tavitas, 2008)

A nivel nacional, en el año de 2007 se cosecharon 64.010 hectáreas, las cuales corresponden al ciclo otoño-invierno y al ciclo primavera-verano. La producción de arroz palay en ese mismo año fue de 289 mil toneladas. El rendimiento medio en el cultivo bajo riego fue de 4.5 toneladas por hectárea en otoño-invierno 2006/2007 y de 5.0 toneladas por hectárea en primavera verano, (INEGI, 2007).

La superficie cultivada con arroz a nivel nacional ha tenido grandes fluctuaciones en los últimos años, con una clara tendencia a la baja en todas las zonas, (Hernández, 1992; Hernández, 1993). Como muestra de ello se tiene que en 1985 se cultivaron 216,466 hectáreas de arroz, mientras que en 1991 la superficie cultivada fue de sólo 84,790 hectáreas; en aquel año la producción nacional de arroz palay fue de 807,529 toneladas, mientras que en 1991 la producción nacional se redujo a 347,245 toneladas, equivalente al 57% menos que en 1984. Este descenso de la producción provocó que alrededor de 54% de la demanda nacional haya sido cubierta con arroz importado, principalmente de Estados Unidos. Además del impacto negativo que representó haber dependido del exterior para el abastecimiento de este grano básico en la alimentación del pueblo mexicano, la reducción de la superficie y de la producción de arroz, tomando como base a 1985, se tradujo en que la demanda de mano de obra haya disminuido en alrededor de 6'286,684 jornales, habiendo quedado establecido que la demanda de fuerza de trabajo en ese año haya sido estimada en solamente

3'671,471 jornales, es decir 63% menos que en 1985, aspecto que agudizó la ya de por sí crítica situación del campo mexicano, (Calva et al, 1998).

Para el año 2007 la superficie cultivada fue de 64,010 hectáreas, lo que representa sólo el 29.5 % de la superficie cultivada en 1985 con una producción de 289 mil toneladas, las cuales equivalen al 28% de la producción de arroz obtenida en el mismo año; se hace referencia a ese año debido a que México era un país autosuficiente, sin embargo, el gobierno federal ha afectado el desempeño de la Cadena Agroindustrial Arroz a nivel nacional, cuyos efectos se han manifestado en una enorme reducción de la superficie, en el desplome de la producción y pérdida de la autosuficiencia sobre este cereal, tal como puede observarse a continuación:

Cuadro No. 2. Producción e importación, grado de autosuficiencia (%) y número de molinos de arroz en México durante el período 1985-2007.

Años	Producción (ton)	Importación (ton)	Grado de Autosuficiencia (%)	Número de Molinos.
1985	807,529	-----	100.00	74
GATT (1989)				
1990	394,388	228,430	63,32	61
1993	380,690	460,225	50,46	55
TLCAN (1994)				
1994	373,616	431,775	46,39	55
1995	367,030	377,242	49,31	
2000 (AC)*	351,447	651,561	35,04	36
2003	273,266	769,284	26,21	33
2005	289,999	749,362	27,90	31
2006	298,000	802,068	25,00	25
2007	289.000	903.000	22.00	25

*) Apertura comercial.

Fuente: “Varios años de trabajos de campo”, Base de datos de SAGARPA y del Banco Nacional de Comercio Exterior, S.A. (BANCOMEXT), Complementados con información del programa de arroz del INIFAP, 2007, e información de INEGI, 2007.

La producción nacional mantiene una marcada tendencia a la baja y en consecuencia las importaciones van en constante aumento, y por esto el déficit entre el consumo y la producción de arroz es satisfecho con la importación, y esta situación había sido favorecida por la caída de los precios internacionales del arroz y por la reducción de los aranceles por parte del Gobierno Federal, los cuales en el año 2000 con la Apertura Comercial derivada del establecimiento del TLCAN (1994) en que desaparecieron las cuotas de arancel, la producción de arroz delgado dejó de ser competitiva en nuestro país, ya que los altos costos de producción el gobierno federal optó por la importación de arroz altamente

subsidiado en lugar de apoyar la investigación y la producción de este cereal, así como de los otros granos básicos de la canasta mexicana (maíz, trigo y frijol). Las consecuencias se tradujeron en la drástica reducción de las áreas dedicadas al cultivo, la desestabilización de los productores nacionales, lo que se reflejó en el desplome de la producción, (Hernández y Tavitas, 2006).

Por lo anterior, la dependencia externa de arroces importados, sobre todo de los Estados Unidos, que el gobierno de aquel país subsidia en gran proporción tanto para su producción como para su comercialización, ha sido la causa por lo tanto de la baja competitividad del arroz mexicano de grano largo delgado, por lo que éste ha sido drásticamente desplazado de la producción nacional, (Rodríguez, 2003).

De la producción nacional de arroz en México, alrededor del 70% depende de las zonas temporaleras, cultivo que lamentablemente es inconsistente debido al cambio climático que se ha estado registrando en los últimos años, fenómeno que se ha traducido en insuficiencia del monto de lluvia anual y en la irregularidad de la periodicidad de precipitación durante el ciclo de cultivo; la consecuencia de estos dos factores es la ocurrencia de altos índices de siniestralidad debido a la presencia de períodos de sequía de diferente duración; este problema tan complejo ha sido la causa de que se obtengan bajos rendimientos. En el trópico húmedo donde se ubican los estados de Campeche, Tabasco y la cuenca del Papaloapan que comprende el noreste de Oaxaca, en forma conjunta producen

Casi el total del arroz de temporal del país y representan un ejemplo clásico de esta situación, (Hernández y Tavitas, 2006).

A raíz de la entrada en vigor del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) en 1994, Estados Unidos se convirtió prácticamente en el único abastecedor de arroz de grano delgado a México, debido a las reducciones progresivas en las fracciones arancelarias correspondientes, convenidas durante las negociaciones del TLCAN, en las que se estipuló la aplicación de un arancel del 6% a las importaciones de arroz palay en 1997 el cual llegaría en 2000 llegó a cero con la Apertura Comercial, (Osuna y colaboradores, 2000).

2.11. PROBLEMÁTICA DEL CULTIVO

Hernández y Tavitas (2005), mencionan que además de la situación socio-económica por la que actualmente atraviesa la producción y comercialización del arroz de grano delgado en nuestro país, a nivel de campo para su producción el cultivo se enfrenta a una serie de problemas que limitan los rendimientos; esta problemática por ecosistemas de cultivo, regiones y entidades productoras se resume a continuación:

2.11.1 Trópico seco

Trasplante bajo riego. Altos costos de producción porque el establecimiento del cultivo y algunas de las labores de su manejo agronómico se realizan a mano; restricciones de agua para la adecuación del terreno y trasplante, y en las etapas iniciales del cultivo (plántula y amacollamiento); clorosis de plantas por alta concentración de carbonatos en el suelo que bloquean la asimilación del fierro y otros elementos menores; daños de la enfermedad “quema del follaje o avenamiento del grano” (*Magnaporthe grisea* (Hebert) comb. nov. Barr. (Antes *Pyricularia oryzae* Cav.)), Especialmente en algunas áreas de los estados de Morelos, México y Guerrero que se ubican a una altitud media de 1000 msnm.

2.11.2 Trópico seco y trópico subhúmedo.

Siembra directa bajo riego. Escasez de agua durante la siembra y en las principales etapas fenológicas del cultivo: plántula, amacollamiento, elongación de tallos e inicio de formación de panícula; altos índices de alcalinidad en Sinaloa; fuertes daños de *M. grisea*, que a casi al nivel del mar causa la enfermedad conocida como “quema del follaje”; en la región de las Huastecas altas infestaciones de maleza ciperáceas, zacates y “arroz rojo” (*Oryza rufipogon* Griff).

2.11.3 Trópico húmedo y sub-húmedo

Temporal común. Irregularidad pluvial (sequía intraestival) en la mayoría de las áreas arroceras temporaleras del sureste (cuenca del Papaloapan, sur de Tabasco, centro y sur de Campeche y costa de Chiapas); daños severos de la enfermedad “quema del arroz” (*M. grisea*) sobre todo en ausencia de lluvias y si se cultivan variedades susceptibles a la enfermedad como Milagro Filipino Depurado; altas infestaciones de malezas como zacates, “arroz rojo”, hoja ancha y ciperáceas en todas las etapas del cultivo; daños por plagas, y diferentes grados de toxicidad de fierro en suelos ácidos de sabana.

Temporal con riegos de auxilio. En este sistema de cultivo en los períodos de sequía se dan riegos de auxilio con agua proveniente de algunas micro-cuencas aledañas o de pozos en donde se cuenta con estos. La problemática en este sistema de producción es similar a la del cultivo de temporal común.

A pesar de que existen variedades de arroz de grano largo delgado generadas por el INIFAP, la ausencia de programas de producción de semillas certificadas ha impedido que éstas hayan llegado a manos de los productores para que a través de su siembra hayan coadyuvado al aumento de la producción y por

o tanto a contrarrestar las importaciones de este tipo de arroz; sin embargo se requiere de mayor apoyo del gobierno federal para la generación de nuevas variedades con mayor potencial de rendimiento para su cultivo en las zonas más adecuadas, de acuerdo con las condiciones ambientales propias de las diferentes regiones productoras de nuestro país, y así poder competir en forma menos desventajosa con el arroz de importación.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Generalidades. Con la finalidad de que los productores arroceros de nuestro país puedan contar con nuevos genotipos de arroz de grano delgado con alto potencial de rendimiento que puedan convertirse en nuevas variedades, las cuales complementen el grupo de nuevas variedades con este mismo de grano que recientemente ha liberado el INIFAP para condiciones de temporal, y que al sembrarse a nivel comercial puedan competir con el arroz delgado de importación, en PV-2006 fueron introducidos al INIFAP procedentes del Fondo Latinoamericano para Arroz de Riego (FLAR) que se ubica en Colombia, dos viveros de arroz de grano delgado para ser evaluados bajo las condiciones ambientales de cuatro zonas de México, que fueron: Campeche y Tabasco ubicados en el trópico húmedo, sur de Tamaulipas en el trópico sub-húmedo y Zacatepec, Mor. en el trópico seco.

