

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán

EFFECTO DE LA FORMULA DE PRODUCCION
SOBRE LAS COMPONENTES DE RENDIMIEN-
TO DE DOS VARIETADES DE MAIZ DE RIEGO.

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRICOLA
P R E S E N T A N
FERNANDO MERA OLVERA
ELOISA VIDAL LEZAMA

Director de la Tesis: M. C. José Luis Arellano Vázquez



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 está 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.

I N D I C E

	P A G .
LISTA DE CUADROS Y FIGURAS	vii
LISTA DE CUADROS DEL APRENDICE	viii
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	4
2.1 Conceptos Generales	4
2.2 Crecimiento y Desarrollo	7
2.3 Producción, Distribución y Acumulación de Fotosintatos	13
2.3.1 Producción	13
2.3.2 Distribución	16
2.3.3 Acumulación	19
2.4 Componentes de Rendimiento	22
2.4.1 Definición	22
2.4.2 Compensación entre Componentes de Rendimiento	26
2.4.3 Correlación entre Componentes de Rendimiento	28
2.5 Influencia de la Densidad de Siembra, la Fertilización y otras Prácticas Cul- turales, sobre el Rendimiento y sus Com- ponentes	35
3. MATERIALES Y METODOS	52
3.1 Localización de los Ambientes de Produc- ción y Condiciones Climáticas	52
3.1.1 Localidades "La Estancia" y "Xo - thí"	52
3.2 Establecimiento y Conducción de los Ex-	

perimentos	56
3.3 Características de los Genotipos Experimentales	58
3.4 Diseño Experimental	59
3.5 Toma de Datos	62
3.6 Análisis Estadístico	63
3.6.1 Análisis de Varianza	63
3.6.2 Comparación de Medias	64
3.6.3 Coeficientes de Correlación	64
4. RESULTADOS Y DISCUSION	65
4.1 Análisis de Varianza de las Componentes de Rendimiento	65
4.2 Comparación de Medias por Planta de las Componentes de Rendimiento por Localidad	67
4.3 Comparación de Medias por Planta de las Componentes de Rendimiento por Variedad	70
4.4 Comparación de Medias por Planta de las Componentes de Rendimiento para las Combinaciones de Localidad-Variedad	73
4.5 Comparación de Medias por Planta de las Componentes de Rendimiento por Fórmula de Producción	76
4.6 Comparación de Medias por Planta de las Componentes de Rendimiento para las Combinaciones Localidad-Variedad-Fórmula de Producción	79
4.6.1 La Estancia - H-133 - Fórmula de Producción	79

4.6.2 La Estancia- Criollo-Fórmula de Producción	82
4.6.3 Xothí - H-133 - Fórmula de Producción	85
4.6.4 Xothí-Criollo-Fórmula de Producción	87
4.7 Correlaciones entre Componentes de Rendimiento en las Combinaciones Localidad-Variiedad-Fórmula de Producción	95
4.7.1 La Estancia - H-133-120-80 (60)	95
4.7.2 La Estancia-Criollo-40-40 (50)	97
4.7.3 Xothí - H-133-120-80 (50)	99
4.7.4 Xothí-Criollo-80-60 (60)	101
5. CONCLUSIONES	106
APENDICES	109
BIBLIOGRAFIA	116

CUADRO

3.1 Distribución de la Población de Plantas	56
3.2 Fórmulas de Producción Iniciales	60
3.3 Fórmulas de Producción Aplicadas	61
3.4 Fuentes de Variación y Grados de Libertad del Diseño Utilizado	64
4.1 Valores de la Prueba de 'F' y su Nivel de Significancia de las Componentes de Rendimiento en las Fuentes de Variación	66
4.2 Comparación de Media por Planta de las Componentes de Rendimiento por Localidad	69
4.3 Comparación de Media por Planta de las Componentes de Rendimiento por Variedad	72
4.4 Comparación de Media por Planta de las Componentes de Rendimiento para las Combinaciones de Localidad-Variedad	75
4.5 Comparación de Media por Planta de las Componentes de Rendimiento por Fórmula de Producción	78
4.6 Comparación de Medias por Planta de las Componentes de Rendimiento para la Combinación La Estancia - H-133 - Fórmulas de Producción	81
4.7 Comparación de Medias por Planta de las Componentes de Rendimiento para la Combinación La Estancia-Criollo-Fórmula de Producción	84
4.8 Comparación de Medias por Planta de las	

Componentes de Rendimiento para la Combinación Xothí - H-133 - Fórmulas de Producción	86
4.9 Comparación de Medias por Planta de las Componentes de Rendimiento para la Combinación Xothí-Criollo-Fórmulas de Producción	88
4.10 Fórmulas de Producción Adecuadas para las Componentes de Rendimiento de Acuerdo a la Combinación Localidad-Variedad	90
4.11 Matriz de Correlaciones de las Componentes de Rendimiento en la Combinación La Estancia - H-133-120-80(60)	96
4.12 Matriz de Correlaciones de las Componentes de La Estancia-Criollo-40-40(50)	98
4.13 Matriz de Correlaciones de las Componentes de Xothí - H-133-120-80(50)	100
4.14 Matriz de Correlaciones de las Componentes de Xothí-Criollo-80-60(60)	102

FIGURAS

1. Localización del Distrito de Riego No. 100 en el Estado de Hidalgo	53
2. Localización de la Zona Experimental en el Distrito de Riego	54
3. Ubicación de las Localidades en la Unidad de Riego No. 1 E. Biestro M.	55

1.A. Temperatura y Precipitación Pluvial durante la Estación de Crecimiento (1983) y Promedio de 10 años del Municipio de Chilcuaútla, Hgo.	109
2.A. Características Físicas y Químicas de los Suelos en las Localidades La Estancia y Xothí	110
3.A. Resultados de Análisis de Varianza de Altura de Planta	111
4.A. Resultados de Análisis de Varianza de Rendimiento Biológico	111
5.A. Resultados de Análisis de Varianza de Peso de Mazorca	112
6.A. Resultados de Análisis de Varianza de Longitud de Mazorca	112
7.A. Resultados de Análisis de Varianza de Diámetro de Mazorca	113
8.A. Resultados de Análisis de Varianza de Rendimiento Económico	113
9.A. Resultados de Análisis de Varianza de Peso de Olote	114
10.A. Resultados de Análisis de Varianza de Número de Hileras	114
11.A. Resultados de Análisis de Varianza de Peso de 200 granos	115

1. INTRODUCCION

El origen geográfico del maíz no se conoce con exactitud, las evidencias muestran a México como el más probable centro de origen y datan de 80,000 años de edad (Duncan, 1978); desde entonces el maíz ocupa un lugar importante en las actividades socioeconómicas de la población mexicana.

Actualmente, el cultivo de este cereal ocupa el primer lugar a nivel nacional tanto en superficie, 42.8%, del área total cosechada, como en valor de la producción, 26.4%, aún cuando el rendimiento promedio por hectárea a nivel nacional (1795 Kg) es muy bajo (SPP, 1982).

El consumo per cápita fue en 1980 de 238.942 Kg, la tasa de crecimiento demográfico de 3.3 y la producción creció a un ritmo medio anual de 3.4, mientras que la tasa de crecimiento medio anual para la importación fue de 18.6 (SPP, 1982). Estas cifras nos muestran la problemática alimenticia que afrontamos y la urgencia de incrementar la producción con bajos costos.

El Distrito de Riego NO. 100, al estar dentro de un estado agrícola temporalero por excelencia como lo es Hidalgo, en donde el maíz de riego ocupa sólo un 18.1% (DGEA, 1980) de la superficie sembrada y el rendimiento promedio por hectárea es aún más bajo que el promedio nacional (135 Kg) (DGEA, 1980), se enfrenta a la necesidad de tener altos rendimientos cooperando con agricultores que tienen un conocimiento empírico de las técnicas de cultivo, mismas que se necesitan adecuar a los requerimientos nacionales.

En el presente trabajo se considera a un municipio, el cual cuenta con tres cuartas partes de tierra de temporal, sin embargo, existe una tendencia a incrementar la superficie de labor bajo riego; es por esto que en el experimento se considera de utilidad trabajar dentro de un Distrito de Riego.

En gran parte de los trabajos experimentales ya sean de selección y evaluación de genotipos, ensayos de dosis de fertilización, pruebas de densidad de siembra, etc. se ha considerado como principal criterio al rendimiento final como carácter independiente e indivisible. Actualmente, considerando los procesos fisiológicos íntimamente relacionados con la producción, distribución y acumulación de fotosintatos por los órganos vegetales, se contempla al rendimiento económico como la resultante de dichos procesos, así como de la interacción de los mismos con los factores ambientales.

Así también al rendimiento económico se le considera como el producto de un complejo de estructuras y procesos e interacciones fisiológicas llamadas "Componentes de Rendimiento" y su cuantificación es posible mediante el uso de índices fisiotécnicos y la medición directa de las componentes morfológicas del rendimiento; en el presente estudio las componentes fisiotécnicas del rendimiento no son consideradas, sino más bien son las componentes morfológicas las que nos permiten visualizar el comportamiento de las variedades.

Los objetivos que se persiguen en este trabajo son los siguientes:

1. Determinar el efecto de localidad, variedad y fórmula de producción (dosis de fertilización y densidad de población), sobre las componentes de rendimiento morfológicas en dos variedades de maíz de riego.
2. Definir cuáles son las componentes de rendimiento que determinan en mayor proporción el rendimiento económico.
3. Inferir en base al mejor rendimiento económico y rendimiento biológico la fórmula de producción más adecuada para cada variedad y localidad.

Las hipótesis de trabajo consideradas para este experimento son:

- A. Las componentes de rendimiento se comportan en forma diferencial cuando se modifica:
 - a) la variedad,
 - b) la localidad utilizando la misma variedad,
 - c) la fórmula de producción manteniendo constante la variedad y la localidad.
- B. La mejor fórmula de producción permite obtener una mejor expresión en todas las componentes de rendimiento.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 Conceptos Generales

Es conveniente señalar algunos conceptos importantes que nos permitan entender el comportamiento de la población de plantas cultivadas.

Billings (1968) indica que el ambiente es la suma de todas las sustancias y fuerzas que actúan sobre los organismos modificando su crecimiento, su estructura y su producción en un lugar dado; señala este autor que el ambiente es muy complejo y debe ser considerado como un conjunto de interacciones holocenóticas, es decir, un sistema interdependiente e interactuante que comprende al medio y la planta.

Específicamente cada cultivo requiere de un ambiente de producción bien definido y las limitaciones relativas para la producción debido a la fotosíntesis en diferentes estados del ciclo de vida, aún en cultivares locamente adaptados, dependen en gran medida de las condiciones ambientales, las cuales varían de lugar a lugar y de año a año (Evans y Wardlaw, 1976).

Tomás y Hill citados por Hoyt y Bradfield (1962), señalan que la fotosíntesis de maíz y otras plantas bajo condiciones de campo, responde a una muy alta intensidad de luz. Una interpretación de este fenómeno podría ser que altas intensidades de luz son requeridas para que todas las hojas alcancen su máxima fotosíntesis.

Se ha estimado que las fluctuaciones en la producción de los cultivos dependen de un 60 a un 80% de los efectos ambientales encontrándose que los factores que mayor influencia tienen son fundamentalmente la temperatura y la precipitación pluvial (Barrales, 1983). Dichos efectos se presentan en dos aspectos: efectos climáticos de gran magnitud que afectan grandes áreas agrícolas y efec-

tos de magnitud diaria o semanales o de cualquier otra periodicidad que inducen y provocan determinados comportamientos biológicos en los cultivos (Christiansen citado por Barrales, 1983).

Shanker citado por Barrales (1983), trabajó con trigo empleando temperaturas máximas, medias y mínimas, así como precipitación pluvial y duración del día; encontró correlaciones negativas entre temperaturas máximas, medias y mínimas con altura de planta y también correlaciones negativas entre lluvia acumulada y crecimiento.

La estación de crecimiento es un concepto que involucra varios factores y se define como el número consecutivo de meses que presentan condiciones ambientales favorables para el desarrollo y producción de un cultivo. Este aspecto es el más importante desde el punto de vista de la sobrevivencia y rendimiento de una planta, la longitud de estación de crecimiento se ve afectada básicamente por la temperatura y la longitud del día (Arellano, 1983).

Andrew et al., (1956) compararon dos híbridos de maíz en dos ambientes de producción diferentes; Holanda y Wisconsin, y los rendimientos de una variedad variaron de 86.1 bushels/acre en Holanda a 62.9 bushels/acre en Wisconsin. Esta diferencia la atribuyeron a una mayor estación de crecimiento en Holanda, donde un promedio de 155 días son necesarios para alcanzar la madurez, mientras que en Wisconsin ésta fue de 80-85 días. Además de que el ambiente de Holanda contó con una uniforme distribución de precipitación pluvial, alta fertilidad del suelo y baja incidencia de enfermedades.

Otro aspecto de suma importancia es la fotosíntesis, pues ésta

proporciona el mayor incremento en el peso seco del cultivo y la energía metabólica requerida para desarrollo del mismo. El curso de la fotosíntesis del cultivo debe por lo tanto ser una mayor de terminante del rendimiento (Evans y Wardlaw, 1976).

Estudios en maíz han demostrado diferencias varietales para ta sas fotosintéticas (Duncan y Hesketh, citados por Mock y Pearce, 1975), evaluaron 22 razas de maíz y encontraron ta sas fotosintéticas en un rango de 36 a 59mg CO²/dm² a 30°C.

El rendimiento de grano en cereales es un carácter complejo que resulta de la interacción de muchos caracteres primarios de la planta entre sí y de estos caracteres con el ambiente, y en don de el rendimiento, desde el punto de vista genético es un carácter controlado por la acción conjunta y aditiva de varios genes, la mayoría de éstos no han sido identificados (Wallace, Ozbun y Munger, citados por Beratto et al., 1974). Inclusive algunos dicen que no existen genes para el rendimiento propiamente como tal (Williams y Gilbert; Marlborn, citados por Beratto et al., 1974a) para ellos, el control genético para el rendimiento es indirecto y se ejerce a través del control de las componentes fisiológicas, las cuales interaccionan para dar un rendimiento económico.

La relación entre ambiente y planta radica que en la acepción más simple, la planta es la resultante de la interacción dinámica y continua entre su constitución genética y al ambiente. La expresión útil de la interacción que se genera entre la constitución genética de la planta y el medio ambiente en el cual crece y se desarrolla en su producción es el rendimiento de grano (Ebera -

tto et al., 1974a).

El rendimiento es la materia seca o producto final de la transformación de energía física a energía química que hace un genotipo (o condición genética) mediante una serie de procesos fisiológicos, reacciones bioquímicas y estructuras morfológicas bajo la acción de las fuerzas ambientales y con la participación voluntaria o involuntaria del hombre (Arellano, 1983).

El rendimiento de un cultivo de grano puede ser definido como el producto de la tasa promedio de producción de grano (incremento de peso seco por unidad de área por unidad de tiempo) y la duración de la formación del grano (unidad de tiempo) (Daynard et al., 1971).

Kohashi (1982) menciona que para que el rendimiento por unidad de área sea no solamente máximo, sino además se obtenga con eficiencia, se requiere la captación máxima de energía solar, su transformación con mínimo dispendio de fotosintatos y la canalización de éstos hacia la semilla, lo cual se refleja en un alto índice de cosecha. El rendimiento por unidad de área foliar está condicionado por la densidad de población y el rendimiento por planta. El rendimiento por planta es consecuencia de su morfología, misma que se refleja en la asignación de la materia seca y en otros parámetros tales como el área foliar y su duración.

2.2. Crecimiento y Desarrollo

Durante todo el proceso de crecimiento, desde la germinación hasta la madurez fisiológica, interaccionan continuamente una se-

rie de factores y procesos que en cualquier momento pueden limitar la expresión potencial de la producción de un cultivo. El impacto relativo de las limitaciones de estos procesos varía según el tipo de cultivo y las condiciones del medio, especialmente en condiciones fisiológicas clave en donde empieza a manifestarse el rendimiento (Fanjul, 1978).

El crecimiento es un proceso cuantitativo y cualitativo en donde hay un incremento irreversible en peso, volumen y altura por efecto de la multiplicación celular y el aumento del contenido citoplasmático; se puede expresar cuantitativamente en términos de longitud, área, diámetro, peso fresco, volumen, etc., y desde un punto de vista fisiológico el crecimiento se puede expresar a través de análisis de peso seco y área foliar. (Milthorpe, 1979).

El crecimiento se puede estudiar de varias maneras ya sea midiendo alguna parte de la planta o la planta completa a intervalos de tiempo. Al graficar esta información se obtiene una curva sigmoide, en la que se reconocen tres fases: a) fase logarítmica o inicial, b) fase de máximo crecimiento o lineal y c) fase final o de senectud (Salisbury, Bastin, Leopold citados por Jiménez, 1979).

El desarrollo es un proceso cualitativo que implica diferenciación de estructuras, y se refiere al cambio sobre el modelo o tipo de las actividades vegetativas a lo largo del ciclo vital de la planta; de este modo el crecimiento vegetativo y reproductivo presentan distintas fases de desarrollo, ya que implican modelos distintos en el metabolismo y en la movilización de fotosintatos

(Croft et al., citados por Osuna, 1980).

Watson citado por Jiménez (1979), atribuyó una gran importancia al crecimiento foliar y al índice de área foliar en las etapas tempranas del cultivo. Posteriormente la fase final del ciclo cobró más importancia desde que Archbold (citado por Evans y Wardlaw, 1979), demostró que el crecimiento de grano está ampliamente influenciado por la asimilación postantesis. Más recientemente se ha resaltado que la capacidad de almacenamiento del grano puede limitar el rendimiento tanto como la incapacidad del cultivo para proveerlo de fotosintatos durante la etapa de llenado. En términos de la relación fuente-demanda es importante recordar que el tamaño potencial del grano o del sitio de demanda, está determinado por el suministro de fotosintatos en las etapas iniciales de la planta; también debe considerarse que las etapas vegetativas, reproductiva y de llenado de grano, deben encontrarse en balance para lograr rendimientos altos y estables (Evans y Wardlaw, 1976).

De acuerdo con lo descrito por Tanaka y Yamaguchi (1972), el proceso de crecimiento en maíz se divide en 4 partes. La fase inicial, en la cual brotan las hojas y posteriormente se desarrollan en sucesión acropétala (de abajo hacia arriba). La producción de materia seca es lenta. Esta fase termina al iniciarse ya sea la diferenciación de los órganos productivos, o la elongación de los entrenudos o bien ambos casos. En la fase vegetativa activa, se desarrollan las hojas, el tallo y el primordio de los órganos reproductivos. Primeramente ocurre un incremento activo del peso de las hojas y posteriormente del tallo. Esta fase termina

con la emisión de los estigmas (jiloteo). En la fase inicial de llenado de grano, el peso de las hojas y el tallo continúa aumentando a una velocidad menor. Continúa el aumento en el peso de las espatas y del raquis, y el peso de los granos se incrementa lentamente. Esta puede ser considerada como una etapa transitoria entre la vegetativa y la de llenado de grano. La fase de llenado activo del grano, presenta un rápido incremento en el peso de los granos, que va acompañado por un ligero abatimiento del peso en hojas, culmo, espatas y raquis.

Algunos autores resaltan la importancia de la fase de llenado de grano como se observa a continuación.

Watson citado por Mock y Pearce (1975), menciona que el llenado de grano debería ocurrir durante los meses de la estación de crecimiento con condiciones climáticas favorables para la fotosíntesis.

Gunn y Christiansen (1965), encontraron que en los híbridos tardíos de maíz fue característico un período de llenado de grano más largo y granos más largos que sus contrapartes precoces.

Allison (1964) consideró al comparar maíz y trigo, que la mayor producción del maíz, se debió a un período de llenado de grano más largo (10 semanas) que el trigo (7 semanas). También explicó que el maíz es mayor productor de grano porque sus hojas tienen una vida funcional más prolongada.

Daynard et al., (1971) informaron que en maíz, el 80% de las

diferencias en rendimiento entre tres híbridos se explicaron por variaciones en la duración efectiva del período de llenado, duración que definen como rendimiento final dividido entre el promedio de la tasa de acumulación en el grano durante el período de formación del mismo. De esto, concluyeron que puede aumentarse el rendimiento en maíz extendiendo el período efectivo de llenado de grano.

Datos de maíz presentados por Eastin muestran que el período de anthesis a madurez, el cual varía de 31 a 56 días es consistentemente más largo en los híbridos de alto rendimiento y que hay una correlación positiva entre la longitud de este período y el rendimiento del grano (Evans y Wardlaw, 1976).

Johnson y Tanner (1972), mencionan que el rendimiento de grano en maíz es una función de la tasa y duración de la acumulación de materia seca en el grano. Determinaron que un 90% de la acumulación del grano principia a las dos semanas después del ji loteo. También mencionan que el período total de llenado de grano, podría ser dividido en: 1) un período lento, 2) un período propiamente de llenado de grano y 3) período de nivelación de acumulación de materia seca.

El período de llenado de grano del ideotipo de maíz debiera ser tan largo como sea posible prácticamente, es decir, lo suficientemente largo, para permitir una máxima producción y almacenamiento de materia seca, pero no tan largo, que ocurra la muerte de la hoja antes de la madurez fisiológica (Mock y Pearcc, 1975).

Así también se menciona ciertos períodos críticos durante el ciclo de vida de maíz. Huda citado por Barrales (1983), mencionó como etapas sensibles a desviaciones de las variables del clima a un período de tres semanas antes del jiloteo y floración masculina, y durante las tres semanas que le siguen a la floración femenina.

Frey (1981), determinó en un experimento con dos maíces híbridos, que una etapa crítica en el desarrollo de maíz y que es altamente dependiente del suministro de asimilados, es el período de dos a tres semanas después del 50% del jiloteo y es en este período cuando el número final de granos se determina.

Tollenar citado por Frey (1981), considera que un período crítico en el ciclo de vida del maíz empieza aproximadamente dos semanas antes del jiloteo y continúa hasta dos o tres semanas después del mismo. Un stress antes del jiloteo puede causar fallas en el desarrollo de la mazorca, mientras que un stress después de la polinización resulta en una limitación del número de granos o en la abortición de los mismos.

Las respuestas de las plantas a los factores del medio ambiente muestran diferencias a través de su ciclo vegetativo.

La baja intensidad de luz, alta temperatura y tensión de humedad reducen la formación del grano en trigo (Hoshikawa, Asana, Wardlaw, citados por Evans y Wardlaw, 1976). El arroz es particularmente sensible a la baja intensidad de luz en el llenado de grano (Wang y Yan; Yoshida y Parao; citados por Evans y Wardlaw,

1976) como en maíz (Moss y Stinson, citados por Evans y Wardlaw, 1976; Prine, 1971). El maíz es muy sensible a la deficiencia de humedad en floración femenina (Denmead y Shaw, citados por Evans y Wardlaw, 1976).

2.3 Producción, Distribución y Acumulación de Fotosintatos

2.3.1 Producción

A menudo cuando se habla de producción de fotosintatos o asimilados, pensamos en las láminas foliares como las únicas responsables de la actividad fotosintética; si bien es cierto la importante labor de las hojas, existen también otras partes de la planta capaces de contribuir sustancialmente a la producción de fotosintatos.

Una característica importante de algunos cereales es la contribución fotosintética hecha por algunos tallos e inflorescencias, particularmente por los estados tardíos del crecimiento de grano. En cebada las vainas foliares que envuelven y sostienen las partes bajas del tallo, pueden ser tan activas fotosintéticamente como las láminas foliares (Thorne, citado por Evans y Wardlaw, 1976).

Hacia el final del período de llenado de grano la fotosíntesis del tallo y la panoja pueden llegar a ser la mayor fuente de asimilados disponibles, aunque en los estados tempranos del crecimiento del grano la fotosíntesis del tallo puede ser un componente sustancial (Evans y Rawson, citados por Evans y Wardlaw, 1976). Puckridge (citado por Evans y Wardlaw, 1976) encontró que

los tallos y las ramas foliares aportaron del 39% al 44% de la fotosíntesis del dosel en cultivos de trigo. La importancia de la fotosíntesis de la inflorescencia varía en una extensión considerable entre los cereales dependiendo de su posición y estructura. En aquellos cereales con inflorescencia terminal con glumas aristadas, tales como la cebada, centeno y muchos cultivares de trigo, la fotosíntesis de las espigas puede ser la mayor fuente de carbohidratos para el crecimiento del grano. Las espigas están expuestas a plena luz, en altas concentraciones de CO_2 y los asimilados por ellas producidos por estar más cerca a los granos, están en una posición más favorable para ser utilizados en el crecimiento del grano; la fotosíntesis de la espiga, puede constituir de un cuarto a la mitad de la fotosíntesis total del cultivo y contribuir con un 24% a 84% al crecimiento del grano (Birecka et al., Biscoe et al., Thorne, citados por Evans y Wardlaw, 1976).

Eastin citado por Jiménez (1979), informó que las cinco hojas superiores del sorgo exportaron a la panoja la misma proporción de fotosintatos. En plantas espaciadas, Fisher y Wilson (1971) estimaron que el 93% del peso del grano en un híbrido de sorgo, se debió a la fotosíntesis de la panoja y de las cuatro hojas superiores, contribuyendo cada una con 17% al 21%.

Las tasas fotosintéticas de las partes de las plantas de diferentes cultivos no son las mismas. En arroz y maíz, comparada con las hojas, la fotosíntesis neta de espiga y mazorca y de la vaina es muy baja y algunas veces es negativa (Matsushima, Takeda y Maruta; Tanaka, Tanaka et al., Yoshida y Cock). En cebada y arroz la fotosíntesis neta de espiga, vaina y tallo, es relativa-

mente alta (Birecka, Evans y Rawon; Lupton, Porter et al., Thorne, citados por Yoshida, 1972).

Thorne citado por Yoshida (1972), mostró que la fotosíntesis neta de la espiga de la cebada es casi la misma que la de la hoja bandera, mientras que en trigo la fotosíntesis neta en la espiga es mucho menor que en la hoja bandera. De este modo, la relativa importancia de la espiga y de la hoja bandera en el período del llenado de grano, difiere de cultivo a cultivo.

Mock y Pearce (1975) citan a Eastin quien indica que en maíz durante el llenado de grano aproximadamente el 90% de los fotosintatos producidos por las hojas colocadas arriba de la mazorca, es transportado a la mazorca en desarrollo y a los granos.

En maíz la espiga masculina intercepta de 4 a 20% de la radiación penetrante Duncan et al., citados por Evans y Wardlaw, (1976), pero la inflorescencia femenina está ubicada muy abajo en el dosel y aunque sus brácteas son fotosintéticas su contribución al crecimiento del grano es probablemente ligera.

Aunque el rendimiento de grano en cereales está directamente determinado por los eventos que tienen lugar durante el período de postantesis, Bingham afirma que el potencial de producción de grano de un cultivo es altamente dependiente de los eventos que ocurren en el período de preantesis. La etapa de crecimiento vegetativo determina tanto la capacidad de almacenamiento de los carbohidratos como de los órganos de importancia económica que actúan durante la etapa de crecimiento reproductivo, como la capacidad foto

sintética para sostener el crecimiento y desarrollo de estos órganos (Beratto et al., 1974).

2.3.2 Distribución

Los fotosintatos se forman en las partes verdes de las plantas especialmente en hojas (fuente), posteriormente son movilizados hacia otras partes como raíces, meristemos y órganos de reserva en crecimiento (demanda), donde son usados en dos formas: 1) como sustrato en el metabolismo adicional o 2) incorporados en elementos estructurales de las células (Kohashi, 1979).

Después de que se fija el CO_2 de la atmósfera y se elaboran los productos de la fotosíntesis en el mesófilo de la hoja, hay movimientos de ciertas sustancias hacia el tejido conductor (floema). Por lo general, la sacarosa u otros azúcares, forman la gran masa de materia orgánica que se mueve por el floema, Wardlaw citado por Fanjul (1978) desde el lugar de abastecimiento (fuente) hasta el órgano o tejido conductor.

En algunas gramíneas y en ciertas leguminosas el tallo o las raíces carnosas actúan como demandas adicionales, las cuales acumulan azúcares, cuando la demanda principal, representada por el grano no está presente, Verduin y Loomis citados por Fanjul (1978), posteriormente estos azúcares pueden ser utilizados nuevamente por el grano dependiendo de la capacidad y eficiencia de la planta para reincorporarlos al rendimiento.

Se ha establecido una generalización respecto al patrón de distribución

tribución: las hojas inferiores movilizan azúcares principalmente hacia las raíces, las de la parte superior hacia el ápice, mientras que las de la parte media exportan en ambas direcciones (Bidulph y Cory, citados por Fanjul, 1978). Sin embargo, hay que tener en cuenta que la planta no es un organismo estático y que la posición de una hoja, respecto al ápice está cambiando continuamente durante el desarrollo de la planta. Una generalización más precisa es que el patrón de distribución de las fotosíntesis está determinado por una disposición de las fuentes y las demandas en la planta (Perkins et al., Thome et al., Hartt et al., Bidulph y Cory; Wareing y Patrick citados por Fanjul, 1978).

Cock y Yoshida citados por Yoshida (1972), mostraron que bajo condiciones normales de campo, el 68% de carbohidratos almacenados fueron traslocados dentro del grano, el 20% fue respirado durante el período de maduración y 12% permaneció en las partes vegetativas. El total de carbohidratos traslocados fue igual o casi al 21% de los carbohidratos del grano, el equivalente a casi dos toneladas de grano por hectárea.

Una de las mayores limitaciones para una conversión eficiente de los fotosíntatos a grano es el limitado potencial de la demanda para desarrollar espiga (King et al., Bingham, citados por Mock y Pearce, 1975). Posteriormente se sugirió mejorar esta situación mediante la conducción de más fotosíntatos al grano a través de un reducido follaje y porte de la planta.

Wardlaw et al., citados por Evans y Wardlaw (1976), encontraron que en el *Sorghum sudanense*, la traslocación era de dos a

tres veces más rápida que en zacate C_3 , ésto es, arriba de los 200 cm/hora. Sin embargo, la velocidad de movimiento parece tener una respuesta alta al incrementado empuje de los centros productores (fuente), al incrementado arrastre de los centros demandantes (demanda) o a las restricciones en la ruta de tejidos vasculares.

En los estados iniciales del crecimiento del cultivo los asimilados se descargan en términos diferenciales del sistema vascular al tejido meristemático. Los meristemos intercalares de las hojas de los cereales están en una posición favorecida para recibir asimilados una vez que la fotosíntesis laminar comienza, pero las raíces más distanciadas y los meristemos del ápice están localizados en posiciones desfavorables. La tasa de difusión de asimilados del floema hacia ellos puede limitar su desarrollo, como Kirby y Rymer (citados por Evans y Wardlaw, 1976) encontraron en la inflorescencia joven de la cebada. En maíz, los asimilados por las hojas colocadas por encima de la mazorca son traslocados eficientemente dentro del grano, pero la traslocación de los asimilados de las hojas situadas debajo de la mazorca, decrece severamente, a medida que baja la posición foliar (Eastin, Palmer; citados por Yoshida, 1972). En otras palabras, no sólo las hojas superiores sino también las de enmedio y cercanas a la mazorca contribuyen al llenado de grano (Allison y Watson; Eastin, Hayashi, Palmer citados por Yoshida, 1972).

El movimiento de asimilados de las hojas situadas arriba de la mazorca es más rápido, ya que existe una alta intensidad de luz en la parte alta del dosel, por lo que aquellas, sin duda alguna constituyen los mayores suministros para el grano (Evans y Wardlaw,

1976). Sin embargo, experimentos de defoliación indican claramente que las hojas de la mitad del dosel y aún las hojas inferiores son también importantes en el abastecimiento al grano y al mantenimiento de rendimientos altos (Allison y Watson, Pendleton y Hammond citados por Evans y Wardlaw, 1976). A este respecto el maíz difiere considerablemente de los cereales templados.

2.3.3. Acumulación

Se considera que la capacidad para acumular asimilados dentro del grano puede limitar ampliamente los rendimientos tanto como la capacidad del cultivo para proporcionarlos durante el estado de llenado de grano. La capacidad de almacenamiento del cultivo se determina ampliamente durante la mitad del ciclo de vida, éstos es en el período entre la iniciación de la inflorescencia y específicamente por la disponibilidad de fotosintatos y nutrientes en ese período (Evans y Wardlaw, 1976).

Bryant y Blaser (1968) estudiando en híbridos de maíz, un precoz y otro tardío, observaron que la mazorca fue el principal componente de la materia seca total (57.5% y 68.5% en el híbrido tardío y precoz, respectivamente); después estuvieron las hojas (19.1% y 13.2%) y la cubierta de la mazorca (6.5% y 3.9%). El híbrido tardío produjo 6.2 ton/ha de grano contra 6.8 ton/ha del precoz.

Thorne citado por Beratto et al., (1974), sostiene que el aumento de la capacidad fotosintética de la planta para producir carbohidratos se traduce en un aumento de rendimiento sólo cuando

hay una suficiente capacidad de almacenamiento de carbohidratos.

La posible contribución de los carbohidratos almacenados al grano es amplia a bajos niveles de nitrógeno (Murayama et al.,; Takahashi, Yoshida, citados por Yoshida, 1972). De este modo grandes cantidades de nitrógeno deben ser aplicadas para obtener altos rendimientos, y un incremento en la aplicación de nitrógeno tiende a reducir los carbohidratos acumulados (Archbold, Fujiwara et al.,; Murayama et al.,; Takahashi, Yoshida citados por Yoshida, 1972). La contribución relativa de los carbohidratos almacenados al grano llega a ser menos significativa cuando los altos rendimientos son producto de una fuerte aplicación de nitrógeno. Esto parecer guardar relación con el estado de los carbohidratos del grano de cultivos de altos rendimientos los cuales derivan de la fotosíntesis después del espigamiento (Yoshida, 1972).

Reservas sustanciales de carbohidratos móviles pueden estar presentes en plantas cultivadas al final de su ciclo de vida. En maíz, plantas cultivadas a bajas latitudes, cerca del 40% del peso del tallo puede ser sacarosa no demandada para su almacenamiento en el grano. A altas latitudes esas reservas pueden ser completamente movilizadas (Evans, 1975).

Duncan et al., (1965) observaron que el tallo fue un importante órgano de almacenamiento de azúcar, la cual bajo algunas condiciones puede ser traslocada y mantener la tasa de crecimiento de grano por períodos extensos en la ausencia de fotosíntesis. Según parece es probable que el almacenamiento de azúcar en el tallo asegure la mayor parte de sacarosa móvil requerida para mantener relati

vamente uniforme el crecimiento del tallo a pesar de la amplia variación diurna y día a día en la fotosíntesis.

Las reservas acumuladas por los cereales antes de la antesis parecen ser de mayor importancia según el cultivo; en arroz, contribuyen en cantidades superiores al 40% del peso final del grano (Lock y Yoshida citados por Evans y Wardlaw, 1976). En cebada dichas reservas contribuyen con el 20% (Archbold y Mukherjee citados por Evans y Wardlaw, 1976), pero únicamente del 5 al 10% en trigo (Asana y Saini; Wardlaw y Porter; Rawson y Evans citados por Evans y Wardlaw, 1976).

Las líneas de maíz mantienen una alta proporción de carbohidratos solubles en los tallos que hacen más productivos a los híbridos (Jhonson y Tanner, 1972). Un alto contenido de azúcar en el tallo puede ser importante para conferir una gran resistencia a la pudrición del tallo en maíz y a los perjuicios por heladas en sorgo (Evans y Wardlaw, 1976).

Las reservas de carbohidratos en cereales pueden hacer una mayor contribución al rendimiento de grano en la mayoría de los cultivos que se mantienen en condiciones de tensión; pero donde la nutrición y el suministro de agua son favorables, las reservas son absorbidas en una proporción limitada excepto en arroz y quizá en maíz híbrido. Puesto que son un valor de adaptación y defensa en contra de tensiones tardías, dichas reservas pueden constituir un desusual potencial de rendimiento (Evans y Wardlaw, 1976).

2.4. Componentes de Rendimiento

En las técnicas convencionales del mejoramiento del cultivo, se enfatiza la selección por rendimiento *per se* o el mejoramiento de cultivares a través de la incorporación de resistencia a enfermedades, a insectos, al acame, etc. Sin embargo, estos procedimientos son a menudo caros y tardados. Para resolver este problema se han sugerido alternativas de mejoramiento del rendimiento, involucrando el desarrollo de plantas óptimas (ideotipos) a través del uso de componentes de rendimiento (Mock y Pearce, 1975).

De esta manera se realizaría mejoramiento en forma indirecta, lo cual hace necesario identificar y evaluar las componentes de rendimiento y dar atención a las de mayor influencia sobre el rendimiento.

2.4.1. Definición

Se han señalado a las componentes de rendimiento, como los caracteres morfológicos que son a su vez el reflejo directo o indirecto de los procesos fisiológicos. Las componentes morfológicas tienen la ventaja, a diferencia de las respuestas fisiológicas, de que los cambios que presentan en su estructura son fáciles de observar y medir en campo. Esto no implica que los cambios fisiológicos deban ser ignorados, ya que los dos tipos de componentes intervienen de manera decisiva en el rendimiento final del cultivo.