3.2. Propósitos del FLAR. Los lineamientos del FLAR consisten en mantener una red activa para la prueba de los materiales que está generando a través de su programa de mejoramiento en que se trata de combinar las características requeridas en una variedad comercial, entre las que se incluyen buen tipo de planta (vigor, capacidad de amacollamiento, senescencia lenta y arquitectura adecuada), ciclo intermedio, grano largo, calidad (alto contenido de amilosa, bajo porcentaje de centro blanco, y buena recuperación de granos enteros), tolerancia

al retraso de la cosecha, resistencia-tolerancia a *Pyricularia oryzae* (actualmente *Magnaporthe grisea*) tolerancia al manchamiento del grano, así como a otras enfermedades secundarias como “hoja blanca” y a sogata, y de esta forma compartir la información de doble vía sobre su comportamiento a través de diferentes evaluaciones que se realizan en diversos ambientes. Señala el FLAR que no obstante, estos materiales pueden tener cierta susceptibilidad al vuelco (acame) en algunas ecologías e inestabilidad en diferentes ambientes de diferente radiación solar, (FLAR, 2006). Los viveros VIOFLAR-2005 y 2006 que fueron introducidos al Campo Experimental Zacatepec, Mor. Fueron manejados tal como se indica a continuación:

3.3 Localización

En el ciclo primavera-verano 2006 se establecieron en el Campo Experimental de Zacatepec, Morelos, perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (NIFAP) dos viveros de observación del Fondo Latinoamericano para Arroz de Riego (VIOFLAR 2005) y (VIOFLAR 2006); la siembra de los dos viveros se efectuó durante el período del 5 al 12 de Junio. El Campo Experimental Zacatepec está ubicado en la población del mismo nombre, situada a 18°39' de Latitud Norte y a 99°10' de Longitud Oeste cuya altitud media es de 917 msnm.

3.4. Condiciones ambientales

De acuerdo con la clasificación de Koppen, el tipo de clima predominante en la localidad es A (c) W^{ig}, que corresponde a semicálido con lluvias en verano, con porcentaje de lluvia invernal menor del 5% y una oscilación térmica de las medias mensuales menor de 5°C. Los valores promedio anuales de temperatura varían de 23 a 25° C y la precipitación media anual es de 856 milímetros.(Hernández, 1994)

3.5. Material genético. El material genético estuvo integrado por 295 líneas avanzadas en F₆ agrupadas como sigue: VIOFLAR -2005 constituido por 131 líneas F₆ y el VIOFLAR- 2006 constituido por 164 líneas F₆; en uno y otros viveros se incluyeron 14 variedades liberadas por INIFAP como testigos, para un total de 323 tratamientos.

3.6. Manejo agronómico. El establecimiento y manejo agronómico se hizo con la tecnología sobre riego, control de malezas y fertilización desarrollada por el INIFAP a través del Campo Experimental de Zacatepec.

3.6.1 Preparación del terreno. Se dio un barbecho a 20 cm de profundidad y dos rastreos habiendo sido el segundo cruzado; enseguida se hizo el emparejamiento del terreno con un arado rotatorio para que quedara uniforme y plano.

3.6.2 Trazo de lotes. Posteriormente se trazaron los lotes de 60 m de largo x 5 m de ancho; cada uno se niveló en forma manual con ayuda de rastrillos y se procedió a marcar parcelas de 5 m de largo por 1.20 m de ancho en las cuales se trazaron surquitos con separación de 20 cm entre uno y otro. Cada parcela estuvo formada por seis surcos y se dejó una separación de 40 cm entre parcelas y de 80 cm entre bloques. La superficie de cada parcela fue de 6.00 m².

3.6.3 Siembra. Se efectuó en forma directa a “chorrillo” a la densidad de 80 kg de semilla por ha; inmediatamente después la semilla se fue tapando con tierra para evitar que los pájaros la extrajeran del suelo.

3.6.4 Control de malezas. Una vez sembrada y tapada la semilla del VIOFLAR-2005 se procedió a efectuar el riego de germinación y a los tres de éste se hizo la aplicación del herbicida pre-emergente Ronstar 2 lt/ha en húmedo; en el caso del VIOFLAR 2006, la siembra se realizó en la misma forma que el VIOFLAR-2005 pero la aplicación del mismo herbicida pre-emergente (en la misma dosis) se hizo en seco y el riego de germinación se efectuó después de la aspersion. En ambos viveros, a los 30 días después de la nacencia de las plántulas se controló la siguiente generación de malezas con la mezcla de herbicidas post-emergentes compuesta por 6.0 lt de propanil y 1.0 de 2,4-D (hierbester) por hectárea; durante los siguientes días se efectuaron “tlamatecas” extrayendo en forma manual algunas hierbas que fueron creciendo dentro de los lotes experimentales, con la finalidad de que éstos siempre se mantuvieran limpios de malezas.

3.6.5 Manejo del agua. Constó únicamente de riegos periódicos durante todo el ciclo fenológico de las plantas en las etapas de germinación, plántula, amacollamiento, inicio del primordio floral, floración e inicio de maduración del grano, procurando que el suelo siempre se mantuviera húmedo.

3.6.6 Fertilización. Se aplicó la fórmula 180-40-0 habiendo incorporado al suelo todo el fósforo (0-40-0) durante el último rastreo del terreno, mientras que del nitrógeno se aplicaron 60 unidades en cada una de las siguientes etapas fenológicas de las plantas: amacollamiento, inicio del primordio floral y “embuchamiento”. Además, como el suelo del sitio donde se establecieron ambos viveros es alcalino con un pH de más de 8.0, esta condición adversa originó que algunos de los 335 genotipos mostraran de moderada a alta susceptibilidad a la alcalinidad sobre todo en la etapa de plántula, cuyos daños se manifestaron por los típicos síntomas de achaparramiento y pronunciada clorosis del follaje como consecuencia del bloqueo del hierro y zinc; para la corrección de este problema se recurrió a la oportuna aspersión de quelatos de hierro y zinc al follaje de las plantas cada tercer día a la concentración de 3 lt/ha, con las cuales las cuales las plantas recuperaron su vigor y reanudaron su desarrollo a través de las siguientes etapas fenológicas.

3.6.7 Cosecha. Cuando los materiales llegaron a su madurez fisiológica se cosecharon con mucho cuidado para evitar mezclas y así conservar su pureza

genética, y enseguida se redujo la humedad del grano a 14% y luego se determinó el rendimiento en t/ha de cada genotipo.

Una vez realizada la cosecha de todos los materiales de que constaron ambos viveros, se llevaron a cabo los análisis del grano en el laboratorio de calidad del arroz del CE Zacatepec, Mor., a través de las siguientes actividades:

3.6.8 Calidad molinera. El grano se dejó reposar durante dos semanas y posteriormente se procedió a realizar la limpieza y homogeneización de las muestras; enseguida se determinó el contenido de humedad (10-12%) y se efectuó el descascaramiento, luego el pulido para la obtención de blancos y la clasificación del porcentaje de granos pulidos enteros, medio grano y granillo, y finalmente el grano entero se clasificó por longitud, forma y apariencia física.

3.6.9 Calidad culinaria. La integración de ésta consistió de las siguientes pruebas: Pruebas de dispersión alcalina para estimar la temperatura de gelatinización y consistencia de gel. La temperatura de gelatinización y consistencia de gel son de gran utilidad para evaluar el grado de absorción de agua durante el cocimiento del grano lo que determina su consistencia del, y de cuya observación se define la apariencia del arroz después de cocido, y así se puede observar si los granos se conservan suaves, si se separan o se apelmazan.

3.7 Categoría de observación de este ensayo

Este proyecto forma parte de un proceso de evaluación y selección de líneas de arroz, a través del cual se introdujeron materiales en la sexta generación filial (F_6) o líneas uniformes, las cuales son evaluadas en ensayos de la categoría de Observación, que consisten en evaluar las características como buen tipo de planta, vigor, capacidad de amacollamiento, senescencia, días a floración, días a madurez y rendimiento, resistencia a las enfermedades y buena calidad de grano de un amplio número de materiales que recientemente han llegado a su homocigosidad, y como por lo general se dispone de poca semilla, esta evaluación se hace sin diseño experimental y no se incluyen repeticiones, siendo el objetivo es el de calificar sus principales características, y si estas son satisfactorias, quizá posteriormente algunas de esas líneas podrán convertirse en nuevas variedades comerciales. Posteriormente una vez que se han identificado grupos con similares ciclos vegetativos, entonces estos los mejores materiales se integran en ensayos de rendimiento bajo diseño experimental con repeticiones, y en seguida se establecen parcelas de validación de las líneas elite con la finalidad de poder liberar el mejor genotipo como probable nueva variedad comercial.

3.8 Sistema de evaluación estándar para el arroz

El Instituto Internacional de Investigaciones Arroceras (IRRI, 1975) de Filipinas

a través del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT,1975) de Colombia, publicaron y aplican un sistema de evaluación estándar para el arroz, con la finalidad de calificar las características del arroz por parte de los investigadores arroceros de todo el mundo quienes han colaborado en el Programa de Pruebas Internacionales de Arroz (IRTP). La evaluación tiene el objetivo de aplicar los mismos criterios acerca de la evaluación del germoplasma de arroz, ya que se estima que el mejoramiento genético y la cooperación para la evaluación del arroz en el mundo puede ayudar a incrementar los rendimientos, sin embargo su éxito dependerá principalmente de la eficiencia con la cual los investigadores evalúen y utilicen los diversos materiales de arroz.

A través de este sistema se ha adaptado una escala general con valores de 0-9. Desde el punto de vista del mejoramiento del arroz, las características con calificación de “3” o menos, pueden ser consideradas deseables o aceptables para progenitores o variedades comerciales. La respuesta de una característica se expresa completamente o a un máximo de su potencial biológico en todos los niveles de condiciones adversas. Las características con valores de 4 a 6 pueden ser aceptables para variedades comerciales si no se dispone de algo mejor, o para resistencia horizontal a enfermedades, no obstante generalmente no son aceptables para propósitos de mejoramiento genético. Las calificaciones de 7 a 9 deben ser consideradas indeseables para cualquier uso. El dígito cero (“0”) está

reservado para la expresión máxima de una característica o inmunidad bajo condiciones adversas extremas. Las siguientes escalas fueron aplicadas en esta investigación para describir la expresión de las diferentes características agronómicas de los materiales que incluidos en este estudio.

3.9. Características que se evalúan a través del Sistema de evaluación estándar para el arroz

A-1: (Aceptabilidad fenotípica)

Vigor (Vg).

Varios factores pueden accionar entre si para influenciar el vigor vegetativo (habilidad de amacollamiento, altura de la planta). Esta escala fue usada en la evaluación del material genético del que estuvieron conformados los viveros VIOFLAR- 2005 y VIOFLAR- 2006.

Escala:

- 1 Plantas muy vigorosas
- 3 Plantas vigorosas
- 5 Plantas intermedias o normales
- 7 Plantas menos vigorosas que lo normal
- 9 Plantas muy débiles y pequeñas.

A-2: (Aceptabilidad fenotípica)

Habilidad de amacollamiento (Ti).

Las condiciones ambientales pueden influenciar ampliamente el grado de amacollamiento. La clasificación se deberá representar en la mayoría de las plantas de una parcela.