Existen varias acepciones sobre el rendimiento, Donald y Hamblin (1976) lo definen como la acumulación de sustancias elabora-

das por la planta, en los órganos vegetales de importancia para el hombre. Kohashi (1979) lo considera como la expresión fenotípica de interés antropocéntrico y que es el resultado final de procesos fisiológicos que se reflejan en la morfología de la planta. Aunado a esto, no hay que olvidar que es en última instancia el producto de la interacción de los factores ambientales con los atributos genéticos inherentes a la planta.

El rendimiento ha sido considerado como un carácter controlado por genes cuantitativos, es decir, influenciado por muchos genes de efectos pequeños e individuales y fenotípicamente considerado como un carácter único. Sin embargo, el rendimiento es un carácter complejo que depende de la interacción de varias componentes fisiológicas, en especial de aquellas que más lo limitan y que varían su expresión entre variedades (Wallace, citado por Osuna, 1972).

Con el fin de facilitar la comprensión sobre qué es y cómo se compone el rendimiento ha sido necesario dividirlo para su estudio en las ya mencionadas componentes de rendimiento. Ha surgido una clasificación de manera natural de las componentes, de esta manera se tienen componentes fisiológicas, también llamadas índices fisiotécnicos o caracteres fisiológicos y las componentes de rendimiento morfológicas, conocidas también como caracteres morfológicos de la planta, componentes físicos del rendimiento y componentes numéricos o estructurales, entre otros nombres.

Evans (1975) menciona las siguientes componentes de rendimiento: tasa de crecimiento relativo, utilización de luz, intercambio

neto de CO_2 y como subcomponentes a las siguientes: movilización y distribución de fotosintatos, respiración oscura, fotorrespiración y actividad enzimática.

A continuación se señalan las componentes de rendimiento que actualmente sirven como principales parámetros para el estudio de la fisiología de los cultivos.

El rendimiento biológico (RB) que se define como el total de materia seca acumulada en la planta.

El rendimiento económico (RE) o rendimiento de grano que se refiere al peso seco de las partes económicamente útiles del rendimiento biológico.

Estos rendimientos se han relacionado en un parámetro el cual fue originalmente llamado coeficiente de eficiencia de formación de la parte económica del rendimiento total y que ahora se conoce como índice de cosecha (IC) (Yoshida, 1972).

El rendimiento biológico aumenta con la densidad de población, hasta un valor máximo determinado por algún factor ambiental y a mayores densidades tiende a permanecer constante. El rendimiento de grano se incrementa a un valor máximo pero declina si la densidad aumenta. Esto hace notar que el punto máximo de rendimiento biológico y rendimiento económico se logran generalmente a la misma densidad de población (Donald y Hamblin, 1976).

El índice de cosecha es la relación entre el rendimiento económico sobre el rendimiento biológico expresado en porcentaje.

$$\text{RE} = \text{IC} \times \text{RB} \quad \dots \quad \text{IC} = \text{RE}/\text{RB}$$

Wilson citado por Castillo (1980), menciona que el índice de cosecha sí es un buen criterio para selección porque conjuga varias características morfológicas y agronómicas.

El índice de área foliar (IAF) comprende el área foliar del dosel vegetal expresada en m^2 de lámina foliar por m^2 de superficie sembrada. El área foliar por planta varía con el híbrido, la población y las condiciones de crecimiento.

Los híbridos de maíz de estaciones largas usualmente tienen mayor área foliar por planta que los híbridos de estaciones más cortas porque los híbridos de estaciones largas tienen mayor número de hojas y más grandes (Larson y Hanway, 1977).

La duración del área foliar (DAF) se refiere al tiempo que permanece activa el área foliar de la planta. La duración del IAF en maíz es muy diferente a duración del IAF de cultivos como la cebada o el trigo. En esos cereales templados, el IAF llega rápidamente a la cima y cae también rápidamente, pero en maíz la curva es mucho más gradual y un alto IAF es mantenido por un tiempo más largo (Allison, Mueller citados por Bunting y Drennan, 1966).

La tasa relativa de crecimiento (TRC) se define como la materia seca acumulada por unidad de peso en la planta por unidad de tiempo y generalmente se utiliza para medir la eficiencia de una estación de crecimiento.

La tasa de asimilación neta (TAN) es el incremento en peso seco total por unidad de área foliar por unidad de tiempo, la cual es un parámetro de medición de actividad del área foliar de la planta.

La tasa de crecimiento del cultivo (TCC) es el peso seco acumulado por unidad de superficie del terreno por unidad de tiempo. En el caso de maíz, se han registrado TCC superiores a $78 \text{ gr/m}^2/\text{día}$ (Haggar y Couper citados por Evans y Wardlaw, 1976).

Dentro de las componentes morfológicas se consideran a todos los órganos de las plantas susceptibles de ser cuantificadas. Usualmente se relacionan por superficie como el número de panículas/ m^2 de suelo, o por individuo como el número de tallos/planta, número de espigas/planta, número de espiguillas/panícula, número de granos/espiguilla, etc. O bien medidas simples como número de hojas, longitud del tallo, peso de mazorca, número de hileras de grano, peso de 100 granos, peso de olote, diámetro de mazorca, etc. En este tipo de componentes de rendimiento tanto el manejo del cultivo como el medio ambiente tienen gran influencia sobre su expresión.

2.4.2. Compensación entre Componentes de Rendimiento

Dentro de las razones del éxito de los cereales está la capacidad para compensar las componentes de rendimiento. Las componentes tardías pueden compensar las pérdidas o restricciones iniciales de desarrollo o permiten tomar ventaja de condiciones ambientales en el ciclo de vida. Los cereales mayores difieren en la amplitud en la cual dicha compensación ocurre en los estados tardíos del ciclo de vida, por ejemplo en arroz el tamaño de grano es restringido por el tamaño de glumas, de tal manera que el peso de grano es menos variable e incapaz de acumular carbohidratos adicionales, cuando las condiciones durante el llenado de grano favorecen

a un prolongado crecimiento del grano. En arroz el número de granos/unidad de superficie, que es la mayor determinante del rendimiento, puede ser influenciado por el número de inflorescencias, el número de espiguillas/inflorescencia, el número de florecillas/espiguilla y la producción de florecillas que llegan a formar grano. Estas componentes son determinadas sucesivamente (Matsushima citado por Evans y Wardlaw, 1976).

Los cereales templados producen macollos en una amplitud que es determinada por la radiación incidente posterior a la iniciación de la inflorescencia (Evans y Wardlaw, 1976), y a menudo a un número mayor al de espigas de posible producción, consecuentemente arriba de 2/3 de estos hijos pueden ser superfluos, pero este derroche asegura un alcance considerable de la compensación temprana en el ciclo de vida. En este sentido hay menos alcance en sorgo y mucho menos en los esparcidos hijos de maíz, sin embargo, en los maíces tardíos el tallo principal puede producir mazorcas adicionales particularmente en cultivos que tienden a presentar menor número de granos por mazorca (Duncan citado por Evans y Wardlaw, 1976).

Los incrementos en el número de granos y el peso de grano también pueden ayudar a compensar las bajas densidades de siembra. Kirby citado por Evans y Wardlaw (1976), trabajó en cebada con un rango de poblaciones de 50 a 800 pl/m², el incremento en la densidad es de 16 veces y resultó en un incremento del 90% en el número de espigas/m² combinado con una reducción del 40% del número de granos/espiga y reducción del 18% en el peso de grano,

Dada la magnitud de las variaciones en el tiempo de año a año,

una especificación precisa de componentes de rendimiento, pudiera ser nociva y la selección para rendimiento, dando énfasis particular a las componentes, no siempre es efectiva (Ross, Mussen y Cannel, citados por Evans y Wardlaw, 1976) quizá el carácter más importante a considerar sea alguna capacidad para sobreproducir las componentes de rendimiento determinadas en diferentes etapas del ciclo de vida, aún dentro del estado de llenado de grano.

2.4.3 Correlaciones entre Componentes de Rendimiento

El interés en conocer, identificar y evaluar el comportamiento de las componentes de rendimiento de los cultivos y sus relaciones entre ellas y el rendimiento, se ha hecho patente desde hace tiempo. Una breve revisión de los resultados de investigaciones realizadas con este fin y en diversos cultivos, se muestra a continuación.

Sinahú citado por Wong (1980), encontró que el rendimiento de arroz tiene una correlación significativa con el número de tallos/planta, número de espigas/planta, longitud de la espiga y peso de 100 granos. Del mismo modo, señala que la estimación de las correlaciones ha sido utilizada para mejorar el rendimiento de varios cultivos.

Tola citado por Jiménez (1979), hizo mención en su trabajo que el aumento en nitrógeno aumenta el número de macollos de cebada, pero muchos no forman espiga. Hay un efecto compensatorio a densidades altas y no se manifiesta la interacción entre densidad y fertilización porque a densidades más altas las plantas produjeron un mínimo de tallos, pero todos con espiga; a densidades ba -

jas se producen muchos tallos pero no todos forman espiga. Encontró que el incremento en tallo/m² aumentó el rendimiento.

Montes (1977) hace cita de varios autores para señalar las principales componentes de rendimiento de haba. Roullands menciona como componentes primarios al número de vainas/planta, número de semillas/vaina y tamaño de semillas. Como componentes secundarios señala a primer nudo floral, primer nudo fructífero, número de nudos, altura de plantas y número de ramas. Ibrahim encontró correlaciones positivas entre rendimiento y altura de planta, número de ramas, número de vainas y número de semillas/vaina. Para Yassin, las componentes más importantes fueron: número de plantas por superficie, número de vainas/planta, número de semilla/vaina y el peso de semillas. Kambal menciona a número de vainas como la componente que obtuvo el máximo coeficiente de correlación con rendimiento. Montes (1977) obtuvo correlaciones altas y significativas entre las componentes número de granos/planta y número de frutos/planta, así como entre rendimiento económico y número de granos/planta. No obtuvo correlaciones con número de ramas ni altura de planta.

Solórzano (1980) trabajó con 10 colecciones de haba para conocer el comportamiento de las componentes morfológicas y fisiológicas en 12 ambientes de producción. Encontró que las componentes morfológicas, tales como número de granos/planta y peso seco de grano/planta, número y peso de vainas, tienden a disminuir en su productividad en función de los incrementos en la densidad de siembra, mientras que el rendimiento por unidad de superficie dentro del rango de ambientes estudiados presenta mejor respuesta a

los incrementos en la densidad de siembra, fertilización y humedad. Bajo condiciones de riego, el tamaño del grano disminuyó al incrementarse la densidad de siembra, pero presenta buena respuesta a la aplicación del fertilizante. El rendimiento/planta estuvo determinado principalmente por las componentes: número de granos/planta y peso seco de 100 granos, presentando correlación positiva y altamente significativa con el número de granos/planta y peso seco de vainas/planta.

Grafius (1956) desarrolla y comprueba cinco teoremas para dar una interpretación geométrica a las componentes de rendimiento de avena, y los usa como una base para definir una variedad universal. Representa el rendimiento en avena, como el volumen de un paralelepípedo en el cual sus aristas están representadas por las componentes de rendimiento (x), (y) y (z). Las componentes de rendimiento que él contempla son número de panícula/unidad de área (x), número promedio de granos/panícula (y) y el promedio de peso de grano (z). Entonces el rendimiento por unidad de área es igual a $(x) (y) (z)$.

Graham y Lessman (1966) trabajaron con trigo, avena y cebada sobre el efecto de la altura, el rendimiento y sus componentes. Las componentes estudiadas fueron: número de hojas, número de tallos, amacollamiento, yemas, grano y espigas. Señalan que los tallos contribuyeron en mayor medida sobre el total de materia seca, lo cual al ser estas partes vegetativas materialmente influyen sobre el índice de cosecha. Una reducción en altura de planta tuvo mayor efecto sobre el peso seco del tallo y en consecuencia sobre el rendimiento de grano. Reducciones en altura de planta bajaron el

peso seco de las partes vegetativas, de este modo, una disminución en el rendimiento de paja resultó en un aumento del índice de cosecha. El índice de cosecha correlacionó positivamente con rendimiento de grano y negativamente con el crecimiento vegetativo.

Beratto et al., (1974a) realizaron un experimento en trigo con el objetivo de estudiar las relaciones entre etapas fenológicas importantes y sus conexiones con las componentes numéricas del rendimiento. Llegaron a la conclusión de que el amacollamiento o el número máximo de tallos/m² no tiene una asociación significativa con la duración de los períodos de siembra a iniciación floral o de siembra a espiguilla terminal. El tamaño potencial de la espiga o el número de espiguillas potenciales mostró buenas correlaciones positivas con largos períodos fenológicos, y significativas pero no tan buenas fueron las correlaciones del número de espiguillas fértiles/espiga con la duración de los citados períodos.

En otro trabajo experimental, realizado también por Beratto et al., (1974b) se sembraron 10 cultivares de trigo en dos épocas, con el objetivo de relacionar el rendimiento con sus componentes morfológicas y éstas con el largo del ciclo. Indicaron que las variedades intermedias rindieron mejor en las dos épocas y el mayor rendimiento se atribuyó a mayor número de granos/m² y a más granos/espiguilla. Para las 10 variedades del rendimiento guardó una buena relación con granos/m² ($r = 0.81^{**}$) y granos/m² con granos/espiguilla ($r = 0.87^{**}$). El rendimiento obtuvo una buena asociación con el índice de cosecha ($r = 0.77^{**}$) pero ninguna relación con materia seca total.

Oyervides et al., (1980) en un estudio sobre parámetros genéticos y heterosis en once variedades tropicales de maíz, concluyeron que el rendimiento resultó correlacionado positiva y significativamente con días a floración, altura de planta, altura de mazorca, longitud de mazorca y negativamente con hileras de grano y ramas de la espiga.

Cruz y Basante (1982) en un estudio de correlaciones entre rendimiento de grano y caracteres de la planta obtuvieron correlaciones positivas y significativas entre rendimiento y: altura de planta ($r = 0.70$), longitud de mazorca ($r = 0.69$), número de hojas ($r = 0.47$), área foliar ($r = 0.40$) y diámetro de mazorca ($r = 0.34$).

Jiménez (1979) señala que el rendimiento económico estuvo influenciado por las componentes peso de 200 semillas, número de granos/panoja y número de panojas/m² en un experimento realizado para definir la estabilidad del rendimiento y de otros caracteres en líneas de sorgo.

Eastin citado por Jiménez (1979), considera que el mejoramiento del rendimiento en sorgo en el pasado, se consiguió principalmente por aumento en el número de semillas. Señala que la etapa de iniciación floral a antesis es crítica porque en ella se define el número potencial de granos, en su opinión este carácter constituye la componente más importante del rendimiento en sorgo.

Castillo (1980) trabajó con sorgo, para determinar cuál período de desarrollo es más importante para el rendimiento de grano en sorgo, y emplearlo como criterio para hacer fitomejoramiento. En

tre sus resultados se observa que las componentes que más correlacionaron con rendimiento fueron número de ramas primarias en la panoja, área de la hoja más grande, número de granos/panoja y peso seco total, en los dos ambientes evaluados.

Jiménez y Mendoza (1980) en un estudio para analizar el comportamiento de 90 líneas "B y R" y cuatro híbridos de sorgo en seis ambientes señalaron que el rendimiento económico estuvo influenciado por las componentes peso de semilla, número de granos/panoja, número de panojas/m² y por una duración de la etapa de llenado de grano más prolongada.

Wong et al., (1983), evaluaron el comportamiento de 50 genotipos de sorgo bajo esquema riego sequía y sometieron a sequía la floración. El Rendimiento Económico y Rendimiento Biológico fueron las componentes más afectadas por la sequía, disminuyendo aproximadamente en un 20%.

Se estudiaron diferentes componentes de rendimiento como son peso de grano/planta, peso de 100 semillas, número de vainas al primer nudo, al segundo nudo, etc. así como el número de vainas llenas totales, bajo dos tipos de selección (directa y al azar), en poblaciones de frijol. De los estudios de correlación con rendimiento se encontró que el número de vainas al primero, segundo y tercer nudo y número de vainas llenas totales estuvieron correlacionadas alta y significativamente (Pérez, 1976).

Fanjul (1978) experimentó con una variedad de crecimiento indeterminado de frijol, para analizar el crecimiento, estudiar su

comportamiento fenológico y algunas de las componentes de rendimiento. Encontró que la principal componente asociada con rendimiento fue el número de inflorescencias y número de vainas por estrato del dosel vegetal. También señala que el número de semillas/vaina debe ser lo suficientemente elevado para que este componente no constituya limitaciones en el tamaño de la demanda en el caso de que un ambiente desfavorable provoque la caída de vainas.

2.5. Influencia de la Densidad de Siembra, La Fertilización y Otras Prácticas Culturales Sobre el Rendimiento y sus Componentes

Son varios los factores que influyen de manera limitada o determinante sobre el rendimiento de un cultivo y en consecuencia sobre sus componentes (morfológicos y/o fisiológicos). Entre ellos, se cuentan las condiciones ambientales (temperatura, luz y humedad principalmente) y labores de manejo del cultivo como las fechas de siembra, distancia entre surcos, densidades de población, fertilización, entre otros.

Bennet y Krieg (1975) en un estudio sobre la deficiencia de nitrógeno, luz y agua sobre las componentes de rendimiento de sorgo, encontraron que la tensión de agua disminuye el número de semillas debido a la reducción en la excursión de la espiga. La deficiencia en la intensidad de luz anterior a la floración disminuye el número de semillas mientras que en postantesis redujo el peso de las semillas.

En trigo Yécora bajo riego, el efecto de sombreo redujo el rendimiento más del 60% en 1973, mientras que en 1974 la mayor reduc-

ción del rendimiento por el mismo grado de sombreado durante el período de llenado de grano fue únicamente de 16% (Fisher, citado por Evans y Wardlaw, 1976).

En cultivos de arroz en altas latitudes el rendimiento de grano puede estar correlacionado positivamente tanto con temperatura con niveles de radiación durante el llenado de grano, pero negativamente correlacionado con ellos en bajas latitudes (trópicos) (Lee, Murata; citados por Evans y Wardlaw, 1976).

Yoshida y Parao, encontraron que el número de espiguillas en arroz está relacionado positivamente con la radiación solar, pero negativamente con temperaturas durante el estado reproductivo. En experimentos japoneses con maíz, el rendimiento de grano estuvo asociado positivamente tanto con la radiación como con la temperatura. (Evans y Wardlaw, 1976).

Holt y Timmonds, citados por Alvarado (1975), efectuaron experimentos durante cuatro años en una región de Minnesota y Dakota, para estudiar la influencia de la precipitación, el agua aprovechable del suelo y la densidad de población sobre el rendimiento de grano de maíz. Las densidades de población variaron de 19 800 a 59 300 pl/ha. Dentro de sus observaciones destaca que la precipitación recibida en el período de 21 días anteriores a la fecundación de los estigmas, ejerció mayor influencia en el rendimiento de grano que la precipitación pluvial recibida los 21 días posteriores; para un rendimiento de grano de 8.98 ton/ha requirieron 25.4 cm de humedad aprovechable en el perfil del suelo a 150 cm de profundidad y una precipitación pluvial de 8.89 cm en cada uno

de los dos lapsos de 21 días mencionados a una densidad de población de 54 400 pl/ha,

Ragland, Hatfield y Benoit (1965) en un experimento de maíz, trabajaron con tres fechas de siembra y ambientes bien definidos. Determinaron que el área foliar de maíz de riego estuvo positivamente correlacionada con temperatura, radiación solar y evaporación del agua.

Wonget al., (1980), evaluaron el comportamiento de 50 líneas "B" y "R" de sorgo, bajo el esquema riego - sequía; en donde el período de sequía se aplicó procurando abarcar la época de floración. La sequía afectó en orden decreciente: rendimiento económico, ahijamiento, altura de planta, número de granos/panoja y días a madurez fisiológica.

Un experimento fue conducido por Frey (1959a) para determinar cuáles de las componentes de rendimiento de avena son las responsables de la respuesta diferencial a la fecha de siembra con tres variedades de avena, Andrew, Sank y Bonham, en Ames, Iowa durante tres años. Las componentes de rendimiento estudiadas fueron: número de espigas/planta, número de semillas/espiga y el peso de 100 semillas. Andrew y Sank, produjeron un mayor rendimiento relativo que la variedad Bonham cuando fueron sembradas en fechas tardías. Andrew produjo mayor número de granos/espiga en siembras tardías, mientras que Sank mantuvo un alto nivel de número de espigas/planta. El peso de 100 semillas en las tres variedades fue reducido por siembras tardías en casi la misma proporción.

Colville y Burnside citados por Stickler (1964), obtuvieron rendimientos promedios de 146 a 91 bu/a para maíz sembrado a distancias entre surcos de 20 por 20 y 40 por 40 pul con 15 680 pl/a. Tanto la reducción en la competencia interplanta y el aumento en la absorción de la radiación pueden ser las responsables del incremento en el rendimiento potencial en maíz en surcos poco espaciados.

Stickler (1964) menciona que el rendimiento en maíz sembrado a 25 pul entre surcos, excedió al rendimiento obtenido a 40 pul entre surcos bajo irrigación en un 6% y en un 5% sin riego. Este rendimiento superior fue asociado principalmente a más de dos mazorcas por planta y a pocas plantas estériles.

Pendentlon y Seif citados por Stickler (1964), evaluaron espaciamiento entre surcos (20, 30 y 40 pul) variando la densidad de población en un híbrido braquítico. Los rendimientos más altos se obtuvieron con distancias de 30 pul. Surcos estrechos admitieron ligeramente mayores densidades de población para máximos rendimientos que en surcos espaciados a 40 pul.

Bryant y Blaser (1968) en un estudio sobre el efecto de la densidad de población y el espaciamiento entre surcos sobre los constituyentes de la planta (mazorca, tallo, hojas y cubierta de la mazorca) en un maíz tardío y un precoz; observaron que para ambos híbridos y en todos los niveles de población, el peso promedio de la planta decreció ligeramente con cada incremento en la distancia entre surcos y cuando las densidades de población aumentaron, el peso de los constituyentes de las plantas se redujo proporcionalmen-

te.

Con el objetivo de determinar la manera en que el espaciamiento entre surcos afecta la producción de materia seca y el rendimiento de grano en maíz, Stivers et al., (1971) trabajaron con un amplio rango de condiciones; obtuvieron que el promedio de rendimiento de grano se incrementó un 7.3% con distancias de 51 cm entre surcos y 4.4% con 76 cm, a comparación de 102 cm que es la distancia entre surcos convencional en Indiana. Los tallos estériles fueron los que contribuyeron en mayor medida a los bajos rendimientos. El total de materia seca fue un 5% más alto en 51 cm y 3.4% más alto en 76 cm que en 102 cm de espaciamiento entre surcos. Poblaciones de 69 000 pl/ha produjeron 4% más de materia seca que poblaciones de 54 000 pl/ha.

Hunter et al., (1970) trabajaron con cinco híbridos de maíz cultivados a 91 y 46 cm de distancia entre surcos y poblaciones de 48, 62 y 72 000 pl/ha. Sus resultados son similares a los de Nuñez y Kamprath (1969) ya que todos los híbridos incrementaron su rendimiento de grano con aumentos en la población y dieron pequeños pero singificativos incrementos en rendimiento al estrecharse el espaciamiento entre surcos. El índice de área foliar aumentó con incrementos en la densidad de población y con el angostamiento del espacio entre surcos.

Giesbrecht (1969) trabajó con cuatro densidades de población (30, 45, 60 y 70 mil pl/ha) cuatro distancias entre surcos (50, 65, 80 y 95 cm) y cuatro híbridos de maíz en la parte norte de la faja maicera de E.U.A. Encontró que la distancia entre surcos no

afecta el rendimiento, sin embargo, los aumentos en la población produjeron un incremento sustancial en el rendimiento de grano. La respuesta de las variedades a los aumentos de la población, fue diferencial. Los híbridos tardíos y de mayor altura fueron los mejor adaptados a la competencia en altas densidades de población.

Yao y Shaw (1964), estudiaron la influencia de la población de plantas de maíz y el patrón de plantación sobre el uso del agua y la radiación neta. Informan sobre una mayor eficiencia en el uso del agua y la intercepción de luz para plantas cultivadas en 53.3 cm entre surcos que en 106.7 cm entre surcos.

Williams et al., (1965) y Fisher y Wilson (1971) coinciden en afirmar que el crecimiento inicial del índice de área foliar está afectado por la luz y la temperatura; y que ésta aumenta con aplicaciones de nitrógeno y particularmente con altas densidades de siembra.

Nunez y Kamprath (1969), en un experimento para investigar las relaciones entre la tasa de nitrógeno, la población de plantas y

ancho del surco sobre el área foliar/planta; el rendimiento de grano/planta y así determinar la población, el ancho del surco y la tasa de nitrógeno óptima, obtuvieron que el índice de área foliar se incrementó linealmente cuando la densidad de población aumentó de 34 500 a 69 000 pl/ha. Sin embargo, el área foliar por planta decreció con el aumento en la población. La tasa de nitrógeno de 112 a 280 kg/ha y el ancho del surco no tuvieron efecto sobre el área foliar por planta. La eficiencia del área foliar fue mayor a medida que se incrementó la tasa de nitrógeno. Los más altos rendimientos se obtuvieron con 280 kg/ha y 51 750 pl/ha.

Eik y Hanway (1966) estudiaron las relaciones existentes entre el área foliar y el rendimiento de grano en maíz y cómo son influenciados éstos por algunos factores ambientales. Entre los factores involucrados mencionan la fertilización nitrogenada, la densidad de población y diferentes espaciamentos dentro del surco, estos autores determinaron que: 1) existe una relación lineal entre rendimiento de grano y la duración del área foliar dentro de poblaciones de 4, 8, 12 y 16 mil plantas. 2) los más altos valores de rendimiento y área foliar corresponden a los tratamientos con fertilización y los valores más bajos de rendimiento y área foliar corresponden a los tratamientos sin fertilización. 3) el índice de área foliar mayor de cuatro estuvo asociado con la más alta densidad de población de 24 000 pl/ha e índices de área foliar menores de cuatro se asociaron a densidades bajas. 4) la relación entre rendimiento de grano e índice de área foliar es lineal e independiente del espaciamento dentro del surco en una densidad de cuatro plantas por 40 por 40 pul e índice de área foliar de 3.3.

Goldsworthy y Colegrave citados por Jiménez (1979), indican que en maíz los incrementos en rendimiento examinados a través de sus componentes se debieron a densidades de población crecientes y aumentos en el número de granos/m².

La población de maíz para máximos rendimientos económicos de grano, varía con el material genético, el ancho del surco, la fertilidad y disponibilidad de agua y los efectos climáticos. Un gran número de investigaciones se han hecho para determinar la población óptima de plantas para un híbrido en ciertas condiciones ambientales. Los resultados muestran que el óptimo de población varía de 40 000 a 100 000 pl/ha.

El índice de área foliar es un dato útil de la intercepción potencial, por planta, de la energía radiada. Debido a que el área foliar por planta varía ampliamente con híbridos y prácticas de manejo, Brown et al., citado por Larson y Hanway (1977), sugieren que la capacidad del híbrido podría ser mejor comparado con una constante de índice de área foliar que con una población dada. Un índice de área foliar cerca de 3.5 parece ser el óptimo bajo una amplia gama de condiciones. En muchas áreas bajo un nivel de manejo alto, una población de cerca de 50 000 pl/ha producirá un índice de área foliar cercano a la constante 3.5

Yao y Shaw (1964), mencionan que la densidad de población y la distribución de las plantas sobre el terreno afectan el rendimiento por planta y rendimiento por hectárea en dos formas: Determinando la eficiencia de la utilización de la energía solar, el agua y los nutrientes del suelo. Modificando ciertas caracterís-

ticas de las plantas, tales como: área foliar, número de hijos por planta, la capacidad de éstas para producir mazorca, la proporción de plantas estériles, etc. que están a su vez ligadas directa o indirectamente al rendimiento. (Kiesselbach, Wolley et al., citados por Mook y Pearce, 1975); sugieren que los incrementos en los niveles de densidades de siembra resultan en un alargamiento del intervalo entre la iniciación de la dispersión del polen y la emergencia de los estigmas. Los genotipos de maíz considerados como tolerantes a altas densidades poseen un intervalo más corto entre la iniciación de la dispersión del polen y la emergencia de los estigmas.

En los experimentos de Williams et al., (1968) la densidad de siembra óptima para rendimiento fue de 5 pl/m² incrementándose el número de plantas estériles a altas densidades, lo cual estuvo asociado con gran acumulación de azúcares en los tallos debido a la ausencia de mazorca que aprovecharía dichos azúcares.

Williams et al., (1965b) investigaron sobre algunos parámetros de la arquitectura del dosel vegetal, relacionados con la interceptación de la luz y la productividad en varias densidades de población de maíz (17 000 a 125 000 pl/ha). Concluyeron que el total de radiación solar interceptada por el follaje fue la mayor determinante del crecimiento del cultivo durante la etapa vegetativa. El arreglo foliar con preponderancia de hojas erectas, ocurrió justo antes de la emergencia de las espigas, lo cual permitió mayor penetración de luz dentro del follaje, dando por resultado las más altas tasas de crecimiento del cultivo. Las características del dosel vegetal correlacionaron estrechamente con tasa

de crecimiento del cultivo de preantesis. El rendimiento de grano correlacionó con tasa de crecimiento del cultivo a una óptima densidad de población y llegó a estar negativamente asociada con las densidades más altas.

Buttery (1970), trabajó con maíz y soya en altas densidades y cuando el dosel vegetal había engrosado se varió el índice de área foliar por medio del aclareo. La tasa de crecimiento relativa y la tasa de asimilación neta se incrementaron con el aumento en la población, mientras que la tasa de crecimiento del cultivo y la relación de área foliar decrecieron. Este autor demostró que los efectos adversos del autosombreo con el incremento en índice de área foliar son más pronunciados en maíz que en soya.

Para estudiar las relaciones entre la productividad y la intercepción de luz, probaron las densidades de población de 2 700 a 283 000 pl/a, de tal manera que se permitieron variaciones en el total y en la manera de la intercepción de luz. La tasa máxima de producción de materia seca (52 gr/m² día) fue obtenida con la más alta densidad de población durante el período de espigamiento, durante este intervalo la producción de materia seca fue una función directa de la proporción de la radiación solar interceptada por el follaje. Williams et al., (1965a).

Zuber et al., citados por Colville y McGill (1962a) y Lang et al., (1956), reportaron disminuciones en el porcentaje de proteína en el grano con aumentos en las densidades de población. La calidad así como la cantidad es también importante en la medición de los efectos de las densidades de población en maíz.

Colville y McGill (1962a, 1962b) experimentaron en maíz con densidades de población (12 000, 16 000, 20 000, 24 000 y 28 000 pl/ha) y métodos de siembra (testigo, mateado y a chorillo). Concluyeron que estos dos factores tuvieron influencia en la mayoría de las componentes del grano, como son: porcentaje de humedad del grano, número de mazorcas/100 plantas, promedio de peso de mazorca, diámetro de la mazorca, longitud de mazorca, porcentaje de cáscara, peso de 100 granos, porcentaje de proteína cruda. Todos los componentes se incrementaron o decrecieron linealmente con los aumentos de población excepto el porcentaje de cáscara y el rendimiento. Con estas excepciones todas las componentes estuvieron estadísticamente correlacionadas con la densidad de población. Ninguna de las componentes correlacionó con rendimiento debido a la respuesta curvilínea del rendimiento a la densidad de población. El porcentaje de cáscara no fue influenciado ni por el método de siembra ni por la densidad de población. El porcentaje de proteína cruda en el grano fue disminuyendo linealmente con los aumentos en la densidad de población.

Karchi y Rudich (1966) experimentaron bajo condiciones de sequeña en Israel para estudiar los efectos de la densidad de población y su distribución en el campo sobre algunas de las componentes del sorgo como amacollamiento, peso de espiga, peso de grano y rendimiento de grano. Observaron que los mejores rendimientos se obtuvieron con la combinación de surcos angostos con amplio espaciamiento entre plantas dentro del surco. Concluyeron que el mayor rendimiento se debió al aumento en el número de espigas/unidad de área más que a los cambios en peso de espiga. Espigas/unidad de área y número de granos/espiga fueron las componentes más afecta -

das por el medio ambiente. Las interrelaciones entre las componentes de rendimiento indicaron que el rendimiento/planta estuvo inversamente asociado con el número de espigas/unidad de área. El rendimiento por parcela estuvo directamente asociado con número de espigas/unidad de área e inversamente asociado con peso de espiga.

Ramírez y Laird citados por López (1978), en un estudio de densidad de siembra y niveles de fertilización nitrogenada en maíz, concluyeron que el número óptimo de plantas por hectárea, aumentó en forma lineal al aumentar el nivel de productividad, y que la población óptima varía considerablemente de un año a otro debido a la variación del clima.

Dungan et al., (1958) mencionan en un experimento de maíz que así como el rendimiento por acre se incrementa con aumentos en población, el peso de mazorca por planta declina linealmente, pero cuando la densidad de población sobre pasa el óptimo, el rendimiento por acre y la producción de grano por planta caen repentinamente. También indican como resultado de su investigación que los mejores rendimientos fueron obtenidos con 20 000 pl/a y un promedio de peso de planta de 0.45 lb.

Prine (1971) trabajó con dos variedades de maíz semiprolífico y varias densidades de población; entre sus resultados encontró que las bajas densidades mejoran la iluminación de los cogollos y la producción de mazorcas/planta es la principal componente de rendimiento ya que en bajas densidades se obtienen valores más altos de esta componente (1.76, 1.57 y 1.71) que en altas densidades

(1.10, 1.05 y 1.02) y fueron las altas densidades las que provocaron la aborción de mazorcas durante e inmediatamente después del jiloteo, resultando que éste es un período crítico para la competencia por luz en la comunidad de plantas. Así también observó un decremento en el peso de la mazorca, cuando la humedad del suelo y nutrientes se mantienen en altos niveles.

Loomis y Williams citados por Nunez y Kamprath (1969), mencionan que el rendimiento de grano por unidad de área en maíz, es altamente dependiente de la población de plantas, la distancia entre surcos el nivel de fertilidad y las características de crecimiento del híbrido adaptado a una área determinada.

En un experimento con maíz criollo bajo riego, Oseguera (1975) encontró que la densidad de población no influyó sobre la altura de la planta, en cambio con el tratamiento sin fertilización, se obtuvo una mayor altura de planta. Respecto al diámetro y longitud de la mazorca, no hubo diferencias significativas provocadas por ninguno de los tratamientos empleados. La menor densidad de población influyó en un mayor cuateo en las plantas y observó que la presencia de fósforo incrementó el número de plantas cuateras significativamente.

Doss et al., (1970) experimentaron con maíz para determinar el efecto del régimen de agua en el suelo, la cubierta del mismo, niveles de nitrógeno, ancho del surco y la densidad de población sobre las componentes de rendimiento y el uso del agua en maíz. Dentro de sus resultados, destacan los siguientes: 1) el riego, la cubierta plástica y altas densidades de población incrementaron el

rendimiento de materia seca en todas las partes de la planta (tallos, hojas y mazorcas). 2) surcos estrechos aumentaron el rendimiento de materia seca de tallos y hojas, pero ligeramente disminuyeron el rendimiento de mazorcas. 3) la tasa de nitrógeno tuvo poco o ningún efecto sobre el rendimiento de materia seca en las componentes estudiadas. 4) los tallos contribuyeron con un 45% del peso seco total de la planta, la mazorca con 36% y las hojas con 19%.

Lang et al., (1956) estudiaron la respuesta de nueve híbridos de maíz a seis densidades de población y tres niveles de nitrógeno en dos estaciones en Illinois. Encontraron que los híbridos respondieron de manera diferencial en rendimiento tanto en niveles de nitrógeno como en población. El contenido de proteína y aceite bajo cuando se aumentó la población así como cuando el nivel de nitrógeno disminuyó. Número de mazorcas/100 plantas fue la componente más influenciada por las variaciones en densidad y fertilización.

Duncan (1954) observó en diferentes tipos de suelo y estudiando niveles de población y fertilización, un híbrido y tres grados de madurez del mismo, que el rendimiento se incrementó con la aplicación de fertilizante y el grado de respuesta se vio influenciado por el nivel de población, el nivel inicial de fertilidad del suelo y en menor grado por el híbrido. Los aumentos en rendimientos atribuibles al nivel de fertilización variaron de 7.5 a 101.9 bu/a. El rendimiento en todos los híbridos fue incrementado sobre altos niveles de fertilidad del suelo por densidades de población por arriba de 80 000 pl/a. Los más bajos rendimientos a este nivel

de fertilidad ocurrieron a las más bajas poblaciones y los mejores rendimientos, fueron obtenidos a las más altas poblaciones.