Escala:

- 1 Excelente, muy prolífica
- 2 Buena
- 5 Mediana
- 7 Pobre
- 9 Muy pobre.

A-3: (Aceptabilidad fenotípica)

Angulo del tallo (Cu An).

Esta escala describe la rectitud de crecimiento de los tallos de las plantas. Además sirve para clasificar los materiales genéticos, puede ser útil en las evaluaciones del material en campo en generaciones tempranas.

Escala:

- 1 Compacto
- 3 Semi-compacto
- 5 Abierto
- 7 Extendido
- 9 Rastrero

A-4: (Aceptabilidad fenotípica)

Características de los tallos (Cu Ch).

(Resistencia del tallo)

Esta escala combina varias características de los tallos en una escala simple para los tipos de tallos más comúnmente determinados por los programas de mejoramiento de las plantas.

Escala:

- 1 Diámetro grueso, tallos vigorosos
- 5 Diámetro intermedio, tallos de vigor intermedio
- 9 Diámetro delgado, tallos débiles y/o quebradizos.

A-5: (Días a floración)

Floración (FI)

Se considera el número de días desde la siembra hasta que el 50% de las plantas hayan florecido.

A-6: (Altura de la planta)

Altura de la planta (Ht)

Se debe utilizar la medida en cm desde la superficie del suelo hasta la punta de la panícula más alta (excluyendo las aristas).

A-7: (Aceptabilidad fenotípica)

Senescencia (Sen)

Comúnmente se piensa que la rápida senescencia de las hojas puede ir en detrimento del rendimiento si los granos de arroz no están completamente llenos.

Escala:

- 1 Lenta, las hojas tienen un color verde natural
- 5 Intermedia, amarillamiento de las hojas superiores
- 9 Rápida, todas las hojas se tornan amarillas o han muerto.

A-8: (Aceptabilidad fenotípica)

Acame (Ldg)

Se debe considerar y observar que el acame no esté influenciado por las plantas de parcelas adyacentes.

Escala:

- 1 Sin acame
- 3 La mayoría de las plantas (más del 50%) ligeramente acamadas
- 5 La mayoría de las plantas moderadamente acamadas
- 7 La mayoría de las plantas casi caídas
- 9 Todas las plantas en el suelo.

A-9: (Aceptabilidad fenotípica)

Esterilidad de las espiguillas (Ster)

Los valores pueden ser asignados mediante la observación de las espiguillas estériles o empuñando la panícula (los granos llenos se desgranar y caen).

Escala:

- 1 Menos del 1%
- 3 1 – 5%
- 5 5 – 25%
- 7 25 – 50%
- 9 50 – 100%

A-10: (Aceptabilidad fenotípica)

Excursión de la panícula (Exc)

La habilidad de las panículas para salir completamente de la hoja bandera se considera comúnmente como un defecto genético. Los factores ambientales y las enfermedades pueden contribuir a la inhabilidad de la panícula para desarrollarse normalmente.

Escala:

- 1 Todas las panículas con buena excursión (la base de la panícula mucho después del anillo de la hoja bandera, más que el ancho de la mano)
- 2 Panículas con excursión moderada (la base de la panícula ligeramente arriba del anillo de la hoja bandera, menos que el ancho de la mano)
- 3 Panículas con excursión casi definida (base de la panícula en el anillo de la hoja bandera)
- 4 Panículas > 50% con buena excursión
- 5 Panículas < 50% con buena excursión.

A-11: (Aceptabilidad fenotípica)

Desgrane (Thr)

Se empuña fuertemente la panícula por la parte media

Se estima la cantidad de granos desprendidos

Escala:

- 1 Muy resistente, menos de 1%
- 3 Resistente, hasta 5%
- 5 Intermedio, 5-25%
- 7 Susceptible, 25-50%
- 9 Muy susceptible, más de 50%.

A-12: (Aceptabilidad fenotípica)

Aceptabilidad fenotípica (Accp)

Los objetivos de mejoramiento para localidades específicas dictan la evaluación subjetiva de las características que tienen valor para cada selección. Este dato refleja aquellas consideraciones específicas.

Escala:

- 1 Excelente
- 3 Buena.
- 5 Regular
- 7 Pobre o mala
- 9 Inaceptable

A-13: (Días a madurez)

Maduración (Mat)

El número de días desde la siembra hasta la madurez del grano (cuando el 85% de los granos de la panícula están maduros).

A-14: (Rendimiento)

Rendimiento de grano (Yld).

El área cosechada no debe ser menor de 5 metros cuadrados por parcela (descartar los surcos que sirven como bordos). El reporte del rendimiento debe ser en kg/ha de grano cuyo contenido de humedad deberá ser de 14%.

A-15: (Tamaño y forma del grano)

Longitud del grano (Gr L)

Cuando el promedio de la longitud del grano es exactamente igual a una clase determinada y deberá dársele la escala de lectura más baja. (Después de descascarar y antes de molinar).

Escala:

(Longitud en mm)

- | | | |
|---|-------------|----------------|
| 1 | Extra-largo | (mayor de 7.5) |
| 3 | Largo | (6.6 a 7.5) |
| 5 | Medio | (5.5 a 6.6) |
| 7 | Corto | (menor de 5.5) |

A-16: (Tamaño y forma del grano)

Forma del grano (Gr S)

(Relación largo/ancho)

La forma del grano puede estimarse fácilmente mediante este método. La muestra debe ser representativa del tipo de grano y deben evitarse muestras partidas.

(Después de cosechar, limpiar y descascarar).

Escala:

Apariencia	Relación
1 Delgado	Más de 3.0
3 Medio	2.1 a 3.0
5 Oblongo	1.1 a 2.0
9 Redondo	1.1 o menos

A-17: (Calidad Culinaria)

Contenido de amilosa (Amy)

Debe usarse el procedimiento estándar de laboratorio para determinar el contenido de amilosa. (Después de cosechar y del procesamiento molinero) puede definirse por su reacción a la solución de yoduro de potasio (KI-I), en que el endospermo de tipo glutinoso se mancha de color púrpura rojizo, en el tipo no glutinoso la tonalidad es púrpura azulado oscuro, y en el tipo intermedio es púrpura azulado rojo. La solución de KI-I se prepara mezclando un 0.1%

desolución yodo y 0.2% de potasio. Cabe mencionar que el arroz glutinoso posee granos cerosos, mientras que el arroz no glutinoso se caracteriza porque sus granos son cristalinos, más bien son transparentes según el contenido de amilosa del endospermo.

Escala:

(Contenido/tipo)

0	0-2%	Glutinoso
1	3-9%	Muy bajo
5	10-23%	Bajo
7	23-26%	Intermedio
9	27-30%	Alto

A18: (Calidad culinaria)

Digestión alcalina (Alk)

(Como una indicación de la temperatura de gelatinización)

Se colocan 10 granos enteros completos (sin romperse) en una solución de Hidróxido de Potasio (KOH) al 1.5% en cajas de Petri o cuadradas de 10 x 10 cm arreglados de tal manera que no se junten. Se introducen por 24 horas en una estufa a 25° C y se registra el grado de desintegración del grano.

Escala:

Parámetros	Digestión alcalina	Temperatura de gelatinización
1. No afectados	Baja	Alta
2. Hinchados	Baja	Alta
3. Hinchados con incompleto y estrecho halo baja/alta	Intermedia	intermedia
4. Hinchados con halo completo y ancho	Intermedia	Intermedia
5. Parcialmente desintegrados con halo completo y ancho	Intermedia	Intermedia
6. Desintegrados y emergiendo con el halo	Alta	Baja
7. Completamente desintegrados y solución clara	Alta	Baja

A-19: (Calidad molinera)

Consistencia de gel (Gel)

Se aplican los estándares de laboratorio para determinar la consistencia de gel.

(Después de cosechar y procesar el grano).

Escala:

	Tipo de consistencia
1 81 – 100 mm	Blando
3 61 - 80 mm	Blando
5 41 - 60 mm	Medio
7 36 - 40 mm	Medio/duro
9 26 - 33.5 mm	Duro

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La evaluación de los viveros VIOFLAR-2005 y VIOFLAR-2006 tuvo los propósitos de determinar el potencial de rendimiento y la calidad industrial del grano de los materiales que los constituyeron; lo cual se logró al haber seleccionado las líneas de mejores atributos agronómicos y de calidad industrial del grano.

Vergara (1976), menciona la importancia de realizar trabajos donde se pueda determinar la adaptabilidad del cultivo de arroz a diferentes condiciones ambientales contrastantes, para lo cual es necesario que se cuente con un número considerable de líneas a evaluar y de esta forma seleccionar una gran cantidad de genotipos con respuesta favorable a esos estreses y así se pueda tener la probabilidad de que alguna de éstos puedan convertirse en variedades comerciales.

Las características más importantes que fueron consideradas para calificar la respuesta de los materiales fueron: días a madurez, altura de la planta, aceptabilidad fenotípica, resistencia al acame, rendimiento en kg/ha (convertidos a t/ha), tamaño y forma del grano, calidad molinera, calidad culinaria y de degustación.

En el Campo Experimental de Zacatepec, Mor., algunos de los materiales mostraron notable susceptibilidad al bloqueo de los elementos menores fierro y zinc; sin embargo al ser asperjados quelatos de Fe y Zn en forma oportuna, estos se recuperaron casi en su totalidad, y aunque sólo fueron seleccionadas 77 líneas, estas reportaron buenas características agronómicas, como altura de la planta, excelente vigor, alto potencial de rendimiento de más de 9.5 t/ha y buena calidad del grano; y precisamente por sus niveles de rendimiento y buen tipo de grano, son los genotipos que requieren los productores para hacer más competitivo y redituable este cultivo..

4.1. VIOFLAR 2005. De este vivero, que estuvo constituido por 131 materiales, se seleccionaron 24 líneas cuya relación con sus principales características se concentran en el cuadro siguiente:

Cuadro 3. Relación de 24 líneas seleccionadas de 131 materiales que constituyeron el VIOFLAR 2005 establecido en el CE Zacatepec, Mor., ciclo PV-2006.