Frey (1959b) en un estudio realizado para determinar la respuesta del rendimiento de grano de la avena, a la fertilización nitrogenada, mediante las componentes de rendimiento: espigas/planta, semillas/espiga y peso/semilla, utilizando 10 variedades y 20, 40 y 80 lb/a de nitrógeno, concluyó que: 1) el incremento en el promedio de rendimiento en las 10 variedades, de un 50 a un 65% se dio cuando 20, 40 u 80 lb/a de nitrógeno fueron aplicadas. 2) el incremento en el rendimiento se debió a la estimulación por el nitrógeno para producir más espigas por planta y más semillas por espiga. 3) la componente peso de semillas fue ligeramente deprimida, pero no significativamente, por el incremento en los niveles de fertilización nitrogenada. 4) las variedades respondieron diferencialmente a la fertilización. La variedad Marion produjo un alto rendimiento de grano relativo, debido a que tanto espigas/planta y número de semillas/espiga fueron estimuladas, mientras que la variedad Clintand respondió sólo a número de semillas/espigas; en contraste la variedad Bond tuvo poca respuesta a la fertilización nitrogenada tanto en rendimiento de grano relativo como en las componentes de rendimiento.

Hanway (1962a) realizó un experimento con maíz, analizando su crecimiento y composición en relación a la fertilidad del suelo, observó el crecimiento de las diferentes partes de la planta y la relación entre el peso de la hoja y el rendimiento de grano. Menciona que las diferencias en la fertilidad causaron diferencias en la talla o medida de las plantas, así como que el rendimiento de

materia seca total y rendimiento de grano fue directamente proporcional al peso de las hojas, independientemente de la composición química de éstas.

Hanway (1962b) en un investigación similar estudió la absorción de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) y su distribución en diferentes partes de la planta de maíz durante la estación de crecimiento. Concluyó que las diferencias en la fertilidad del suelo influyeron sobre el total de N, P y K absorbido por las plantas de maíz, pero que no cambiaron marcadamente el patrón de absorción y distribución de esos elementos en las plantas.

Grandes proporciones de N y P y pequeñas cantidades de K fueron trasladadas de otras partes de la planta al grano y en la fase final de la estación de crecimiento el K fue trasladado de las hojas a los tallos.

En un tercer estudio, Hanway (1962c) observó los porcentajes de N, P y K en diferentes partes de la planta y su relación con la etapa de crecimiento y el nivel de fertilidad. Determinó que las deficiencias de nutrientes se reflejaron en diferencias de esos elementos en hojas y vainas foliares más que en otras partes de las plantas; en fase temprana de la estación de crecimiento las diferencias de porcentaje de $\text{NO}_3 - \text{N}$ en la planta debido a las diferencias en N disponible fueron mayores que aquellas de N total. Dentro de cada parte de la planta el porcentaje de P soluble en agua estuvo altamente correlacionado con el porcentaje total de P.

Valázquez (1977), trabajó con el híbrido H-309 de maíz para de-

terminar la dosis óptima económica de nitrógeno, así como los efectos en rendimiento de grano y forraje con la fertilización tanto de nitrógeno como algunos microelementos como fierro, zinc y magnesio. Usó dos niveles de micronutrientes y 0, 40, 80, 120, 160, 200 y 240 kg de N/ha. Las componentes de rendimiento que resultaron en diferencias altamente significativas debido a las dosis de nitrógeno en las componentes fueron: rendimiento de mazorca, altura de planta y longitud de mazorca. La aplicación de microelementos no tuvo efecto sobre las componentes estudiadas.

En experimentos de fertilidad del suelo, existe una necesidad imperiosa de una caracterización cuantitativa de los factores ambientales que modifican con fuerza, el éxito de cada estudio. Asociado a esto, está la necesidad de entender los mecanismos fisiológicos que explican, para un microclima dado, las limitaciones de la planta. Cada información serviría como una base para cambios constructivos en las prácticas de manejo y en la composición genética de un cultivo, para así permitir un uso máximo de nutrientes nativos y aplicados a las plantas (Ragland, Hatfield y Benoit, 1965).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización de los ambientes de producción y condiciones climáticas

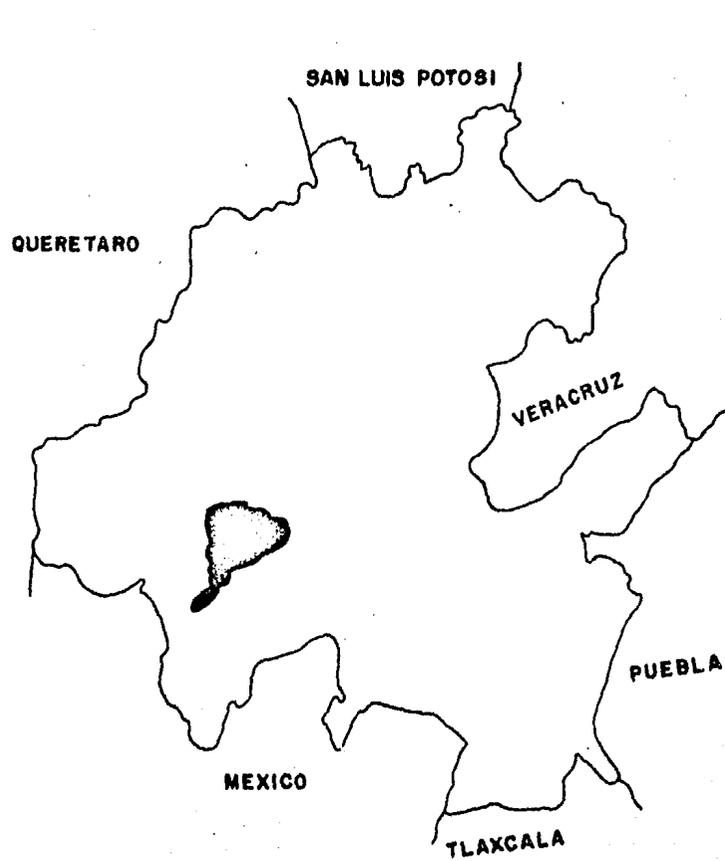
El Distrito de Riego No. 100, se encuentra en el Valle del Mezquital, dentro del Estado de Hidalgo entre los 20°00' y 20°40' Latitud Norte y entre los meridianos 88°90' y 90°40' Longitud Oeste, con altitudes entre los 1700 y 2100 msnm (fig. 1 y 2). Las condiciones climáticas, dentro de la clasificación de C.W. Thornwaite tienen la siguiente descripción: DdB'2 "a", que se considera seco, con pequeña o nula demasía de agua, templado frío con baja concentración térmica en verano con temperatura media anual de 17.4°C; la temperatura media baja es de 13.6°C y la media mixta de 20.6°C, aunque se han registrado -7.5°C (1956) y 39°C (1964); en el área se presentan heladas durante los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero. Los vientos dominantes son poco frecuentes y cuando se presentan son moderados y con dirección noroeste. La evapotranspiración potencial media anual es de 812.4 mm y la precipitación media anual es de 443.0 mm, la concentración de lluvias ocurre de abril a octubre (416.0 mm).

3.1.1 Localidades "La Estancia" y "Xothí"

La Estancia y Xothí, ambos poblados del Municipio de Chilcuautla, se encuentran dentro de la Unidad No. 1 del Distrito de Riego 100 (fig. 3). Siendo estas las localidades donde se establecieron los experimentos. El Municipio de Chilcuautla se ubica a los 20°19'54" de Latitud Norte y 99°13'49" de Longitud Oeste y una altitud de 1 883 msnm. Algunas de sus características climá-

LOCALIZACION DEL DISTRITO DE RIEGO N° 100
EN EL ESTADO DE HIDALGO FIG. 1

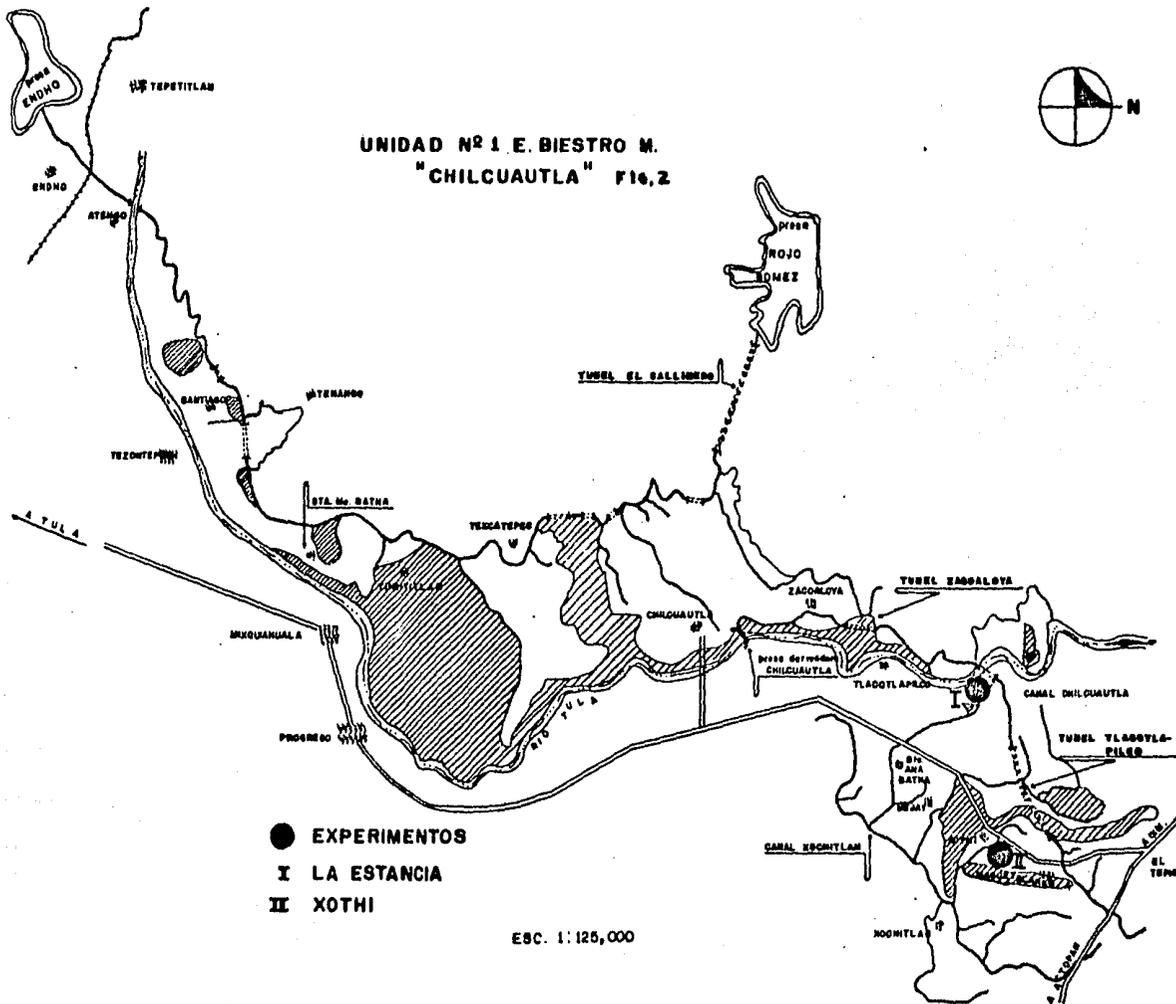
53.



54.



UNIDAD N° 1 E. BIESTRO M.
"CHILCUAUTLA" FIG. 2



- EXPERIMENTOS
- I LA ESTANCIA
- II XOTHI

ESC. 1:125,000

ticas son: la precipitación media anual de 317.9 mm; los meses más lluviosos corresponden a mayo, julio y septiembre; la temperatura media del mes más frío es de 11.8°C (enero) y la del mes más caliente 21.8°C (mayo) (cuadro 1.A).

La frecuencia de heladas tardías y tempranas presentadas durante la estación de crecimiento (1983) es la siguiente: heladas tardías en marzo, 10 eventos, en abril 4 eventos; heladas tempranas en octubre 2 eventos.

Algunas características químicas y físicas del suelo se presentan en el cuadro 2.A.

3.2 Establecimiento y conducción de los experimentos

Las parcelas experimentales por tratamiento (fórmula de producción) tuvieron 6 m de largo y 3.6 m de ancho (21.6 m²). La parcela útil por cada tratamiento fue de 6 m de largo por 1.8 m de ancho (10.8 m²). Cada parcela útil contó con dos surcos con separación entre ellos de 0.90 m y 6 m de largo. Las distancias entre matas consideradas en este trabajo se observan en el siguiente cuadro.

CUADRO 3.1 DISTRIBUCION DE LA POBLACION DE PLANTAS

Densidad de población (pl/ha)	Separación entre matas (cm)	Número de plantas por mata	Número de matas por surco
50 000	44	2	11
60 000	37	2	16
70 000	32	2	19

La siembra se realizó manualmente en forma mateada a razón de 3 semillas por golpe. Al momento de la siembra se aplicó todo el fósforo y la mitad de nitrógeno. El resto del nitrógeno se proporcionó en la escarda, entre los 35 y 40 días después de la siembra.

Para la fertilización nitrogenada se utilizó sulfato de amonio (20.5% de N.) y para la fertilización fosfatada se utilizó superfosfato de calcio simple (19.5% de P_2O_5).

El manejo para la localidad "La Estancia" se inició preparando el suelo 10 días antes de la siembra y barbechando a 25 cm de profundidad con arado de discos. Posteriormente se dió un paso de rastra. Los riegos fueron aplicados por gravedad, dándose el de pre-siembra el 24 de marzo de 1983. Seis días después se sembró y fertilizó. El 4 de mayo se efectuó la segunda fertilización al momento de la escarda. El 7 de mayo se aplicó el primer riego de auxilio y 20 días después se deshirió manualmente; los subsecuentes riegos fueron aplicados los días 6 y 30 de junio, 21 de julio y el último el 31 de agosto. Para reducir la infestación de gusano cogollero se aplicó Volatón al 5% granulado a razón de 25 kg/ha el 23 de junio.

La antesis se observó el 10 de junio en el híbrido y dos semanas después en el criollo.

El manejo para la localidad "Xothí" fue el mismo, variando únicamente en las fechas de realización. La siembra se efectuó el 15 de abril al mismo tiempo que la fertilización. El 8 de

abril se aplicó un riego de pre-siembra. Los riegos siguientes fueron los días 13 de mayo, 7 de junio, 1° de julio, 3 y 28 de agosto. La mitad restante de nitrógeno se aplicó el 11 de mayo. El control de gusano cogollero, se realizó con una aplicación de Volatón al 5% granulado, con la misma dosis que para la localidad La Estancia, el 22 de junio.

La antesis se presentó el 23 de junio para el H-133 y para el criollo, ocurrió dos semanas después.

Para las dos localidades la cosecha se realizó manualmente en el mes de septiembre.

3.3. Características de los genotipos experimentales

Los genotipos utilizados en el experimento son el híbrido de maíz H-133 y el criollo Chalqueño.

El H-133 es un maíz tardío recomendado para siembra de riego, fue obtenido mediante cruce simple de líneas derivadas de la raza Chalqueña y por una cruce simple de la raza Celaya con fuerte influencia de Tuxpeño. Su origen le da un amplio rango de adaptación que va desde lugares de alturas y climas semejantes al Bajío hasta la Mesa Central. Este híbrido ha logrado superar ampliamente los rendimientos del criollo Chalqueño en el Estado de Hidalgo; tiene un ciclo vegetativo de 165 días, sus plantas son generalmente de color verde oscuro y algunas con tintes morados, su porte es alto entre 3.0 y 3.5 m, por lo que garantizan una buena producción de forraje. Es resistente al acame, su mazorca tie

ne forma cilíndrica y es bastante sana y uniforme (PRONASE, 1980).

El criollo Marceño utilizado en la región de estudio probablemente deriva de la raza Chalqueña, la cual está considerada dentro de las razas modernas incipientes. Estas razas se desarrollaron desde la conquista, pero aún no han alcanzado un estado de estabilidad racial (Wellhausen, 1952). La raza Chalqueña tiene una talla media de 2 a 5 m y madura entre cinco y seis meses, está adaptada a elevaciones de 1800 a 2300 msnm. Es altamente resistente a roya. De mediano ahijamiento, sus hojas son amplias y de largo moderado. La mazorca es ancha y mediana de longitud; el número promedio de hileras es de 16.6; de diámetro medio y granos medianos y angostos. Su origen probable es producto de la hibridación natural entre Cónico y Tuxpeño (Wellhausen, 1952).

3.4 Diseño experimental

Para llevar a cabo la serie de experimentos se utilizó el diseño de arreglo en parcelas divididas con bloques al azar, donde el factor variedades es la parcela grande y el factor fórmula de producción es la subparcela. Se hicieron 2 repeticiones.

La matriz Plan Puebla I sirvió de base para seleccionar los tratamientos a evaluar. Los factores considerados fueron los niveles de fertilización de nitrógeno y fósforo y la densidad de población.

Los niveles estudiados fueron para nitrógeno 00, 40, 80, 120 y 160 Kg/ha, para fósforo 00, 20, 40, 60 y 80 Kg/ha y para

densidad de población 50, 60, 70 y 80 mil pl/ha.

Seleccionadas en base a la matriz Plan Puebla las fórmulas de producción resultantes fueron las que se observan en el siguiente cuadro:

CUADRO 3.2 FORMULAS DE PRODUCCION INICIALES

Número de Fórmula de Producción	Kg/ha		pl/ha
	N	P ₂ O ₅	
1	80	40	60 000
2	80	40	70 000
3	80	60	60 000
4	80	60	70 000
5	120	40	60 000
6	120	40	70 000
7	120	60	60 000
8	120	80	60 000
9	40	40	60 000
10	160	60	70 000
11	80	20	60 000
12	120	80	70 000
13	80	40	50 000
14	120	60	80 000
15	Testigo		70 000
16	Testigo		60 000

De estas 16 fórmulas de producción sólo 12 fueron conside-

radas en el experimento debido a la eliminación de algunos tratamientos por baja germinación obtenida en campo. De esta manera las densidades de 60 000 pl/ha se bajaron a 50 000 pl/ha y las de 70 000 pl/ha se redujeron a 60 000 pl/ha. Así también se eliminaron los tratamientos que no ajustaron a las densidades mencionadas. Las dosis de fertilización no sufrieron modificación alguna, únicamente las densidades de siembra. De este modo el diseño de tratamientos Plan Puebla I no fue considerado como tal para estos experimentos. Las fórmulas de producción utilizadas finalmente fueron las siguientes:

CUADRO 3.3 FORMULAS DE PRODUCCION APLICADAS

Número de Fórmulas de Producción	Kg/ha		pl/ha
	N	P ₂ O ₅	
1	80	40	50 000
2	80	40	60 000
3	80	60	60 000
4	120	40	60 000
5	120	60	50 000
6	120	80	50 000
7	40	40	50 000
8	160	60	70 000
9	80	20	50 000
10	120	80	60 000
11	Testigo		60 000
12	Testigo		50 000

3.5 Toma de datos

El tamaño de muestra por parcela útil fue de 15 plantas con competencia completa escogidas al azar.