No. Orden	Nomenclatura	Días a floración	Días a madurez	Altura (cm)	Aceptabilidad fenotípica	Rendimiento (t/ha)	Tamaño y forma de grano	Calidad molinera (%) entero	Calidad culinaria	Degustación
1	FLO4574-1P-5-1P-1P-M	110	140	80	3	10.7	l-m-cristalino	53	buena	Separado y suave
2	FLO4574-1P-10-3P-1P-M	116	146	84	3	10.3	l-d-cristalino	57	buena	Separado y suave
3	FLO4577-3P-11-4P-2P-M	114	144	88	3	10.3	l-d-cristalino	56	buena	Separado y suave
4	FLO4582-5P-6-2P-3P-M	111	141	95	3	9.9	m-m-cristalino	56	buena	Separado, suave e inflado
5	FLO4648-6P-1-2P-3P-M	120	150	95	3	9.5	m-d-cristalino	51	buena	Separado, suave e inflado
6	FLO4673-6P-4-1P-1P-M	111	141	91	3	9.5	m-m-cristalino	52	buena	Separado, suave e inflado
7	FLO4674-3P-8-3P-2P-M	111	141	92	3	10.3	l-d-cristalino	55	buena	Separado, suave, buen sabor
8	FLO4676-3P-2-4P-3P-M	111	141	85	3	9.5	m-m-cristalino	53	buena	Separado, suave e inflado
9	FLO4676-3P-4-1P-2P-M	119	144	84	3	9.5	m-d-cristalino	51	buena	Separado, suave e inflado
10	FLO4676-3P-5-3P-1P-M	114	144	93	3	9.9	l-m-cristalino	56	buena	Separado y suave
11	FLO4676-3P-6-3P-2P-M	112	142	85	3	9.8	m-m-cristalino	58	buena	Separado, suave e inflado
12	FLO4794-6P-4-1P-3P-M	121	151	95	3	12.0	l-d-cristalino	54	buena	Separado, suave e inflado
13	FLO4867-2P-3-2P-1P-M	120	140	93	3	9.8	m-m-cristalino	55	buena	Separado, suave e inflado
14	FLO4867-2P-6-4P-2P-M	119	146	90	4	9.5	m-m-cristalino	55	buena	Separado, suave e inflado
15	FLO4867-2P-7-3P-3P-M	116	146	86	3	10.2	l-m-cristalino	54	buena	Separado, suave e inflado
16	FLO4867-3P-3-2P-3P-M	113	143	96	3	11.9	l-d-cristalino	53	buena	Separado, suave e inflado
17	FLO4867-3P-4-3P-2P-M	113	143	85	3	9.5	m-d-cristalino	56	buena	Separado y suave
18	FLO4867.3P-16-3P-3P-M	114	144	85	3	10.7	m-d-cristalino	52	buena	Separado y suave
19	FLO4867-3P-17-1P-2P-M	118	148	82	3	10.6	m-m-cristalino	53	buena	Separado, suave e inflado
20	FLO4867-11P-3-3P-2P-M	123	153	93	3	9.9	m-m-cristalino	57	buena	Separado, suave e inflado
21	FLO4894-3P-28-1P-2P-M	114	144	87	3	12.8	l-d-cristalino	54	buena	Separado, suave e inflado
22	FLO4894-7P-12-2P-3P-M	119	149	96	3	10.0	l-d-cristalino	53	buena	Separado, suave e inflado
23	FLO4904-7P-8-3P-3P-M	114	144	87	5	11.6	m-m-cristalino	56	buena	Separado y suave
24	FLO4904-24P-1-3P-2P-M	116	146	86	3	10.0	l-d-cristalino	55	buena	Separado e inflado

l-d = largo delgado. l-m = largo mediano. m-m = mediano-mediano. m-d = mediano delgado.

4.2. Descripción: A continuación se hace una minuciosa descripción de cada una de las características de las 24 líneas seleccionadas del VIOFLAR 2005:

4.2.1 Ciclo vegetativo de las plantas:

Se consideraron los siguientes criterios:

90 - 110 días	Precoz
111- 145 días	Intermedio
146- en adelante	Tardío

Se observó que de los 24 materiales seleccionados, 14 reportaron ciclo vegetativo intermedio, aunque la línea FLO4574 -IP-5-1P-1P-M es ligeramente más intermedia que los materiales FLO4582-5P-6-2P-3P-M, FLO4673-6P-4-1P-1P-M, FLO4674-3P-8-3P-2P-M, FLO4676-3P-2-4P-3P-M; en forma similar presentaron el mismo comportamiento en cuanto a días a floración y madurez del grano (desde 111 días a floración hasta 141 a madurez). El resto de los materiales reportaron ciclos que oscilaron entre 112 días a floración hasta 144 a madurez. Los 10 materiales restantes se consideran tardíos dado que tuvieron más de 146 días a madurez; aunque los materiales FLO4574-1P-10-3P-1P-M, FLO4867-2P-7-3P-3P-M y FLO4904-24P-1-3P-2P-M fueron menos tardíos con 116 días a floración y 146 a madurez, a diferencia de la línea FLO4867-11P-3-3P-2P-M que

reportó 123 días a floración y 153 a la madurez, por lo que se considera el genotipo más tardío; el resto de los materiales reportaron en promedio ciclo vegetativo de 118 a 121 días a floración y de 148 a 151 a la madurez fisiológica del grano.

4.2.2 Altura de las plantas

La escala de clasificación para la altura de la planta fue la siguiente:

<u>Cm</u>	<u>Clasificación</u>
80-90	Paja corta
91-110	Intermedia
111-150	Alta

Con respecto a la altura de las plantas, esta constituye un carácter de suma importancia dado que influye directamente con la resistencia al acame; se observó que de los 24 materiales seleccionados estos se encontraron en dos grupos, el primero de paja corta con 14 materiales, siendo el genotipo con menos altura; es decir, 80 cm: FLO4574-1P-5-1P-1P-M, siguiéndole los materiales con 82 cm como: FLO4867-3P-16-3P-3P-M y el de mayor altura dentro de este grupo con 90 cm: FLO4867-2P-6-4P-2P-M; en el segundo grupo que representa a los de paja intermedia se clasificaron 10 materiales, en que la línea FLO4673-6P-4-1P-1P-M reportó 91 cm, y los genotipos de mayor altura dentro de esta clasificación con 96 cm fueron: FLO4894-7P-12-2P-3P-M y FLO4867-3P-3-2P-3P-M.

En este caso el rango que presentan las líneas seleccionadas fue de 80 a 96 cm a la altitud de 917 msnm en que se ubica el CE Zacatepec, Mor., ya que se trata de genotipos correspondientes al prototipo clásico de planta de paja corta con genes de enanismo (“d 35” y “d 47”), (Tavitas y Hernández 2000); por esta razón se considera que estos materiales son adecuados para establecerse y manejarse por el sistema de siembra directa bajo riego a casi al nivel del mar cuya altura de planta será mayor, ya que a menor altitud en msnm las plantas crecen más y en forma inversamente proporcional a mayor altitud en msnm la altura de las plantas es menor como sucedió en Zacatepec, (Hernández y Tavitas 2005).

4.2.3 Aceptabilidad fenotípica

Con relación a la aceptabilidad fenotípica, 22 de las 24 líneas presentaron las características siguientes: buen amacollamiento, es decir, buena formación de los tallos, siendo estos de diámetro grueso y vigoroso; por lo tanto las plantas presentaron resistencia al acame y por ende las plantas de estos genotipos fueron de compactas a semicompactas; las espiguillas presentaron entre 1 y 5% de esterilidad y las panículas mostraron buena excursión, es decir, la base de la panícula se encuentra fuera de la vaina foliar lo que le permite que emerja completamente evitando así la incidencia de enfermedades en el cuello de la panícula ; en cuanto al desgrane sólo el 5% de los granos se desprendían de la panícula, por lo tanto se consideraron como resistentes; por lo anterior, estos

materiales se evaluaron con una escala de 3 dado que las plantas presentaron una morfología bien desarrollada como la que describe la Universidad de Filipinas, (1979). Sólo dos líneas no presentaron todas estas características de manera favorable y están representadas por los materiales: FLO4867-2P-6-4P-2P-M con una evaluación de 4, y FLO4904-7P-8-3P-3P-M con evaluación de 5, consideradas con aceptabilidad fenotípica regular ya que presentaron plantas semi-abiertas con tallos semidelgados; sin embargo estas dos líneas fueron seleccionadas por haber reportado alto potencial de rendimiento.

La calificación de 3 con que se caracterizan se debe a que los materiales poseen de plantas compactas a semi-compactas con tallos de buen grosor y vigor intenso, factores que influyen en que sean resistentes al acame; mientras que sólo dos reportaron calificaciones de 4 y 5 respectivamente, ya que se caracterizan porque sus plantas son semi-abiertas y cuyos tallos son medio delgados, (IRRI, 1975); sin embargo presentaron alto potencial de rendimiento, de ahí que se pueden considerar como progenitores en los programas de fitomejoramiento como donadores de alto rendimiento, (Hernández, 2008).

4.2.4 Potencial de rendimiento

Con referencia al potencial de rendimiento, que constituye un parámetro de suma importancia dentro de este proyecto, únicamente fueron seleccionadas las

líneas que reportaron entre 9.5 y 12.8 ton/ha; al respecto, seis de los materiales produjeron 9.5 ton/ha entre los que se encuentran los tres siguientes genotipos: FLO4676-3P-2-4P-3P-M, FLO4676-3P-4-1P-2P-M y FLO4867-2P-6-4P-2P-M, y en los de mayor rendimiento destacaron los dos siguientes: FLO4794-6P-4-1P-3P-M con 12.0 ton/ha y FLO4894-3P-28-1P-2P-M con 12.8 ton/ha.

El rango de rendimiento que presentaron estas 24 líneas es el nivel que se requiere en las nuevas variedades para siembra directa, para que la tasa de retorno entre los costos de producción y el valor de la producción sea rentable, de mantenerse estos niveles de rendimiento en estos genotipos si llegaran a convertirse en variedades comerciales, incentivaría a que los productores volvieran a sembrar arroz de grano delgado, lo que se reflejaría en que se ampliara la superficie arrocera del país cuya producción serviría para contrarrestar las importaciones de este tipo de arroz, (Rodríguez, 2003)

4.2.5 Tamaño y forma del grano

Las características del grano que presentaron los 24 materiales seleccionados fueron desde largos delgados, largos medianos, medianos delgados y medianos medianos. Sin embargo para fines de comercialización los granos de estos genotipos corresponden a largos delgados; en cuanto a la apariencia física que presentan, todos son cristalinos (transparentes) sin “panza o

centro blanco” los cuales son iguales físicamente a los que se están importando, y como se dijo en el párrafo anterior, si estos materiales llegaran a convertirse en variedades comerciales, su producción cubriría los volúmenes de arroz que adquiere y consume la población Mexicana, tal como señala Rodríguez, (2003).

4.2.6 Calidad molinera del grano

Tavitas y Hernández, (2000) señalan que la calidad molinera es el factor más importante en la industria, ya que se requiere que las nuevas variedades de arroz presenten una recuperación de más de 50% de granos pulidos enteros para ser aceptables; al respecto, los 24 genotipos seleccionados reportaron del 51 al 58% de granos pulidos enteros, cuyo rango es satisfactorio.

4.2.7 Calidad culinaria

La calidad culinaria es un criterio importante para liberar una variedad, ya que se debe tomar en cuenta que como el arroz se consume en la mayoría de los casos en forma entera, su aspecto después de cocinado determina su aceptación o rechazo, y de acuerdo con los resultados de temperatura de gelatinización, consistencia de gel y cocción, se determinó que el grano de los materiales seleccionados reportó buena calidad culinaria ya que al cocinarse los granos cocidos permanecieron enteros, de aspecto suave, con separación normal o

algunos inflados, por lo que aumentaron su volumen, cuyo sabor y aroma del arroz cocido resultaron similares a los de los arroces importados.

Hernández, (1992,) cita que es importante que el arroz tenga alto contenido de amilosa, en lugar de amilopectina, ya que la primera permite que los granos al cocinarse se esponjen y permanezcan separados y la amilopectina ocasiona que se pegue y apelmace al cocinarse; también menciona que el grano tipo Sinaloa debe ser delgado y cristalino para poder ser aceptado por los consumidores.

De los 131 materiales enviados por el FLAR de Colombia que constituyeron el VIOFLAR 2005 y que fueron evaluados en el ensayo de observación establecido en el C.E. de Zacatepec. Los 24 genotipos seleccionados mostraron mejor adaptación agronómica que la que presentaron en el FLAR de Colombia ya que por ejemplo el rendimiento que mostraron estas líneas en Colombia estuvo en un rango de 5.1 a 9.1 ton/ha en comparación de 9.5 a 12.8 ton/ha; esta diferencia se debe, a las condiciones ambientales y también al diferente manejo agronómico. (FLAR, 2005).

4.3. VIOFLAR-2006. Por lo que se refiere a este segundo vivero, que estuvo constituido por 164 materiales avanzados en sexta generación filial (F_6), fueron seleccionadas 45 líneas cuya relación y principales características se concentran en el siguiente cuadro:

No orden	Nomenclatura	Días a floración	Días a madurez	Altura (cm)	Aceptabilidad Fenotípica	Rendimiento (t/ha)	Tamaño y forma de grano	Calidad molinera (% entero)	Calidad culinaria	Degustación
12	FLO5464-6P-16-3P-1P-M	114	144	90	3	10.1	l-d-cristalino	65	buena	Separado, suave
13	FLO5464-6P-16-3P-2P-M	114	144	87	3	9.5	l-d-cristalino	63	buena	Separado, suave
14	FLO5464-8P-1-3P-2P-M	108	138	94	3	10.3	l-d-cristalino	67	buena	Separado, suave y esponjoso
15	FLO5474-4P-19-2P-3P-M	114	144	84	3	9.9	m-d-cristalino	63	buena	Separado, suave
16	FLO5481-7P-10-2P-2P-M	109	144	81	3	10.0	m-m-cristalino	52	buena	Separado, suave
17	FLO5482-13P-9-1P-2P-M	107	137	90	3	9.9	l-d-cristalino	63	buena	Separado, suave
18	FLO5496-11P-9-1P-1P-1P-M	104	134	81	3	10.0	l-m-cristalino	61	buena	Separado, suave y pastoso
19	FLO5496-11p-9-1P-3P-M	109	134	81	3	10.0	l-m-cristalino	61	buena	Separado, suave
20	FLO5506-1P-2.1P-2P-M	100	130	92	3	10.3	m-m-cristalino	56	buena	Separado, suave
21	FLO5506-5P-9-1P-3P-M	99	129	81	5	10.0	m-m-cristalino	54	buena	Separado, suave
22	FLO5509-15P-1-2P-3P-M	107	137	87	5	11.0	m-d-cristalino	50	buena	Separado, suave
23	FLO5512-6P-3-2P-2P-M	105	135	83	3	10.3	l-d-cristalino	58	buena	Separado, suave
24	FLO5512-6P-3-3P-2P-M	110	140	80	3	9.5	l-d-cristalino	64	buena	Separado, suave

No orden	Nomenclatura	Días a floración	Días a madurez	Altura (cm)	Aceptabilidad fenotípica	Rendimiento (t/ha)	Tamaño y forma de grano	Calidad molinera (% entero)	Calidad culinaria	Degustación
25	FLO5512-6P-4-3P-3P-M	107	137	83	3	9.9	l-d-cristalino	59	buena	Separado, suave
26	FLO5516-1P-5-2P-1P-M	111	141	78	3	9.8	m-d-cristalino	60	buena	Separado, suave
27	FLO5516-1P-11-3P-2P-M	111	141	83	3	10.7	m-d-cristalino	55	buena	Separado, suave
28	FLO5516-1P-13-3P-2P-M	111	141	83	3	9.5	m-d-cristalino	55	buena	Separado, suave
29	FLO5516-8P-3-5P-1P-M	109	139	85	3	10.7	l-d-cristalino	51	buena	Separado, suave
30	FLO5516-8P-5-3P-2P-M	111	141	84	3	11.2	l-d-cristalino	55	buena	Separado, suave
31	FLO5564-8P-1-2P-1P-M	109	139	88	3	9.5	m-d-cristalino	60	buena	Separado, suave
32	FLO5564-8P-1-2P-2P-M	104	134	97	3	10.7	l-d-cristalino	60	buena	Separado, suave
33	FLO5584-11P-6-3P-2P-M	112	142	95	5	9.9	l-d-cristalino	56	buena	Separado, suave
34	FLO5585-5P.7-2P-4P-M	97	127	94	3	10.3	m-m-cristalino	55	buena	Separado, suave
35	FLO5598-5P-3-1P-1P-M	107	137	90	3	10.7	l-d-cristalino	53	buena	Separado, suave
36	FLO5603-10P-6-1P-2P-M	195	135	85	3	10.3	l-d-cristalino	60	buena	Separado, muy suave e inflado
37	FLO5603-10P-6.1P-2P-M	109	139	95	3	10.1	l-m-cristalino	53	buena	Separado, suave
38	FLO5604-4P-6-1P-1P-M	109	139	93	5	10.5	l-d - cristalino	59	buena	Separado, suave
										76

No orden	Nomenclatura	Días a floración	Días a madurez	Altura (cm)	Aceptabilidad fenotípica	Rendimiento (t/ha)	Tamaño y forma de grano	Calidad molinera (% entero)	Calidad culinaria	Degustación
39	FLO5629-6P-5-1P-3P-M	97	127	90	5	9.5	m-m-cristalino	58	buena	Separado, suave
40	FLO5634-2P-1-1P-1P-M	112	142	88	3	10.3	m-d-cristalino	54	buena	Separado, suave
41	FLO5655-3P-4-2P-1P-M	109	139	95	3	10.7	l-d-cristalino	53	buena	Separado, suave
42	FLO5655-3P-4-2P-2P-M	109	139	94	3	10.7	l-d-cristalino	68	buena	Separado, suave
43	FLO5658-7P-1-4P-1P-M	109	139	86	3	9.9	m-m-cristalino	52	buena	Separado, suave
44	FLO5658-8P-4-2P-1P-M	109	139	75	3	9.9	m-d-cristalino	58	buena	Separado, suave
45	FLO5679-5P-1-3P-3P-M	109	139	81	3	10.3	m-d-cristalino	63	buena	Separado, suave

4.4. Descripción. A continuación se hace la descripción de cada una de las características de las 45 líneas seleccionadas del VIOFLAR-2006:

4.4.1 Ciclo vegetativo de las plantas

Se consideraron los siguientes criterios (los mismos que en el VIOFLAR-2005):

90 - 110 días	Precoz
111- 145 días	Intermedio
146 días en adelante	Tardío.

Por lo que se refiere al ciclo vegetativo que reportaron los 45 materiales seleccionados en cuanto a días a floración, estos fueron de precoz a intermedio; siendo el material más precoz con sólo 99 días el FLO5506-5P-9-3P-M, y el intermedio con mayor número de días que fue de 117 fue la línea FLO5408-5P-7-2P-2P-M; por lo tanto se seleccionaron materiales cuyos rangos de ciclo vegetativo oscilaron de 99 a 117 días desde la siembra hasta la floración. Es importante mencionar que la mayoría de los materiales seleccionados como precoces correspondieron a un ciclo de 109 días, entre los que se encuentran: FLO5516-8P-3-5P-1P-M y FLO5481-7P-10-2P-2P-M.

Por lo que se refiere a días a madurez, los materiales seleccionados oscilan entre 127 y 147 días desde la siembra hasta la cosecha, siendo la línea más

precoz: FLO5585-5P-7-2P-4P-M con 127 días, y la de ciclo intermedio FLO5408-5P-7-2P-2P-M con 147 días. La mayoría de los materiales son de 139 días tales como FLO5446-2P-5-1P-2P-M, FLO5655-3P-4-2P-1P-M, FLO5655-3P-4-2P-2P-M, entre otros.

Los materiales seleccionados presentan un ciclo vegetativo aceptable, ya que sus ciclos comprendieron de 99 a 147 días desde la siembra hasta la cosecha; esta característica es muy deseable por los productores, sobre todo los de las zonas donde el arroz se cultiva en los dos ciclos agrícolas del año, el de primavera-verano y el otoño-invierno, ya que si se sembraran a nivel comercial se obtendrían dos cosechas al año, (Tavitas y Hernández, 2000).

4.4.2 Altura de planta

Por lo que se refiere a la altura de la planta, los genotipos seleccionados reportaron alturas de entre 81 cm y 97 cm, por lo tanto se clasifican como paja corta a intermedia. Los materiales de menor altura fueron seis entre los que se encuentran FLO5392-3P-12-2P-3P-M, FLO5481-7P-1°-2P-2P-M, FLO5496-11P-9-1P-3P-M con 81 cm, y los materiales con mayor altura de 97 cm, fueron únicamente dos: FLO5463-4P-13-1P-2P-M y FLO5564-8P-1-2P-2P-M; se seleccionaron seis materiales con altura de 90 cm, los cuales se clasificaron también como de paja corta, tales como: FLO5458-9P-6-2P-3P-M, FLO5464-6P-

16-3P-1P-M, FLO5399-6P-5-2P-1P-M y otros seis con 94 cm entre éstos: FLO5400-8P-6-2P-3P-M, FLO5408-5P-7-2P-2P-M y FLO5431-3P-3-1P-1P-M.

Vergara (1976), menciona que el bajo porte de la planta, es importante y necesario para lograr que las variedades logren una amplia adaptabilidad a los factores del clima. De manera general los 45 materiales seleccionados, presentaron tipos de plantas que se requieren para el sistema de siembra directa bajo riego, el cual se realiza en forma mecanizada. Sin embargo es importante aclarar que los materiales fueron seleccionados a una altitud de 917 msnm y que podrían reportar altura de plantas mayores al nivel del mar, tal como se mencionó líneas arriba.