Una vez cosechadas las plantas enteras (parte aérea), se dejaron al aire libre durante tres semanas hasta que alcanzaron las plantas una humedad aproximada de 15%. En este momento se procedió a la toma de datos consistiendo en la obtención de las componentes de rendimiento, entendidas y cuantificadas éstas, como a continuación se menciona.

Altura de planta (ALPL), se midió la planta en centímetros, de la base a la punta de la flor masculina.

Peso de planta (RB), es el peso seco, en gramos, de la planta excepto la raíz, incluyendo la mazorca.

Peso de mazorca (PEMA), es el peso seco total de la mazorca sin brácteas, en gramos.

Longitud de la mazorca (LONMA), es el largo de la mazorca medida en centímetros desde la base de ésta hasta la punta.

Diámetro de la mazorca (DIAMA), se refiere a la medición del diámetro de la mazorca en centímetros.

Peso del grano (RE), es el peso del número total de granos por mazorca de la planta en gramos.

Peso de olote (PEOLO), se refiere al peso de olote después de desgranada la mazorca en gramos.

Número de hileras (NUHIL), se contaron el número de hileras presentes en la mazorca principal.

Peso de 200 granos (PE200), se contaron 200 granos por mazorca cuidando estuvieran sanos y limpios y se pesaron en gramos.

En el caso de que la planta tuviera más de una mazorca, las componentes PEMA, RE y PEOLO, se cuantificaron considerándolas en conjunto.

3.6 Análisis estadístico

3.6.1 Análisis de varianza

El análisis de los datos recabados se realizó en base al método de análisis de varianza, para observar el efecto de los factores localidad, variedad y fórmula de producción sobre las componentes de rendimiento.

La estructura del análisis de varianza general se indica en el cuadro 3.4.

CUADRO 3.4 FUENTES DE VARIACION Y GRADOS DE LIBERTAD DEL DISEÑO
UTILIZADO

FUENTES DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD
Localidad	(L-1)
Rep: Loc - Error a	r(L-1)
Variedad	(v-1)
Var x Loc	(v-1) (L-1)
Var x Rp: Loc - Error b	L(v-1) (r-1)
Fórmula de producción	(f-1)
For x Loc	(f-1) (L-1)
For x Var	(f-1) (v-1)
For x Rep (Loc Var) - Error c	(f-1) (r-1)L+
	(t-1) (v-1) (r-1)L
Error de muestreo	frvL (p-1)

3.6.2. Comparación de medias

Una vez realizados los análisis de varianza de las componentes de rendimiento, se procedió a realizar pruebas de comparaciones múltiples entre las medias de las fuentes de variación que presentaban significancia. La prueba utilizada fue la de Duncan a un nivel de 0.05 de significancia estadística.

3.6.3. Coeficientes de correlación

Se calcularon los coeficientes de correlación simples para las variables estudiadas en las cuatro combinaciones de localidad-variedad y la mejor fórmula de producción, con el objeto de observar el grado de asociación entre ellas y de ellas con el rendimiento de grano (RE).

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Análisis de Varianza y Valores de la Prueba de 'F' de las Componentes de Rendimiento

Los análisis de varianza de cada componente de rendimiento se encuentran en el apéndice. Los resultados de los mismos, se presentan resumidos en el cuadro 4.1.

Se aprecia de manera general, que existen diferencias estadísticas, para casi todas las componentes de rendimiento en las diferentes fuentes de variación.

Las diferencias significativas corresponden a las fuentes de variación localidad, variedad y localidad * variedad.

Las diferencias altamente significativas, se presentan al introducir como fuente de variación, al factor fórmula de producción; es decir, en las fuentes de variación fórmula de producción, localidad * fórmula de producción y variedad * fórmula de producción para todas las componentes en estudio y en la fuente de variación localidad * variedad * fórmula de producción para casi todas las componentes de rendimiento.

Las diferencias no significativas se observan para las componentes de rendimiento diámetro de mazorca y peso de 200 granos en las fuentes de variación localidad y localidad * variedad. La componente número de hileras no presentó diferencias significativas en las fuentes de variación localidad * variedad y localidad * variedad * fórmula de producción.

CUADRO 4.1. VALORES DE LA PRUEBA DE 'F' Y SU NIVEL DE SIGNIFICANCIA DE LAS COMPONENTES DE RENDIMIENTO EN LAS FUENTES DE VARIACION

FUENTES DE VARIACION	ALPL	RB	PEMA	LONMA	DIAMA	RE	PEOLO	NUHIL	PE200
LOCALIDAD	616.93**	33.25*	197.47**	62.31*	14.40 ^{ns}	401.86**	1162.09**	20.61*	9.88 ^{ns}
VARIEDAD	373.81**	57.30*	567.63**	40.41*	32.43*	1262.23**	533.97**	222.97**	135.62**
LOCALIDAD*VARIEDAD	186.65**	104.91**	147.16**	31.47*	7.60 ^{ns}	365.45**	109.05**	11.17 ^{ns}	0.98 ^{ns}
FORMULA DE PRODUCCION	12.40**	7.16**	6.97**	6.59**	5.18**	6.44**	7.85**	6.17**	7.11**
LOCALIDAD*FORMULA	6.76**	6.60**	5.10**	3.11**	4.86**	5.03**	7.14**	2.85**	3.60**
VARIEDAD*FORMULA	16.45**	5.56**	3.80**	4.64**	4.31**	3.29**	8.04**	3.49**	8.03**
LOCALIDAD*VARIEDAD*FORMULA	13.79**	4.73**	2.37*	3.25**	2.97**	2.48*	4.60**	1.44 ^{ns}	4.10**

* 0.05 de probabilidad estadística

** 0.01 de probabilidad estadística

ns no significativo estadísticamente

Estos resultados muestran que prácticamente todas las componentes de rendimiento estudiadas, responden de manera diferencial al variar la localidad, la variedad, la fórmula de producción, así como en las interacciones de primero y segundo orden. Esto puede interpretarse en términos de una variación ambiental de localidad a localidad, de una variación genotípica entre variedades y de variación en el suministro nutricional proporcionado por las fórmulas de producción.

Los resultados del análisis de varianza, demuestran que existe efecto de los factores en estudio, sobre las componentes de rendimiento aunque algunas de ellas no presenten cambios a un factor específico.

La fórmula de producción es el factor que tiene un mayor efecto sobre las componentes de rendimiento.

4.2 Comparación de Medias por Planta de las Componentes de Rendimiento por Localidad

Con el objeto de identificar la mayor localidad, se compararon los valores medios por planta correspondientes a cada componente de rendimiento.

Los resultados confirman lo observado en el análisis de varianza y muestran las diferencias estadísticas existentes entre localidades, para cada una de las componentes registradas.

En el cuadro 4.2 se aprecian las diferencias estadísticas en -

tre localidades en todas las componentes de rendimiento excepto pa ra diámetro de mazorca y peso de 200 granos.

Considerando que ambas localidades están separadas por no más de 7 km de distancia, la información de temperatura, precipitación pluvial y evaporación (Cuadro 1.A.) se obtuvo a nivel del munic ipio. Esto es que no se registraron datos de condiciones ambientales de alguna periodicidad, para cada una de las localidades.

Las características físico-químicas de los suelos de las locali dades en estudio se presentan en el Cuadro 2.A. El muestreo de los suelos para su análisis se realizó únicamente a los 30 cm de profundidad, lo cual limita el conocimiento de los suelos de mane- ra más amplia. El porcentaje de materia orgánica y el contenido de fósforo son los elementos en los que difieren notablemente las localidades; se observa que La Estancia presenta mejores condicio- nes edáficas.

El manejo del cultivo desde preparación de terreno hasta el mo- mento de la cosecha fue el mismo para las dos localidades, incluso la oportunidad de los riegos.

Arellano, 1983; Barrales, 1983; Billings, 1968; Evans y Ward - law, 1976 y Fanjul, 1978 han enfatizado sobre la influencia de las condiciones ambientales prevalecientes durante la estación de cre- cimiento, en el desarrollo del cultivo y Hanway, 1962b demuestra que las diferencias en la fertilidad inicial del suelo influyen so bre la absorción de los elementos por el cultivo.

CUADRO 4.2. COMPARACION DE MEDIAS DE LAS COMPONENTES DE RENDIMIENTO POR LOCALIDAD

COMPONENTES DE RENDIMIENTO	LA ESTANCIA	XOTHI
ALPL (cm)	217.08 b	254.92 a
RB (gr)	338.07 b	371.04 a
PEMA (gr)	160.23 b	186.33 a
LONMA (cm)	15.03 b	15.91 a
DIAMA (cm)	4.40 a	4.57 a
RE (gr)	142.98 b	166.00 a
PEOLO (gr)	17.12 b	19.05 a
NUHIL	13.09 b	14.10 a
PE200 (gr)	81.06 a	78.80 a

Medias con la misma letra no son diferentes significativamente, 0.05 de probabilidad estadística.

En la localidad Xothf se lograron los valores medios por planta más altos, lo cual indica que las condiciones medio ambientales fueron más favorables para esta localidad que para la localidad La Estancia. Esto debido a la diferencia en las fechas de realización de las labores del cultivo, incluyendo la siembra; en Xothf hubo un retraso de 15 días, lo cual produjo un mejor ambiente de producción, este ambiente de producción influyó probablemente sobre los períodos críticos de preantesis (Beratto et al., 1974b), de llenado de grano (Allison, 1964; Mock y Pearce, 1975) y de post antesis (Barrales, 1983; Evans y Wardlaw, 1976; Frey, 1981).

4.3. Comparación de Medias por Planta, de las Componentes de Rendimiento por Variedad

En el cuadro 4.3 se observa una variación entre genotipos bien definida. El híbrido H-133 es la mejor variedad, pues responde mejor en todas las componentes de rendimiento excepto en altura de planta.

El H-133 es producto de varios años de mejoramiento genético (PRONASE, 1980), en donde el vigor híbrido ha sido explotado y por tanto cuenta con una mayor frecuencia de genes favorables para rendimiento, lo cual no puede ser garantizado para el material crio-llo, aún siendo éste, producto de miles de años de selección natural (Wellhausen et al., 1952).

Wallace, Ozburn y Munger citados por Beratto et al., (1974a) mencionan que el rendimiento es un carácter controlado por la acción conjunta y aditiva de varios genes. Para Williams y Gilbert;

Malborn citados por Beratto et al., (1974a) el control genético para el rendimiento es indirecto y se ejerce a través del control de las componentes fisiológicas.

Al observar las diferencias entre las componentes morfológicas de rendimiento para cada genotipo y considerando que son el reflejo de los procesos fisiológicos que a su vez dan como resultado final al rendimiento (Kohashi, 1976), las diferencias entre variedades se deben a una mayor eficiencia en algunos de estos procesos.

La eficiencia en el metabolismo de una planta puede dividirse en tres aspectos: a) la capacidad para producir fotosintatos, la cual varía según el genotipo y ha sido demostrado por Duncan y Hesketh citados por Mock y Pearce (1975); b) la capacidad para traslocar. El patrón de distribución de asimilados está determinado por una disposición de las fuentes y las demandas en la planta como lo señalan Perkins et al.,; Thorne et al.,; Hartt et al.,; Bidulph y Cory; Wareing y Patrick citados por Fanjul (1978). Se ha demostrado que hay una relación importante entre la fuerza de los centros productores con la fuerza de los centros demandantes, considerando también las restricciones en la ruta de los tejidos vasculares (Wardlaw et al., citados por Evans y Wardlaw, 1976). Se aprecia que para la componente de rendimiento altura de planta, el híbrido tiene un valor medio menor, este menor porte contribuye a una mayor eficiencia en la conducción de más fotosintatos al grano como Mock y Pearce, 1975 lo han sugerido; c) la capacidad de almacenamiento y las restricciones entre especies y dentro de especies ha sido discutido por Evans, 1975; Evans y Wardlaw, 1976; Jhonson y Tanner, 1972; Thorne citado por Beratto et al., 1974 y Yoshida,

CUADRO 4.3 COMPARACION DE MEDIAS POR PLANTA DE LAS COMPONENTES DE RENDIMIENTO POR VARIEDAD

COMPONENTES DE RENDIMIENTO	H-133	CRIOLLO
ALPL (cm)	223.17 b	248.83 a
RB (gr)	369.04 a	340.07 b
PEMA (gr)	195.45 a	151.11 b
LONMA (cm)	16.265 a	14.682 b
DIAMA (cm)	4.880 a	4.100 b
RE (gr)	173.95 a	135.03 b
PEOLO (gr)	20.396 a	15.789 b
NUHIL	16.242 a	10.949 b
PE200 (gr)	87.556 a	72.313 b

Medias con la misma letra, no son diferentes significativamente, 0.05 de probabilidad estadística.

1972.

Además de las diferencias metabólicas entre el híbrido y el criollo, hay diferencias en desarrollo; si bien no se registraron datos acerca de la fenología de cada uno de los genotipos se observó que el tiempo de emergencia fue simultáneo así como la madurez fisiológica, sin embargo, en el híbrido se observó la antesis 15 días antes que en el criollo, inclusive en las dos localidades. Lo anterior indica que tuvo una menor etapa vegetativa y un mayor período de llenado de grano. La importancia de esta fase ha sido observada por Allison, 1974; Daynard et al., 1971; Eastin citado por Evans y Wardlaw, 1976; Gunn y Christiansen, 1965; Jhonson y Tanner, 1972; Mock y Pearce, 1975 y Watson citado por Mock y Pearce, 1975.

4.4. Comparación de Medias por Planta de las Componentes de Rendimiento para la Combinación Localidad-Variedad

La comparación de valores medios por planta correspondientes a la interacción localidad * variedad, tiene como objetivo determinar la asociación que mejor se comporta según la componente de rendimiento analizada.

Los resultados de esta comparación se presentan en el cuadro 4.4. Se aprecian diferencias significativas entre las combinaciones y para casi todas las componentes de rendimiento.

Las componentes altura de planta y rendimiento biológico en cada una de las cuatro combinaciones obtuvieron un valor estadísti-

camente diferente.

Las componentes de rendimiento peso de mazorca, rendimiento económico, peso de olote, número de hileras y peso de 200 granos mostraron un mismo comportamiento siendo las combinaciones La Estancia - Criollo y Xothí - Criollo iguales y las menos adecuadas. Este resultado confirma los obtenidos en la comparación entre genotipos en donde el híbrido supera al criollo.

Diámetro de mazorca mantiene la misma respuesta apreciada en el análisis de varianza y las comparaciones de medias entre localidades y entre variedades. Es un carácter que no es modificado por efectos ambientales.

De manera general, se aprecia que existe una coincidencia entre los resultados ya presentados y los obtenidos en la interacción localidad * variedad.

La mejor combinación para que expresen de manera más eficiente todas las componentes de rendimiento es Xothí - H-133.

CUADRO 4.4 COMPARACION DE MEDIAS POR PLANTA DE LAS COMPONENTES DE RENDIMIENTO PARA LAS COMBINACIONES DE LOCALIDAD - VARIEDAD

COMBINACION	ALPL (cm)	RB (gr)	PEMA (gr)	LONMA (cm)	DIAMA (cm)	RE (gr)	PEOLO (gr)	NUMIL	PE200 (gr)
LA ESTANCIA-H-133	195.1	d 332.9 b	171.1 b	15.1ab	4.6a	151.9 b	18.3 b	15.1a	89.3a
LA ESTANCIA-CRIOLLO	238.9	c 344.1 b	149.3 c	14.9ab	4.2a	133.9 c	15.8 c	11.0 b	72.7 b
XOTHI-H-133	251.1 b	405.1a	219.7a	17.4a	5.1a	195.9a	24.4a	17.3a	85.7a
XOTHI-CRIOLLO	258.6a	336.9 b	152.8 c	14.4 b	4.0a	136.0 c	15.7 c	10.8 b	71.8 b

Medias con la misma letra, no son significativamente diferentes al 0.05 de probabilidad estadística.

4.5 Comparación de Medias por Planta de las Componentes de Rendimiento por Fórmula de Producción

Al analizar el efecto de los factores en estudio, se determinó al factor fórmula de producción como el que mayor efecto causó sobre las componentes de rendimiento. Con la presente comparación se trata de obtener cuál es la mejor fórmula de producción independientemente de localidad y variedad como factores de estudio, como una apreciación general.

En el cuadro 4.5 se observan diferencias significativas entre las fórmulas de producción; algunas de ellas se colocan como las únicas y mejores según la componente observada, pero otras comparten este primer lugar con varias fórmulas de producción.

Las componentes altura de planta y peso de mazorca definen como mejor y única fórmula a la 120-80(60).

El mejor rendimiento biológico fue obtenido con las fórmulas de producción 160-60(70) y 120-80(60); la tendencia parece ser la necesidad de altas dosis de nitrógeno y fósforo y altas densidades de población; sin embargo, y aunque son iguales estadísticamente estas dos fórmulas, la fórmula 120-80(60) supera a la 160-60(70), esto parece indicar que una vez alcanzado el valor óptimo de rendimiento biológico, éste empieza a decrecer (aunque no estadísticamente) con incrementos en los elementos de la fórmula de producción. Donald y Hamblim (1976) mencionan que el rendimiento biológico aumenta con la densidad de población, hasta un valor máximo determinado por algún factor ambiental y a mayores densidades tien

de a permanecer constante. Esta misma tendencia se observa para el peso de 200 granos.

Las componentes de rendimiento longitud de mazorca, diámetro de mazorca y peso de clote responden mejor e igual a la fórmula de producción 120-40 (60).

Los mayores valores de rendimiento económico se obtuvieron con las fórmulas 120-40 (60) y 120-80 (60); se aprecia que ambas fórmulas son de altas dosis de nitrógeno y alta densidad de población, pero no llegan a ser las más altas como lo será la fórmula 160-60 (60), la cual ya causa un decremento en el rendimiento económico estadísticamente significativo. La fórmula 120-40 (60) parece ser económicamente la más adecuada. Estos resultados coinciden con los reportados por Donald y Hamblin (1976) quienes opinan que el rendimiento de grano se incrementa a un valor máximo, pero declina si la densidad aumenta. Hacen notar que el punto máximo de rendimiento biológico y rendimiento económico se logran generalmente a la misma densidad de población.

La componente de rendimiento número de hileras obtuvo su mayor expresión con la fórmula de producción 80-20 (50).

De manera general, se aprecia que las fórmulas que aparecen con mayor frecuencia como las mejores son 120-80 (60) y 120-40 (60).