4.4.3 Aceptabilidad fenotípica

La aceptabilidad fenotípica que presentaron las 45 líneas seleccionadas fue similar a la que mostraron las 24 líneas seleccionadas del VIOFLAR-2005; es decir, corresponden a características aceptables, por lo tanto de igual manera se evaluaron con una escala de 3, (IRRI, 1975). Dado que 43 de los 45 materiales presentaron plantas de compactas a semicompactas, tallos con buen grosor y color, estas características favorecen a las plantas para que estas sean resistentes al acame. También presentaron senescencia lenta con hojas de color verde natural, así como vigor intenso en tallos; buena habilidad de amacollamiento, y buena fertilidad de las espiguillas de las panículas.

Estas características son importantes para evaluar la capacidad de adaptación que pueden tener las variedades cultivadas y que contribuyen a determinar la estabilidad de rendimiento, en cultivos establecidos tanto en el ciclo primavera-verano como en el de otoño-invierno, (Chang y Oka, 1979).

Los únicos materiales que no mostraron estas características fueron: FLO5604-4P-6-1P-1P-M y FLO5629-6P-5-1P-3P-M, los cuales podrían utilizarse como progenitores en los programas de mejoramiento genético para la obtención de nuevas variedades, (Chang y Oka, 1979).

4.4.4 Potencial de rendimiento

El potencial de rendimiento que reportaron las 45 líneas seleccionadas se encuentra en un rango de entre 9.5 y 12.6 ton./ha., la mayoría de los materiales reportaron de 9.5 a 9.9 ton./ha. Los materiales que produjeron 9.5 ton./ha fueron FLO5392-3P-12-2P-3P-M, FLO5394-2P-4-1P-3P-M y FLO5408-5P-7-2P-2P-M entre otros; el rendimiento de 9.9 t/ha fue el que reportaron otros 10 materiales entre estos: FLO5431-3P-6-5P-2P-M, FLO5446-2P-5-1-2P-M y FLO5458-9P-6-2P-3P-M. Los rendimientos de los genotipos seleccionados presentaron rendimientos medios de 9.5 y 9.9 t/ha los cuales son satisfactorios, y si estos genotipos mantienen sus rendimientos si se convierten en variedades comerciales entonces su cultivo sería competitivo y rentable, ya que es necesario que las variedades

cultivadas produzcan como mínimo 9.0 ton./ha, con los que los productores se verían favorecidos y por lo tanto sería atractiva su producción, lo cual traería como consecuencia que se reanudara el cultivo del arroz de grano delgado en aquellas zonas donde se ha abandonado con cuya producción se reducirían las importaciones.

4.4.5. Tamaño y forma del grano

En relación con el tamaño y forma del grano, se seleccionaron aquellos materiales que reportaron medidas de largo y ancho del grano pulido de hasta 7.0 mm, habiendo correspondiendo el grano de 21 líneas a la clasificación de largos-delgados cristalinos, entre los que mencionan: FLO5431-3P-3-1P-1P-M, FLO5431-3P-6-5P-2P-M, FLO5464-8P-1-3P-2P-M y FLO5464-6P-16-3P-2P-M.

También se clasificaron 11 líneas cuyos granos son medianos-delgados cristalinos entre los que se mencionan: FLO5446-2P-5-1P-2P-M, FLO5474-4P-19-2P-3P-M y FLO5509-15P-1-2P-3P-M. Diez materiales fueron clasificados como medianos-medianos-cristalinos como por ejemplo: FLO5496-11P-9-1P-1P-M, FLO5496-11P-9-1P-3P-M y FLO5603-10P-6-1P-2P-M.

Los tres tipos de granos que se presentan con mayor frecuencia se clasifican a nivel comercial como granos largos-delgados, y en cuanto a su

aparición física éstos son cristalinos parecidos a los que se importan de Estados Unidos, (Rodríguez, 2003).

4.4.6. Calidad molinera

La calidad molinera de los 45 materiales seleccionados fue de 50 a 68% de granos pulidos enteros, reportándose ocho materiales con 60% que es excelente, ya que con este tipo de grano de las variedades correspondientes los industriales obtendrían mayores volúmenes de arroz súper extra que es mejor precio y demanda en el mercado; el resto de los materiales rebasaron el 53% los cuales también son buenos.

Hernández y Tavitas, (2005), mencionan que este parámetro es de relevancia ya que es el factor más importante en la industria arrocera, debido a que se requiere que las variedades tengan más del 50% de recuperación de granos pulidos enteros después del procesamiento molinero.

4.4.7 Calidad culinaria

La calidad culinaria y de degustación de los 45 materiales seleccionados se clasificó como buena. Este es un factor importante dentro de la evaluación de las líneas seleccionadas, ya que de este dependerá que los consumidores

acepten el grano de estas nuevas líneas si se llegaran a convertir en nuevas variedades.

De acuerdo con los resultados de las pruebas de temperatura de gelatinización, de álcali y cocción, estos materiales reportaron buena calidad ya que al cocinarse, los granos resultaron completamente cocidos, separados y suaves, e incluso se observó que algunos aumentaron de volumen al inflarse lo que significa que tienen un buen rendimiento en el plato. El aspecto del arroz cocido es mejor que el grano de este tipo que actualmente se está importando de Estados Unidos. (Hernández, 1992).

De igual forma que en el VIOFLAR 2005, las 164 líneas evaluadas en el VIOFLAR 2006 mostraron mejor comportamiento que el que presentaron en el FLAR de Colombia, estos genotipos también fueron manejados en las mismas condiciones ambientales y de manejo agronómico que las del VIOFLAR 2005. Las 45 líneas seleccionadas tuvieron mejor adaptación y rendimiento en este ensayo de observación que el que presentaron en Colombia. (FLAR, 2006).

La evaluación de líneas uniformes tanto del VIOFLAR 2005 como del VIOFLAR 2006 se llevo a cabo bajo en diferentes ambientes; ya que no son las mismas condiciones que prevalecen en Colombia que en México; por lo cual se estableció un ensayo de rendimiento preliminar. Esta actividad es de suma

importancia en la investigación especialmente en arroz, ya que de esta forma se puede determinar la plasticidad de diferentes líneas uniformes a través de la interacción “Genotipo por medio ambiente”, ya que de acuerdo con las características agroclimáticas que son variables y cambiantes a través del espacio y del tiempo en las áreas arroceras; por medio de este principio básico es posible seleccionar nuevas variedades estables que respondan favorablemente a determinadas condiciones de cultivo y de esta forma se reducen al mínimo los efectos de la interacción “Genotipo por medio ambiente”. (FAO, 2003).

Variedades testigo. Por lo que se refiere a las 14 variedades mexicanas que se incluyeron como testigos en los dos viveros sólo ocho variedades reportaron mejor comportamiento, cuyas principales características se presentan a continuación:

Cuadro 4. Selección de ocho variedades del INIFAP incluidas como testigos en ambos viveros del FLAR establecidos en el ciclo PV-2006 en el Campo Experimental Zacatepec, Mor.

No. orden	Nomenclatura	días a floración	días a madurez	Altura planta (cm)	aceptabilidad fenotípica	rendimiento t/ha	tamaño y forma de grano	calidad molinera (% entero)	calidad culinaria	Degustación
1.	Aztecas A06 (*)	126	156	75	3	10.3	m-m-cristalino	58	buena	Separado, suave e inflado
2.	Humaya A92	119	149	75	1	10.3	l-d-cristalino	54	buena	Separado, suave e inflado
3.	Cárdenas A80	120	150	108	5	13.3	m-d-cristalino	58	buena	Separado, suave
4.	Cotaxtla A90	117	147	95	3	10.3	l-d-cristalino	54	buena	Separado, muy suave
5.	Sauta A05 (*)	120	150	92	3	10.3	l-m-cristalino	53	buena	Separado, suave
6.	Tomatlán A97	122	152	92	1	9.9	l-m-cristalino	59	buena	Separado, suave e inflado
7.	Temporalero A95	123	153	91	3	11.2	m-m-cristalino	65	buena	Separado, suave e inflado
8.	Champtón Mejorado	123	153	102	3	10.9	m-m-cristalino	60	buena	Separado, suave e inflado

*). Nuevas variedades de riego y de grano delgado desarrolladas por el INIFAP.

4.5 Variedades testigo. Con respecto a las variedades testigos en cada uno de los viveros, de 14 incluidas fueron seleccionadas ocho. En ambos viveros reportaron las siguientes características:

4.5.1 Ciclo vegetativo

Sus ciclos vegetativos varían de 119 a 126 días a floración y de 147 a 156 días a madurez del grano, lo que se considera como de ciclo intermedio a tardío, habiéndose considerado los mismos criterios que se utilizaron en los dos viveros (VIOFLAR- 2005 y VIOFLAR-2006).

4.5.2. Altura de planta

Por lo que se refiere a la altura de planta, las variedades Aztecas A06 y Humaya A92 mostraron menor altura con sólo 75 cm, y con respecto a las cinco restantes, la de mayor altura resultó Cárdenas A80 ya que esta variedad fue liberada para condiciones de temporal sin embargo se ha adaptado bajo riego en siembra directa en algunas zonas arroceras de Jalisco (Ortega y Wong 2000); cuya altura osciló de 75 a 108 cm que corresponde a plantas de paja corta a intermedia; esta característica es importante ya que como se mencionó anteriormente influye directamente sobre la resistencia al acame, (Vergara, 1976).

4.5.3. Aceptabilidad fenotípica

la aceptabilidad fenotípica corresponde a plantas con arquitectura de muy buena, escala de 1, ejemplos las variedades Humaya A92 (Wong,1992) y Tomatlàn A97 (Ortega y Wong,2000); sólo una regular típica temporalera Cárdenas A80 (Marquéz, Hernández y Méndez,1980),con escala de 5, y las cinco restantes: Aztecas A06 (Aguirre 2005 citado por Hernández 2006),Cotaxtla A90 (Ayón y García, 1993), Sauta A05 (Ríos, 2005 citado por Hernández, 2006), Temporalero A95 (Rodríguez y colaboradores,1996),y Champotón Mejorado(Rodríguez 2006 citado por Hernández,2006) con escala de 3, consideradas como buenas, ya que son compactas y semi-compactas, y además algunas plantas como la variedad Cárdenas A80 son semiabiertas debido al peso del grano maduro de las panículas pero sus tallos se caracterizan por su buen vigor.

4.5.4. Potencial de rendimiento

El potencial de rendimiento fluctuó de 9.9 a 13.3 t/ha, cuyo rango es muy bueno para cultivos por el sistema de siembra directa, estos rendimientos son elevados considerando que la Universidad de Filipinas (1979), señala que las variedades mejoradas de arroz bien manejadas sólo producen de 5 a 6 t/ha de grano.