CUADRO 4.5 COMPARACION DE MEDIAS POR PLANTA DE LAS COMPONENTES DE RENDIMIENTO POR FORMULA DE PRODUCCION

FORMULA DE PRODUCCION	ALPL (cm)	RB (gr)	PEMA (gr)	LONMA (cm)	DIAMA (cm)	RE (gr)	PEOLO (gr)	NUHIL	PE200 (gr)
1. 80-40 (50)	231.26 de	363.38abcd	158.33 de	15.550 bcd	4.400 bcd	140.30 cde	17.500 cd	12.917 cdef	74.083 def
2. 80-40 (60)	233.42 d	381.14ab	178.21ab	16.408ab	4.833ab	161.47ab	17.758 bcd	14.467ab	84.083abc
3. 80-60 (60)	238.21 bcd	349.79 bcde	181.88abc	16.367ab	4.516abcd	160.07abc	19.625 bc	13.600 bcd	75.875 cde
4.120-40 (60)	244.71abc	375.88abc	198.77ab	17.242a	4.983a	176.32a	22.250a	14.433ab	87.917ab
5.120-60 (50)	224.47 e	309.05 f	143.33 e	12.825 e	3.808 e	124.05 e	16.125 de	11.733 f	65.375 f
6.120-80 (50)	239.58 bcd	381.01ab	186.42abc	16.675ab	4.516abcd	166.04ab	19.717 bc	14.333abc	85.500abc
7. 40-40 (50)	240.00abcd	342.38 cdef	168.21 cd	15.867abc	4.425 bcd	151.00 bcd	17.125 d	13.983 bcd	73.458 ef
8.160-60 (70)	246.75ab	388.59a	171.79 cd	15.475 bc	4.691abc	153.42 bc	18.458 bcd	13.442 bcde	91.083a
9. 80-20 (50)	214.05 f	316.67 ef	176.96 cd	15.158 bcd	4.641abc	160.04abc	17.042 d	15.583a	83.458abcd
10.120-80 (60)	248.42a	395.25a	201.46a	16.383ab	4.758ab	178.17a	20.125ab	13.867 bcd	89.208a
11.Testigo (60)	237.31 cd	312.43 f	146.38 e	13.775 de	4.083 de	131.97 de	14.008 e	12.100 ef	70.667 ef
12.Testigo (50)	233.79 d	339.08 def	167.63 cd	14.450 cd	4.225 cde	151.05 bcd	17.375 cd	12.683 def	78.500 bcde

Medias con la misma letra, no son significativamente diferentes al 0.05 de probabilidad estadística,

4.6 Comparación de Medias por Planta de la Combinación Localidad-Variación - Fórmula de Producción

En los análisis de varianza previamente discutidos se advierte que existe interacción entre los tres factores estudiados. La fuente de variación que corresponde a la interacción de segundo orden fue altamente significativa en la mayoría de las componentes de rendimiento. Sobre esta base el análisis de la información se realiza fundamentalmente al nivel de esta fuente de variación, la cual implica la acción conjunta de los factores de estudio. Lo anterior señala la necesidad de que para cada una de las cuatro combinaciones de localidad-variación resultantes, se seleccione la mejor fórmula de producción y una vez obtenidas éstas, analizar las tendencias de respuesta de cada una de las componentes de rendimiento a los elementos de la fórmula de producción.

4.6.1 La Estancia - H-133-Fórmula de Producción

En el cuadro 4.6 se observa la respuesta de las componentes de rendimiento a la combinación mencionada y se aprecia que cada componente de rendimiento responde de manera diferencial a la fórmula de producción, esto se explica debido a las diferencias en las características morfológicas y fisiológicas existentes entre cada una de ellas.

Tal como se observa en el cuadro 4.5 difícilmente una sola fórmula de producción será la sobresaliente ya que las fórmulas en sí forman varios grupos de significancia.

Las componentes de rendimiento altura de planta, rendimiento

biológico, peso de mazorca, longitud de mazorca, peso de olote, número de hileras y peso de 200 granos condicionan su mejor expresión a la fórmula 120-80(60).

La componente diámetro de mazorca no presentó diferencias significativas en esta combinación, a alguna de las doce fórmulas de producción.

Para la componente rendimiento económico la única y mejor fórmula fue la 120-40(60).

La fórmula 160-60(70) aparece como la más inadecuada para cuatro componentes de rendimiento. El resto de las componentes señalan a diferentes fórmulas como inadecuadas.

Lo anterior coincide con lo señalado previamente, es decir, que altas dosis en los elementos de la fórmula de producción y que rebasen a los óptimos establecidos, causan un efecto adverso. Resultados similares fueron señalados por Dungan et al., (1958) y Stivers et al., (1971) y discutidos ampliamente relacionando con otros parámetros por Bryant y Blaser, (1968); Stickler, (1964); Eik y Hanway, (1966); Giesbrecht, (1969); Hunter et al., (1969) y Nunez y Kamprath, (1969).

CUADRO 4.6 COMPARACION DE MEDIAS POR PLANTA DE LAS COMPONENTES DE RENDIMIENTO PARA LA COMBINACION LA ESTAN -
CIA -H-133 -FORMULAS DE PRODUCCION

FORMULA DE PRODUCCION	ALPL (cm)	RB (gr)	PEMA (gr)	LONMA (cm)	DIAMA (cm)	RE (gr)	PEOLO (gr)	NUHIL	PE200 (gr)	
1. 80-40 (50)	183.0	ef	434.1 b	192.0 b	17.3a	5.1a	170.6 c	21.3 bc	15.0ab	107.0a
2. 80-40 (60)	180.1	fg	303.1 de	170.1 b	16.6abc	5.0a	153.0 d	16.8 de	16.2ab	81.5 de
3. 80-60 (60)	184.0	ef	266.5 h	141.3	ef 14.7abcd	4.4a	125.0 g	16.3 de	14.8ab	61.3 f
4. 120-40 (60)	240.5 b		424.8 b	241.7a	17.2ab	5.5a	267.4a	24.5ab	16.7a	96.3 bc
5. 120-60 (50)	169.3	h	278.1 gh	141.0	ef 14.0 bcd	4.5a	113.8 h	17.6 cde	15.3ab	75.5 e
6. 120-80 (50)	192.6 cd		339.0 c	156.0 d	13.8 cd	4.1a	138.6 e	15.0 ef	15.5ab	91.0 c
7. 40-40 (50)	175.5	gh	311.6 d	157.0 d	14.7abcd	4.7a	137.1 ef	19.8 cd	15.6ab	80.8 de
8. 160-60 (70)	195.3 cd		281.6 fg	139.3 f	13.1 d	4.0a	127.3 fg	12.0 f	13.2 b	84.0 d
9. 80-20 (50)	184.6	ef	295.3 ef	162.3 cd	14.2abcd	4.1a	143.3 de	21.3 bc	14.2ab	92.3 c
10. 120-80 (60)	248.3a		460.3a	245.1a	17.5a	5.5a	220.1 b	25.0a	16.6a	108.1a
11. Testigo (60)	199.1 c		312.5 d	156.0 d	14.9abcd	4.0a	140.8 e	15.6 ef	13.8ab	101.3ab
12. Testigo (50)	189.5 de		288.5 fg	151.3 de	13.0 d	4.1a	136.1 ef	15.1 ef	14.5ab	92.6 c

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes al 0.05 de probabilidad estadística.

4.6.2 La Estancia-Criollo-Fórmulas de Producción

En el cuadro 4.7 se aprecia que la variación en la respuesta de las componentes de rendimiento a las fórmulas de producción es aún más amplia que en la combinación anterior; se observa que según la componente analizada existe una o más fórmulas que puedan ser consideradas como las mejores. Esto probablemente se deba al genotipo criollo, el cual cuenta con un genoma con mayor variabilidad que el híbrido.

La fórmula 40-40(50) causó la mayor altura de planta y el mayor peso de mazorca. Las componentes longitud de mazorca y diámetro de mazorca respondieron similarmente tanto a esta fórmula como a otras.

Las fórmulas que causan una mayor respuesta según la componente son las siguientes: 80-20(50) para número de hileras; 80-40(60) para rendimiento biológico; 120-40(60) para peso de 200 granos; 120-80(50) para longitud de mazorca y peso de olote; 120-80(60) para rendimiento económico y peso de olote y 160-60(70) para las componentes rendimiento biológico, diámetro de mazorca y peso de 200 granos.

La componente diámetro de mazorca en esta combinación ya presenta una variación en su respuesta a las fórmulas de producción, aunque ésta no sea muy amplia.

En esta combinación se aprecia que los requerimientos en los elementos de la fórmula de producción, son menores.

Esto se explica en términos de una adaptabilidad por parte del criollo a las condiciones ambientales y edáficas de la localidad y en el caso del híbrido si bien éste ha sido adaptado a la zona, por características genéticas tiene un cierto grado especialización, esto es que su respuesta dependerá de la aplicación de los insumos.

Las fórmulas menos adecuadas fueron aquellas que no contienen fertilización alguna testigo(60) y testigo(50).

CUADRO 4.7 COMPARACION DE MEDIAS POR PLANTA DE LAS COMPONENTES DE RENDIMIENTO PARA LA COMBINACION LA ESTANCIA
 -CRIOLLO-FORMULAS DE PRODUCCION

FORMULA DE PRODUCCION	ALPL (cm)	RB (gr)	PEMA (gr)	LNMA (cm)	DIAMA (cm)	RE (gr)	PEOLO (gr)	NUHIL	PE200 (gr)	
1. 80-40(50)	236.1 de	308.5 e	124.8 e	12.9 de	3.4ab	115.5 d	14.6 cd	8.7 de	59.3 e	
2. 80-40(60)	220.3 hi	428.8a	158.3 cd	15.7abcd	4.4ab	144.0 b	15.0 bcd	11.1 bcd	88.0ab	
3. 80-60(60)	251.8 c	301.1 ef	148.6 d	15.7abcd	3.9ab	133.3 c	15.3 bcd	11.0 bcd	71.1 d	
4.120-40(60)	231.3 ef	323.8 d	168.6 bc	17.4ab	4.8a	150.3ab	17.6abc	12.0abc	90.0a	
5.120-60(50)	254.5 bc	312.7 de	125.5 e	12.1 ef	3.3ab	113.2 d	12.0 d	9.2 cde	58.5 e	
6.120-80(50)	242.3 d	375.5 c	166.3 c	18.1a	4.6ab	147.1ab	19.3a	12.5ab	73.8 d	
7. 40-40(50)	276.6a	407.0 b	179.6a	18.1a	4.8a	152.0ab	17.6abc	13.2ab	75.0 cd	
8.160-60(70)	260.1 b	424.8a	168.3 bc	16.2abc	4.8a	149.6ab	18.6ab	11.6abcd	94.0a	
9. 80-20(50)	217.8	i 293.8	fg 164.8 c	14.4 bcde	4.5ab	150.5ab	13.8 cd	14.2a	81.5 bc	
10.120-80(60)	226.8	fgh 398.0 b	177.6ab	13.1 cde	4.5ab	157.1a	20.8a	12.2ab	88.6ab	
11.Testigo(60)	231.0	efg 281.5	g 101.8	f 9.7	f 2.9 b	90.8	e 11.6	d 7.2	e 42.6	g
12.Testigo(50)	223.6	ghi 262.1	h 107.5	f 11.5	ef 3.6ab	94.1	e 13.6	d 9.1	cde 50.8	f

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes al 0.05 de probabilidad estadística.

4.6.3 Xothí - H-133 - Fórmulas de Producción

En esta combinación (Cuadro 4.8) las componentes de rendimiento longitud de mazorca, diámetro de mazorca y número de hileras no mostraron diferencias significativas a las fórmulas de producción. Inclusive el peso de 200 granos presentó la misma tendencia; en el resto de las componentes el grado de respuesta no es muy amplio y la variación entre las mejores fórmulas de producción es manifiesta; la cual probablemente sea producto de la interacción entre la mejor localidad y la mejor variedad.

Para la componente altura de planta las fórmulas 160-60(70) y 120-80(60) son las que causan los más altos valores; en este caso se observa que al aumentar 10 000 pl/ha, 40 kg/ha de nitrógeno y disminuir 20 kg/ha de fósforo no se provocaron cambios significativos.

La fórmula 120-80(50) provocó la mejor expresión de las componentes de rendimiento peso de mazorca y rendimiento económico; el rendimiento biológico y peso de olote condicionaron su mayor expresión a las fórmulas 80-40(60) y 120-60(50) respectivamente.

Los valores medios más bajos en la mayoría de las componentes fueron obtenidos con las fórmulas de producción más pobres como Testigo(60) y 40-40(50) o bien de mediana fertilidad como la fórmula 80-40(50).

CUADRO 4.8 COMPARACION DE MEDIAS POR PLANTA DE LAS COMPONENTES DE RENDIMIENTO PARA LA COMBINACION XOTHI -H-133 -FORMULAS DE PRODUCCION

FORMULA DE PRODUCCION	ALPL (cm)	RB (gr)	PEMA (gr)	LONMA (cm)	DIAMA (cm)	RE (gr)	PEOLO (gr)	NUHIL	PE200 (gr)
1. 80-40 (50)	226.3 g	373.1 f	194.0 e	16.0a	4.8a	166.5 f	19.8 de	16.6a	76.8 bc
2. 80-40 (60)	257.0 bc	452.1a	229.8 b	17.8a	5.3a	208.8 bc	24.3 bc	18.7a	89.6a
3. 80-60 (60)	241.8 ef	417.3 cd	242.3a	17.3a	4.8a	212.1ab	21.6 cd	16.4a	80.0a
4. 120-40 (60)	246.0 de	406.5 d	226.3 bc	18.0a	5.1a	198.1 cd	27.6ab	16.6a	93.0a
5. 120-60 (50)	257.0 bc	430.1 bc	229.8 b	18.0a	5.3a	261.1 cd	29.0a	16.8a	93.3a
6. 120-80 (50)	246.5 de	436.0 b	247.0a	18.6a	5.5a	223.3a	24.6 bc	18.0a	95.1a
7. 40-40 (50)	250.6 cd	345.6 g	187.6 e	16.5a	4.8a	171.8 f	15.8 f	16.4a	70.8 c
8. 160-60 (70)	268.0a	409.8 d	208.0 d	17.1a	5.1a	183.5 e	24.5 bc	17.4a	80.0ab
9. 80-20 (50)	236.5 f	387.5 e	216.0 cd	17.7a	5.4a	195.0 d	20.0 de	19.6a	79.6 b
10. 120-80 (60)	268.0a	409.6 d	228.8 b	17.4a	5.1a	205.0 bcd	20.3 de	16.5a	93.8a
11. Testigo (60)	260.6 b	358.8 g	187.6 e	16.0a	5.1a	171.0 f	16.6 ef	17.2a	75.1 bc
12. Testigo (50)	257.3 bc	434.6 b	240.5a	17.9a	5.1a	215.7ab	24.3 bc	17.4a	91.8a

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes al 0.05 de probabilidad estadística.

4.6.4 Xothí-Criollo-Fórmulas de Producción

En el cuadro 4.9 se observa que aún tratándose de material criollo la variación en la respuesta de las componentes de rendimiento a las fórmulas de producción no es notoria; este diferente comportamiento se explica en términos de la interacción genotipo-ambiente y considerando que estas componentes de rendimiento son caracteres cuantitativos, por lo que el efecto ambiental es decisivo.

La altura de planta, peso de mazorca, longitud de mazorca, rendimiento económico y peso de olote obtuvieron su mayor valor con la fórmula 80-60(60) aunque altura de planta también se manifestó de la misma manera con las fórmulas 80-40(50) y 80-40(60).

Diámetro de mazorca presenta una respuesta muy reducida a las fórmulas de producción.

La fórmula de producción 160-60(70) es la más adecuada para las componentes rendimiento biológico y peso de 200 granos; para número de hileras la fórmula 80-20(50) es la mejor.

La fórmula de producción 120-60(50) es la menos adecuada para todas las componentes analizadas.

En esta combinación y en coincidencia con la combinación donde también aparece el genotipo criollo, se observan bajas necesidades en la dosis de fertilización.

CUADRO 4.9. COMPARACION DE MEDIAS POR PLANTA DE LAS COMPONENTES DE RENDIMIENTO PARA LA COMBINACION XOTHI-CRIO LLO-FORMULAS DE PRODUCCION

FORMULA DE PRODUCCION	ALPL (cm)	RB (gr)	PEMA (gr)	LONMA (cm)	DIAMA (cm)	RE (gr)	PEOLO (gr)	NUHIL	PE200 (gr)
1. 80-40(50)	279.5a	337.3 d	122.5 g	13.9 b	4.1a	108.5 e	14.1 de	11.2ab	53.1 f
2. 80-40(60)	276.2a	340.3 d	154.5 de	15.4ab	4.5a	140.0 c	14.8 de	11.8ab	77.1 bc
3. 80-60(60)	275.1a	414.1 b	195.2a	17.6a	4.8a	169.7a	25.1a	12.1ab	81.0 b
4.120-40(60)	261.0 b	348.3 d	158.3 de	16.2ab	4.4a	139.3 c	19.1 b	12.4ab	72.3 cd
5.120-60(50)	219.0 d	215.1 h	77.0 h	7.0 c	2.0 b	68.0 f	5.8 f	5.6 c	34.1 g
6.120-80(50)	276.8a	373.5 c	176.3 b	16.0ab	3.8a	156.0 b	19.8 b	11.2ab	82.0 b
7. 40-40(50)	261.1 b	305.1 ef	148.5 ef	14.1 b	3.3ab	133.0 cd	15.1 cde	10.5 b	67.1 de
8.160-60(70)	263.5 b	438.3a	171.5 bc	15.4ab	4.8a	153.1 b	18.6 bc	11.5ab	106.3a
9. 80-20(50)	217.2 d	290.0 g	164.6 cd	14.2 b	4.4a	151.3 b	13.0 de	14.2a	80.3 b
10.120-80(60)	250.5 c	313.0 e	154.6 de	13.4 b	3.4ab	130.3 cd	14.3 de	10.0 b	66.1 de
11.Testigo(60)	259.5 b	296.9 fg	140.0 f	14.2 b	4.2a	125.2 d	12.0 e	10.0 b	63.5 e
12.Testigo(50)	264.6 b	371.0 c	171.1 bc	15.2ab	4.0a	158.1 b	16.3 bcd	9.6 b	78.6 bc

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes al 0.05 de probabilidad estadística.

Como se señaló antes, una vez obtenidas las fórmulas de producción que provocaron los más altos valores en cada una de las componentes de rendimiento y para cada combinación de localidad - variedad, se agruparon en un sólo cuadro (Cuadro 4.10) con la finalidad de visualizar el efecto de la fórmula de producción, sobre las componentes de rendimiento, esto es identificar alguna tendencia que muestren éstas, como respuesta a la aplicación de nitrógeno y fósforo y a la densidad de población.