4.5.5. Tamaño y forma del grano

El tamaño y forma del grano varía de una a otras variedades, ya que se trata de materiales que fueron liberados o están por liberarse en diferentes zonas arroceras de México, en base a los requerimientos de los productores e industriales en cuanto a tipos de grano, que van de largos-delgados, medios-delgados a medianos-medianos, todos cristalinos. Estos tipos de granos son de la preferencia de la población del sureste de nuestro país, Rodríguez, (2003).

4.5.6. Calidad molinera del grano

El porcentaje de granos pulidos enteros oscila de 53% en la variedad Sauta A05 a 65 % en la variedad Temporalero A95. Como ya se ha mencionado esta es una característica importante en la industria arroceras ya que se requiere de una recuperación de granos pulidos mínima del 50 %, (Hernández y Tavitas , 2005).

4.5.7. Calidad culinaria del grano

La calidad culinaria de los ocho materiales es buena, ya que sus granos al cocinarse son suaves, separados y también abiertos, e incluso el grano de algunas líneas se infla ligeramente al cocinarse lo que las hace mas rendidoras en

el plato. Estas variedades pertenecen a la subespecie Indica, cuyo grano es delgado, cristalino y con alto contenido de amilosa, por lo que al cocinarse los granos se esponjan y permanecen separados, característica que es del agrado de la población mexicana, (Hernández, 1992).

V. CONCLUSIONES

Basándose en los objetivos, así como en los resultados obtenidos en el presente trabajo, se llegó a las siguientes conclusiones:

1. De las 323 líneas que se evaluaron correspondientes a los materiales del FLAR (VIOFLAR-2005 y VIOFLAR-2006) y las variedades mexicanas incluidas como testigos, fueron seleccionados sólo 77 genotipos por haber reportado buenas características agronómicas.
2. Con respecto a los ciclos vegetativos de los 77 materiales seleccionados, considerando días a floración y días a madurez del grano, correspondieron a ciclos de intermedio a tardío, lo cual podría permitir a los productores cultivar en los dos ciclos agrícolas, primavera-verano y otoño-invierno.
3. Los genotipos seleccionados corresponden al prototipo clásico de planta de paja corta a intermedia; por esta razón se considera que estos materiales son adecuados para establecerse y manejarse por el sistema de siembra directa bajo riego a altitudes casi a nivel del mar si problemas de acame.
4. Con relación a la aceptabilidad fenotípica, que concierne a la arquitectura de la planta, los genotipos seleccionados se caracterizan porque sus plantas son de

compactas a semi-compactas, con tallos vigorosos, gruesos y resistentes al acame.

5. El potencial de rendimiento que reportaron los materiales seleccionados osciló de 9.5 a 13.3 t/ha que son satisfactorios, ya que para que el cultivo del arroz de grano delgado sea competitivo y rentable requiere de variedades con más de 9.0 t/ha de rendimiento, con las cuales los productores podrán reanudar el cultivo del arroz de grano delgado en aquellas zonas que habían abandonado, con cuya producción paulatinamente se tendría la tendencia a la reducción de las importaciones.

6. El tamaño y forma del grano que reportan los materiales seleccionados corresponden al rango de granos largos-delgados, largos-medianos y medianos-medianos. A los tres tipos de granos a nivel comercial se les conocen como granos largos-delgados que son los que requieren los productores de grano tipo Sinaloa.

7. La apariencia física de los granos de las líneas seleccionadas es cristalina parecida a la de los granos que se importan de Estados Unidos.

8. Los genotipos seleccionados reportaron una recuperación de más del 50% de granos pulidos enteros; este parámetro es de suma importancia para la industria arrocera.

9. La calidad culinaria y de degustación de los materiales seleccionados reportaron buena calidad, ya que los granos al cocinarse resultaron completamente cocidos, separados, suaves e incluso se observó que algunos aumentaron su volumen al inflarse, lo que significa que tienen buen rendimiento en el plato.

VI. RECOMENDACIONES.

1. Los 295 genotipos integrantes del VIOFLAR-2005 y VIOFLAR-2006 fueron caracterizados minuciosamente mediante la aplicación de 19 variables. La semilla de las 77 líneas seleccionadas se encuentra bajo conservación en el Banco Nacional de Germoplasma de Arroz del INIFAP a través del Campo Experimental Zacatepec, para que sea utilizada en las siguientes etapas del proyecto a través de ensayos de rendimiento, de donde en su oportunidad las mejores líneas podrán ser aprovechadas como posibles nuevas variedades previa validación y demostración en lotes de productores, o bien para usarse como progenitores en programas de fitomejoramiento del INIFAP.

2. El cultivo y la comercialización del arroz de las actuales variedades de grano delgado mexicanas han sido desfavorables por su baja competitividad con los arroces delgados importados de Estados Unidos. Con la probable siembra comercial de las mejores líneas seleccionadas por su alto potencial de rendimiento y buena calidad del grano, estas podrán influir en la paulatina recuperación de las áreas de producción de este cereal, y al mismo tiempo ayudaran a los productores mexicanos a que puedan competir en precio y calidad de grano de importación, lo que se reflejará en el bienestar de los productores de los tres estratos: empresarios, campesinos y etnoagrícolas, y con el aumento de la producción nacional de arroz se evitará en parte que continúe la fuga de divisas como ha sucedido en los últimos 21 años con el aumento de las importaciones de arroz de grano delgado.

VII. BIBLIOGRAFIA.

- Andrus, J. and A.F. Mohammed, 1958. The Economy of Pakistan. Oxford University Press, Oxford.
- Angladette A. 1969, El arroz. Barcelona, España; Edit. . Blume, 867 p.
- Ayon, R.E y García, A.J.L. 1993. Cotaxtla A90, nueva variedad de Arroz de Temporal para la cuenca baja del Papaloapan y sur de Veracruz, SARH-INIFAP, Centro de Investigación Regional del Golfo Centro, C.E. Cotaxtla, Ver. Folleto técnico No. 2. 13 pp.
- Barletti, T. E, 1956. Jojutla Mejorado, nueva variedad de arroz para el estado de Morelos. Folleto de Divulgación SAG. IIA s/n, Zacatepec, Mor., 41 p.
- Calva, J. L., M, A, Gómez y R. Schwentesius. 1998. La producción de arroz en México en el Marco de la Apertura Comercial. Memorias del I Simposium Internacional de Arroz. SAGAR, INIFAP. Campo Experimental Zacatepec; Cocoyoc, Mor., 17 p.
- Chang, T.T., 1976. Manual Genetic Conservation of Rice Germoplasm, Evaluation and Utilization; International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines, p: 1-11.
- Chang T.T. and Oka H. I. 1976. Genetic information in the climatic adaptability of rice cultivars; In: "Proceedings of the Symposium on Climate and Rice"; IRRI, Los Baños, Laguna, Philippines, p: 87-114.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), 2003. Progress of rice breeding activities, In: Proceedings of the 20th Session of the International Rice Commission; held at Bangkok, Thailand, p: 36-45.
- FLAR., 2005. Fondo Latinoamericano para Arroz de Riego. Vivero Internacional de Observación (VIOFLAR, 2005)

- FLAR, 2006. Fondo Latinoamericano para Arroz de Riego. Vivero Internacional de Observación (VIOFLAR, 2006).
- Hernández, A. L., 1992. El arroz; Nuevos rumbos en su cultivo (primera parte), Cuadernos de Nutrición; Material coleccionable; Vol. 15, (6), (Nov.-Dic.); SIN-0186-3274, 21p.
- Hernández, A. L. 1993. El arroz, Nuevos rumbos en su cultivo (segunda parte), Cuadernos de Nutrición; Material coleccionable; Vol. 16 (1): (Ene.-Feb.); SIN-0186-3274, p:17-32.
- Hernández, A.L. 1994. Informe sobre Resultados del Mini-Proyecto: Mejoramiento de la producción de arroz para pequeños productores del Estrado de Morelos INIFAP-JICA. SEGAR-INIFAP-JICA; C.E. Zacatepec, Mor., mimeógrafo 36p.
- Hernández, A. L. y Tavitas, F. L., 2005. Plan nacional de investigación y apoyos a la transferencia de tecnología en la cadena agroalimentaria arroz. INIFAP-CONACYT- SAGARPA; CE Zacatepec, Mor., 66 p.
- Hernández, A.L. y Tavitas, F.L. 2006 Tecnología de semillas y manejos agronómicos de nuevos cultivares de arroz; propuesta en la convocatoria 5007-2006-1, fondos sectoriales SAGARPA-CONACYT, 36p.
- Hernández, A.L. 2006. Segundo Informe técnico ejecutivo y financiero del proyecto. Mejoramiento Genético del Arroz en el trópico de México. SAGARPA-CONACYT-INIFAP. 78pp.
- Hernández, M. I. 1994. Comportamiento del arroz (*Oryza sativa* L.) Variedad Morelos A92, Bajo tres niveles de Humedad. Tesis. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 87 p.
- Hernández, A. L., Tavitas, F. L., Ayala, S.A. y Salcedo, A. J., 2007. Alineación de la Investigación Nacional del INIFAP para la Cadena Agroindustrial de Arroz. Campo Experimental Zacatepec, Mor., 76 p.

Hernández, A. L., Tavitas, F. L., 2008 Comunicación Personal.

Hernández, A. L., 1986. Mejoramiento genético del arroz en México y su relación con los programas de producción de semillas. Curso de Capacitación al personal técnico del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de semillas (SNICS) – SARH, Campeche, Camp., mimeógrafo 11 p.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), 2007. Anuario Estadístico por Entidad Federativa en México; México, D. F.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI).
<www.inegi.gob.mx>

IRRI, 1975. Programa de Pruebas Internacionales de Arroz para América Latina; Los Baños, Laguna, Filipinas, 62 p.

Kato, H. *et al.* 1928. Epidemiology of Rice Blast Disease. Rev. Plant Protection Res., Tokyo, Japan, 20 p.

Khush, S.G., 2000. Taxonomy and origin of rice; **In:** Aromatic Rices; Oxford & IBH Publishing Co. Pvt. Ltd.; ISBN 81-204-1420-9; New Delhi-Calcuta, India, p: 5-9.

Loresto, C..G. and Jackson, M., 1992. Rice germplasm conservation; A Program Internacional.

Márquez, C, F.; Hernández, A.L. y Méndez, B. C. 1980. Cárdenas A80 nueva variedad de arroz de temporal para Tabasco. Suelos inundables e intermedios. SARH, CSAT-INIA. Boleta A-5, H. Cardenas, Tabasco 12 pp.

Morinaga, T. 1954. „Classification of rice varieties on the basis of affinity’. In: Reports for 5th Meeting of International Rice Commission’s Working Party on Rice Breeding. Ministry of Agric. And Forestry, Tokyo. Pp. 1-4.

- Oka, H.I. 1988. Origin of cultivated rice. Elsevier. Tokio. 254 p.
- Ortega, A.R. y Wong, P.J.J. 2000. Tomatlan A97. Nueva variedad de arroz para siembra de riego en la Costa de Jalisco. SAGAR-INIFAP. Centro de Investigación del Pacífico Centro. C.E. Costa de Jalisco. Folleto técnico No. 1. 12 pp.
- Osuna, C. F. J., Hernández, A. L., Tavitas, F. L., Salcedo, A. J. y Gutiérrez, D. L. J. 2000. Manual para la Producción de Arroz en la Región Central de México. INIFAP-SAGAR; Libro Técnico No.1, 62 p.
- Paredes, T. A., 1973. Recomendaciones para el cultivo de arroz en Morelos con las variedades Zapata A70 y Morelos A70; Centro de Investigaciones de la Mesa Central; Campo Experimental Progreso; Circular CIAMEC No. 44, 12 p.
- Porteres, R., 1956. Taxonomie agrobotanique des Riz cultives. Oriza sativa L. et O glaberrima. Steudel. J. Agric. Trop. Bot. Appl. 3: 341-856.
- Ramiah, K. 1937. Rice in Madras – popular Hanbook. Government Press, Madras.
- Rodríguez, A. J. H., 2003. Programa estratégico de necesidades de investigación y transferencia de tecnología. Cadena Agroalimentaria de Arroz; INIFAP, COFUPRO; Campeche, Camp., 109 p.
- Rodríguez, A. J.H., Osuna, C.F., Hernández, A.L. y Tavitas, F. L. 1996. Temporalero A95, Sabanero A95, Nuevas variedades para condiciones de temporal para el Estado de Campeche y Zonas similares al tropico de México, SAGAR-INIFAP-CIRSE, C.E. Edzna, Campeche. Publicación especial s/n. 24 p
- Roschevitz, R.J. 1931. „A contribution to the Knowledge of rice’. Bull. Appl. Bot. Genet. Plnt. Bree. (Leningrand) 27 (4): 1-133 (Russian with English summary).

- Sharma, G. R. and Manda, D. 1980. Excavations at Mahagara 1977-1978. A Neolithic settlement. In Belen Valley. Archeology, of the Vindhya And Ganga Valley, 6. Dep. of Ancient History, culture and Archeology, Univ. Of Allahabad, India.
- SIACON-SAGARPA, 2007. SIACON (Sistema de información agropecuaria de Consulta) SAGARPA www.siap.sagarpa.gob.mx
- Solheim, W.G. II 1972. „An earlier agricultural revolution’. Scient. Am. 226 (4): 43-41.
- Tavitas, F. L., 1996. Conservación de germoplasma de arroz en México. Memoria de Resúmenes del XVI Congreso de Fitogenética; Acapulco, Gro.; Notas Científicas; ISBN-968-839-215-4, p: 336.
- Tavitas, F. L., 2000. Informe técnico del proyecto: Establecimiento de un Banco de Germoplasma de las Especies de Importancia Económica en Morelos; INIFAP-Fundación Produce Morelos A.C., Campo Experimental Zacatepec, 45 p.
- Tavitas, F. L. y Hernández, A. L., 2000. Catálogo de variedades de arroz que actualmente se cultivan en México; SAGAR-INIFAP-CONACYT; CE Zacatepec; Publicación Especial No.24, 55 p.
- Tavitas, F. L. 2001. Informe técnico del proyecto Banco Nacional de Germoplasma de Arroz ; INIFAP-Campo Experimental Zacatepec; Zacatepec, Mor., 32 p.
- Tavitas, F.L. 2001. Identificación de tipos y variedades en muestras de arroces comerciales. INIFAP. C.E. Zacatepec, trabajo utilizado para la PROFECO. Miniografo. 18 pp.
- Tavitas, F. L. y Hernández, A. L. 2004, Los recursos genéticos de arroz y su utilización en México. SAGARPA-INIFAP-SINAREFI, CE Zacatepec, Mor., Publicación Especial No. 40. 41p.

- Tavitas, F. L., 2007. Proyecto colaborativo para la obtención de variedades de arroz de riego con grano largo delgado en el trópico de México. Informe técnico. INIFAP, CE Zacatepec, Mor., 20 p.
- Universidad de Filipinas 1979, El cultivo del arroz; Manual de producción.,Edit. LIMUSA, México, D. F., 425 p.
- Vergara, B.S., 1976. Physiological and morfological adaptability of rice varieties to climate, **In:** Proceedings of the Symposium on Climate and Rice; IRRI, Los Baños, Laguna, Philippines, p:67-85.
- Whyte, R.O. 1972. „The Gramineae. Wild and cultivated plants of monsoonal and equatorial Asia 1. Southeast Asia’. Asian Perpect. 15: 127-151.
- Wong, P. J.J. 1993. Humaya A92: Nueva variedad de arroz para Sinaloa. SARH-INIFAP.Centro de Investigación Regional del Noreste, C.E. Valle de Culiacán. Folleto técnico No. 17. 8 pp.

VIII. APÈNDICE (ANEXO 1)

RENTABILIDAD DEL CULTIVO DE ARROZ, A TRAVÈS DE LA RELACIÒN BENEFICIO/COSTO.

Las condiciones socio-económicas que prevalecen en el entorno del cultivo del arroz en México, consisten en que este cultivo ha formado parte importante de los sistemas de producción; arroz-jitomate-arroz y arroz-caña de azúcar- arroz. Hasta mediados de los años 90's del siglo pasado su cultivo sólo establecido y manejado por el sistema de trasplante bajo riego de inundación, el cual durante los años 80's reportó buena rentabilidad para los productores con relaciones beneficio/costo (B/C) de 2.01 (1981); 1.83 (1982); 1.96 (1983); 2.30 (1984); 3.08 (1985); 1.98 (1986); (Hernández, 1986).

Aparentemente, la tendencia fue similar de 1987 a 1989 en que el B/C reportó una media de 2.00; sin embargo con la entrada de México al GATT (1989), EN 1990 fueron cancelados los precios de garantía al arroz y a los otros granos básicos de la canasta Mexicana que el Gabinete Agropecuario del Gobierno Federal proporcionaba a los granos, de ahí que a partir de 1990 los B/C se redujeron a 0.70 y a 0.72 (1991); y como esta situación amenazaba con propagarse en detrimento de los productores arroceros, en 1992 se establecieron proyectos de colaboración entre el INIFAP y la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA), para tratar de mecanizar las labores manuales del sistema tradicional del cultivo como la adecuación del terreno, el trasplante y la cosecha que son las que más influyen en el aumento de los costos de producción. Con los resultados de este

proyecto en que se estableció la cosecha con maquina combinada, se logró el incremento de la rentabilidad nuevamente a 1.05 (1993) y a 1.08; y no obstante que en 1994 se abrió la frontera a la importación de arroz altamente subsidiado con la entrada en vigor del TLCAN, el B/C en el cultivo del arroz calidad Morelos tuvo una tendencia a estabilizarse en 1.14. (Hernández, 1994).

A fines de los 80's y principios de los 90's, cuando se incrementó de manera notable la importación de arroz, misma que se mantiene hasta la fecha, éste se importó de Estados Unidos y de algunos países asiáticos como Tailandia y Vietnam. A raíz de la entrada en vigor del tratado del libre comercio de América del Norte (TLCAN) en 1994, Estados Unidos se convirtió prácticamente en el único abastecedor de arroz a México debido a las reducciones progresivas en las fracciones arancelarias correspondientes, convenidas durante las negociaciones del TLCAN, en las que se estipula que de un arancel a la importación de arroz palay de 6% en 1997, se llegaría aun arancel de 1% en el año 2002, hasta eliminarse por completo en el año 2003.

Lo anterior ha obligado al productor mexicano a competir en condiciones desventajosas con los productores de arroz de Estados Unidos, debido a la disparidad en subsidios y otros apoyos tanto directos como indirectos, así como a factores adicionales también adversos para el productor nacional, como el mayor costo del financiamiento y la carencia o condiciones deficientes de infraestructura básica como carreteras y centros de acopio, entre otros. (Ozuna, 2000).

Relación Beneficio/Costo. Como complemento de lo anterior, se hizo un ejercicio para determinar la rentabilidad del cultivo a través de la relación beneficio/costo, considerando el cultivo de una de las mejores líneas seleccionadas de ambos viveros del FLAR con rendimientos medios de 10 t/ha; para tales efectos se consideraron los costos de producción correspondientes al año 2006 que fueron de \$10,300.00 para el sistema de siembra directa bajo riego y el valor de la producción en base al precio del arroz palay de grano delgado que en ese año fue de \$2,000.00 la tonelada.

A continuación se presenta una tabla donde se observa los costos de cultivo por hectárea en arroz de riego por siembra directa:

CONCEPTOS

PREPARACIÓN DEL TERRENO:

Barbecho	425.00
Rastreo	445.00
Nivelación	115.00
Curvas de nivel	75.00
Bordeo y canales	125.00
Limpia de canales	60.00
	\$1,245.00

ESTABLECIMIENTO DEL CULTIVO:

Semilla	1,500.00
Siembra	150.00
	\$1,650.00

FERTILIZACIÓN:

Fertilizantes	850.00
Aplicación	275.00
Fletes y maniobras	75.00
	\$1,200.00

MANEJO DEL AGUA:

Trazo de riego	100.00
Cuota por servicio de riego	225.00
Riego de germinación	55.00
Riegos de auxilio	450.00
	\$830.00

LABORES FITOSANITARIAS:

Cuota fitosanitaria	25.00
Herbicidas	1,400.00
Aspersión aérea de herbicidas	175.00
Insecticidas	90.00

Aplicación aérea de insecticidas	175.00
“Chaponeo”	110.00
Pajareo	450.00
	\$1,250.00

LABORES DE COSECHA:

Trilla	600.00
Fletes	800.00
	\$1,400.00

TOTAL COSTOS INDIRECTOS:

Intereses	900.00
Seguro agrícola	650.00
	\$1,550.00

COSTO TOTAL: \$10,300.00

$$\text{B/C} = \frac{\text{VALOR DE LA PRODUCCIÓN} - \text{COSTO DE PRODUCCIÓN}}{\text{COSTO DE PRODUCCIÓN}}$$

COSTO DE PRODUCCIÓN

$$\text{B/C} = \frac{(10 \text{ TON. X } \$2.000.00) - \$10.300.00}{\$10.300.00} = \frac{\$20.000.00 - \$10.300.00}{\$10.300.00}$$

$$\text{B/C} = \frac{\$9,700.00}{\$10.300.00} = \$0.94$$

EL PRODUCTOR, POR CADA PESO INVERTIDO, OBTIENE: \$0.94 DE UTILIDAD.