En dicho cuadro se observa que altura de planta tuvo ocho fórmulas que provocaron el mayor valor; observando éstas en el elemento nitrógeno y descartando el menor y el mayor valor, que sólo aparecen una vez, se aprecia que 120 y 80 kg/ha de nitrógeno aparecen con más frecuencia, las cuales se consideran dosis medias altas. Respecto a fósforo, aparecen las dosis 40, 60 y 80 kg/ha; esto indica que existe respuesta a aplicaciones medias y altas ya que las dosis 00 y 20 kg/ha no causaron efecto. La densidad de población, es un elemento de la fórmula de producción que causó una respuesta mayor con poblaciones de 50 y 60 mil pl/ha, ya que si bien aparece una vez la máxima densidad empleada ésta entra en combinación con los otros dos elementos de la fórmula, los cuales soportan a tal densidad. En contraste con estos resultados Oseguera (1975) menciona que la densidad de población no influyó sobre la altura de planta, mientras que Giesbrecht (1969) encontró que los híbridos de mayor altura fueron los mejores adaptados a la competencia en altas densidades de población.

En la componente rendimiento biológico, se aprecian las dosis 80, 120 y 160 kg/ha de nitrógeno que se consideran medias y altas, lo cual señala una respuesta positiva a la fertilización nitrogena

CUADRO 4.10 FORMULAS DE PRODUCCION ADECUADAS PARA LAS COMPONENTES DE RENDIMIENTO, DE ACUERDO A LA COMBINACION LOCALIDAD-VARIEDAD

COMBINACION	ALPL (cm)	RB (gr)	PEMA (gr)	LONMA (cm)	DIAMA (cm)	RE (gr)	PEOLO (gr)	NUHIL	PE200 (gr)
La Estancia- H-133	120-80 (60)	120-80 (60)	120-80 (60) 120-40 (60)	120-80 (60) 80-40 (50)	120-40 (60) ¹	120-40 (60)	120-80 (60)	120-40 (60) 120-80 (60)	120-80 (60) 80-40 (50)
La Estancia- Criollo	40-40 (50)	80-40 (60) 160-60 (70)	40-40 (50)	120-80 (60) 40-40 (50)	120-40 (60) 160-60 (70) 40-40 (50)	120-80 (60)	120-80 (60) 120-80 (50)	80-20 (50)	160-60 (70) 120-40 (60)
Xothf- H-133	160-60 (70) 120-80 (60)	80-40 (60)	120-80 (50) 80-60 (60) Testigo (50)	120-80 (50) ¹	120-80 (50) ¹	120-80 (50)	120-60 (50)	80-20 (50) ¹	120-80 (50) ²
Xothf- Criollo	80-40 (50) 120-80 (50)	160-60 (70)	80-60 (60)	80-60 (60)	80-60 (60) ³	80-60 (60)	80-60 (60)	80-20 (50)	160-60 (70)
		80-40 (60)							
		80-60 (60)							

1. No se obtuvo significancia en 12 fórmulas de producción
2. No se obtuvo significancia en 8 fórmulas de producción
3. No se obtuvo significancia en 11 fórmulas de producción

da. Las dosis 40 y 60 kg/ha de fósforo son las más adecuadas para un mayor rendimiento biológico, notándose que son dosis interme - días. En densidad de población se aprecia una tendencia, de parte del rendimiento biológico a manifestarse mejor con altas poblaciones sin ser éstas, las de más alta densidad de población empleada ya que al incrementarse la población, el rendimiento biológico tiende a permanecer constante o bien a decrecer; resultados simila res han sido señalados por Donald y Hamblin (1976). A este respec to Bryant y Blaser (1968) mencionan que el peso promedio de planta decreció ligeramente con cada incremento en la distancia entre sur cos y al aumentar la densidad de población, al peso de los consti - tuyentes de las plantas, se redujó proporcionalmente

Considerando que el rendimiento biológico es el total de mate - ria seca acumulada por la planta, y que éste es un índice de la eficiencia fotosintética de la misma (Tanaka y Yamaguchi, 1972), Williams et. al., (1965a) reportan que la tasa máxima de producción de materia seca fue obtenida con la más alta densidad de población durante el período de espigamiento. Doss et. al., (1970) encontra ron que altas densidades de población incrementaron el rendimiento de materia seca en todas las partes de la planta.

Sin embargo, Williams et. al., (1968) encontraron que en densidades de población mayor a 5 pl/m² se presentaba mayor proporción de plantas jorras y lo asociaron con una gran acumulación de azúcares en los tallos debido a la ausencia de mazorca; lo anterior señala que no siempre altos valores en rendimiento biológico deben aso - ciarse con altos valores de rendimiento de grano.

La componente de rendimiento peso de mazorca responde principalmente a dosis de fertilización nitrogenadas medias altas (80 y 120 kg/ha), se aprecia también a la fórmula Testigo(50) para esta componente, pero su presencia se explica debido a errores en la toma de datos. Respecto a la fertilización fosforada se aprecia una respuesta favorable a ésta, ya que las dosis 40, 60 y 80 kg/ha aparecen con la misma frecuencia. La densidad de población que aparece con mayor frecuencia es 60 000 pl/ha. Esta componente según se ha observado en cuadros anteriores e incluso en el presente mostró una respuesta similar a la componente de rendimiento, rendimiento económico y bajo esta circunstancia, se discutirá más adelante sólo al rendimiento económico.

La longitud de la mazorca obtuvo su mayor valor con 80 y 120 kg/ha de nitrógeno principalmente; con dosis medias y altas de fósforo (40 y 80 kg/ha) y con densidades de población intermedias (50 y 60 mil pl/ha). Lo anterior señala la necesidad por parte de esta componente de fórmulas de producción balanceadas en sus tres elementos que no sean de niveles muy bajos ni muy altos.

La componente diámetro de mazorca en tres de las cuatro combinaciones presenta una respuesta reducida a las fórmulas, ya que la respuesta fue manifestada sólo en la combinación La Estancia-Criollo y para tres fórmulas de producción. Se aprecia que entre estas fórmulas, las diferencias son muy notorias y no es posible visualizar una tendencia más o menos definida en la respuesta de esta componente.

La componente rendimiento económico, mostró una mejor respuesu

ta con altas dosis de nitrógeno y con dosis de medias a altas en fósforo. El hecho de que tanto las dosis nulas y pobres como las más altas no se presenten dentro de estas fórmulas, demuestra que es una componente que responde a la fertilización tanto nitrogenada como fosforada. La mejor densidad de población fue 60 000 pl/ha considerada como intermedia dentro de las poblaciones probadas. Sobre el efecto de la densidad de población, varios autores han estudiado. Con frecuencia, al estrechar el espaciamiento entre surcos se aumenta la población de plantas, aunque esta condición no siempre se cumple, de este modo, se ha observado que los aumentos en la densidad de población hasta un valor óptimo, incrementan el rendimiento de grano como lo han señalado Colville y McGill (1962a, 1962b); Duncan (1954); Dungan et. al., (1958); Giesbrecht (1969); Goldsworthy y Colegrave citados por Jiménez (1979); Hunter et. al., (1970); Pendentlon y Seif citados por Stickler (1964) y Williams et. al., (1958).

Yao y Shaw (1964) mencionan que en surcos estrechos hay una mayor eficiencia en el uso del agua, nutrientes e interceptación de la energía solar. Eik y Hanway (1966) y Nunez y Kamprath (1969) sugieren que incrementos en la fertilidad y en la densidad de población aumentan el rendimiento debido a los aumentos en el área foliar.

La componente peso de clote responde a la fórmula de producción y muestra una tendencia hacia dosis altas de nitrógeno y fósforo y la densidad de población intermedia. Esta componente a su vez, es componente de peso de mazorca y lo más deseable es obtener un peso de clote mínimo; sin embargo, hay una similitud en la respuesta de

estas dos componentes, la cual implica que el olote en las dos variedades estudiadas, no es de gran peso y que aumentos en el peso de olote, provoca un aumento en el peso de mazorca.

El número de hileras es la componente que muestran un comportamiento diferente al resto de las componentes, ya que tiende a manifestarse mejor con medianas dosis de nitrógeno y bajas densidades de población y dosis de fósforo.

El peso de 200 granos obtuvo su mayor valor con dosis altas de nitrógeno, principalmente; en densidad de población y en fósforo las dosis fueron medias y altas.

Generalizando, se observa que la componente diámetro de mazorca difícilmente responde a las tasas de nitrógeno, fósforo y densidad de población estudiadas.

El número de hileras es la componente que se manifiesta diferente con respecto al resto de las componentes, a la fórmula de producción; la tendencia es de dosis más bien bajas.

Las componentes peso de mazorca, longitud de mazorca, rendimiento económico, peso de olote y peso de 200 granos ofrecieron un mayor grado de respuesta a los elementos de la fórmula de producción

Es conveniente señalar que es la interacción de los elementos de la fórmula de producción (nitrógeno, fósforo y densidad de población) per se la que condiciona la respuesta de las componentes, lo cual impide dilucidar con claridad cuál de esos elementos es el

responsable de dicha respuesta. Se observa que las componentes analizadas muestran una tendencia a manifestarse mejor con una fórmula de producción más bien intermedia. En nitrógeno 120 kg/ha aparece con mayor frecuencia como la mejor dosis; en fósforo 40 y 80 kg/ha y en densidad de población 60 000 pl/ha son las mejores dosis para casi todas las componentes. A través de esta observación se integra la fórmula 120-80(60) como común a casi todas las componentes estudiadas. Sin embargo, el cuadro 4.10 demuestra claramente que para cada combinación de localidad - variedad y para cada componente de rendimiento hay una diferente fórmula de producción.

4.7 Correlaciones entre Componentes de Rendimiento en las Combinaciones de Localidad-Variedad-Fórmula de Producción

Con el objetivo de identificar cuáles son las componentes de rendimiento que mejor se asocian con el rendimiento económico y cómo se relacionan entre ellas mismas, se obtuvieron los coeficientes de correlación para las combinaciones de localidad-variedad y con la fórmula de producción, que apareció con mayor frecuencia como la que permitía la mayor expresión de la mayoría de las componentes de rendimiento analizadas.

4.7.1 La Estancia - H-133-120-80(60)

Para esta combinación, la matriz de correlaciones se presenta en el cuadro 4.11, en donde la mayoría de los coeficientes de correlación no son significativos y algunos son negativos aunque no significativos.

CUADRO 4.11 MATRIZ DE CORRELACIONES DE LAS COMPONENTES DE RENDIMIENTO EN LA COMBINACION LA ES
TANCIA - H-133 - 120-80 (60)

	ALPL	RB	PEMA	LONMA	DIAMA	RE	PEOLO	NUHIL	PE200
ALPL	1.00	0.2378 ^{ns}	0.0784 ^{ns}	0.0546 ^{ns}	0.1355 ^{ns}	0.0655 ^{ns}	0.1844 ^{ns}	0.1704 ^{ns}	-0.2337 ^{ns}
RB		1.00	0.7604 ^{**}	0.6883 ^{**}	0.2702 ^{ns}	0.7591 ^{**}	0.4867 ^{**}	-0.0534 ^{ns}	0.1725 ^{ns}
PEMA			1.00	0.7672 ^{**}	0.3289 ^{ns}	0.9973 ^{**}	0.6498 ^{**}	0.0818 ^{ns}	0.3357 ^{ns}
LONMA				1.00	0.5236 ^{**}	0.7602 ^{**}	0.5520 ^{**}	0.1331 ^{ns}	0.2362 ^{ns}
DIAMA					1.00	0.2878 ^{ns}	0.6382 ^{**}	0.8224 ^{**}	0.0941 ^{ns}
RE						1.00	0.5933 ^{**}	0.0575 ^{ns}	0.3135 [*]
PEOLO							1.00	0.3071 ^{ns}	0.4424 [*]
NUHIL								1.00	-0.0185 ^{ns}
PE200									1.00

* 0.05 de probabilidad estadística

** 0.01 de probabilidad estadística

ns no significativo estadísticamente

La altura de planta no correlacionó con el resto de las componentes. El número de hileras no presentó correlaciones significativas, excepto con diámetro de mazorca. El peso de 200 granos mostró correlaciones no significativas con todas las componentes, a excepción del rendimiento económico y peso de olote. El diámetro de mazorca no se asoció con rendimiento biológico, peso de mazorca y rendimiento económico.

El resto de las componentes de rendimiento se asociaron entre sí, de manera positiva y significativa, aunque los valores de los coeficientes fueron bajos.

El rendimiento económico obtuvo correlaciones positivas y altamente significativas con el rendimiento biológico, la longitud de mazorca, el peso de olote y el peso de mazorca en el cual obtuvo el mayor coeficiente de correlación; con el peso de 200 granos se correlacionó de manera positiva y significativa.

4.7.2 La Estancia-Criollo-40-40(50)

En el cuadro 4.12 se registran los coeficientes de correlación obtenidos para esta combinación, la cual muestra un comportamiento distinto a la combinación anterior, ya que aunque se trate de la misma localidad, el genotipo y la fórmula de producción son diferentes.

Se aprecian valores más altos en los coeficientes, lo cual aumenta la significancia. En este caso la altura de planta se asoció de manera positiva y significativa con las componentes rendi -

CUADRO 4.12. MATRIZ DE CORRELACIONES DE LAS COMPONENTES DE RENDIMIENTO EN LA COMBINACION LA ES
TANCIA - CRIOLLO - 40-40 (50)

	ALPL	RB	PEMA	LONMA	DIAMA	RE	PEOLO	NUHIL	PE200
ALPL	1.00	0.4523 *	0.3499 ^{ns}	0.2375 ^{ns}	0.2353 ^{ns}	0.3761 *	-0.0190 ^{ns}	0.2499 ^{ns}	0.3101 ^{ns}
RB		1.00	0.8120 **	0.6684 **	0.5652 **	0.8201 **	0.4556 *	0.5472 **	0.4819 **
PEMA			1.00	0.9036 **	0.8250 **	0.9973 **	0.7049 **	0.8300 **	0.7569 **
LONMA				1.00	0.9254 **	0.8888 **	0.7531 **	0.8663 **	0.7070 **
DIAMA					1.00	0.8014 **	0.8021 **	0.9404 **	0.6489 **
RE						1.00	0.6516 **	0.8125 **	0.7483 **
PEOLO							1.00	0.7492 **	0.6109 **
NUHIL								1.00	0.6339 **
PE200									1.00

* 0.05 de probabilidad estadística

** 0.01 de probabilidad estadística

ns no significativo estadísticamente

miento biológico y rendimiento económico.

El rendimiento económico obtuvo un coeficiente de correlación positivo y sólo significativo con el peso de olote; con las demás componentes, se asoció de manera positiva y altamente significativa.

Los coeficientes de correlación de las restantes componentes de rendimiento son positivos y de alta significancia, lo cual muestra que entre todos ellos existe una estrecha asociación.

El rendimiento económico se relacionó de manera positiva y altamente significativa, y en orden decreciente, con peso de mazorca, longitud de mazorca, rendimiento biológico, número de hileras, diámetro de mazorca, peso de 200 granos y peso de olote.

4.7.3 Xothí- H-133-120-80(50)

Las componentes de rendimiento, para esta combinación (Cuadro 4.13) presentan valores de los coeficientes de correlación altamente significativos y positivos en su mayoría; y son los más altos de las cuatro combinaciones de localidad-variedad-fórmula de producción, siendo esta combinación de localidad-variedad la mejor. Lo anterior señala la importancia de la interacción genotipo-ambiente para la mejor expresión de las componentes de rendimiento.

La componente altura de planta no se asoció con el peso de 200 granos y sólo de manera positiva y significativa con la longitud y el diámetro de la mazorca. Salvo estos casos, las demás compo-

CUADRO 4.13 MATRIZ DE CORRELACIONES DE LAS COMPONENTES DE RENDIMIENTO EN LA COMBINACION XOTHI

- H-133 - 120-80 (50)

	ALPL	RB	PEMA	LONMA	DIAMA	RE	PEOLO	NUHIL	PE200
ALPL	1.00	0.6422**	0.6723**	0.4431*	0.4210*	0.6721**	0.5763**	0.4727**	0.3019 ^{ns}
RB		1.00	0.9045**	0.8032**	0.7152**	0.8726**	0.8247**	0.6020**	0.5684**
PEMA			1.00	0.8618**	0.7788**	0.9516**	0.8642**	0.6839**	0.5865**
LONMA				1.00	0.9112**	0.8834**	0.8802**	0.7851**	0.5973**
DIAMA					1.00	0.7824**	0.7602**	0.9828**	0.5838**
RE						1.00	0.8828**	0.6753**	0.5616**
PEOLO							1.00	0.6670**	0.5052**
NUHIL								1.00	0.4901**
PE200									1.00

* 0.05 de probabilidad estadística

** 0.01 de probabilidad estadística

ns no significativo estadísticamente

mentos se relacionaron positiva y significativamente entre sí.

El rendimiento económico obtuvo una buena asociación (positiva y altamente significativa) con todas las componentes estudiadas; los menores valores corresponden a altura de planta y peso de 200 granos, pero mantienen la alta significancia. En este caso, también el peso de mazorca fue la componente que obtuvo el mayor valor en el coeficiente de correlación.

4.7.4. Xothí-Criollo-80-60(60)

En esta combinación, la componente altura de planta vuelve a obtener valores no significativos en la asociación con todas las componentes de rendimiento. Los valores del resto de las asociaciones son positivos y de alta significancia. Todas las componentes de rendimiento mantienen una buena asociación entre ellos mismos (Cuadro 4.14).

El rendimiento económico correlacionó de manera positiva y altamente significativa con todas las componentes, excepto con altura de planta como se mencionó antes; los valores más altos los obtuvo principalmente con peso de mazorca, diámetro de mazorca y longitud de mazorca.

De los cuadros anteriores, se define la importancia de cada una de las componentes de rendimiento analizadas tanto para el rendimiento final, como para la presencia de las mismas componentes de rendimiento.

CUADRO 4.14. MATRIZ DE CORRELACIONES DE LAS COMPONENTES DE RENDIMIENTO EN LA COMBINACION XOTHI
 - CRIOLLO - 80-60 (60)

	ALPL	RB	PEMA	LONMA	DIAMA	RE	PEOLO	NUHIL	PE200
ALPL	1.00	0.2330 ^{ns}	0.0672 ^{ns}	0.1925 ^{ns}	0.0506 ^{ns}	0.0703 ^{ns}	0.0255 ^{ns}	0.0445 ^{ns}	0.0843 ^{ns}
RB		1.00	0.8816 ^{**}	0.7564 ^{**}	0.8400 ^{**}	0.8616 ^{**}	0.8625 ^{**}	0.8521 ^{**}	0.6491 ^{**}
PEMA			1.00	0.9120 ^{**}	0.9543 ^{**}	0.9957 ^{**}	0.8630 ^{**}	0.9135 ^{**}	0.7666 ^{**}
LONMA				1.00	0.9172 ^{**}	0.9153 ^{**}	0.7494 ^{**}	0.8298 ^{**}	0.8197 ^{**}
DIAMA					1.00	0.9438 ^{**}	0.5630 ^{**}	0.9591 ^{**}	0.7884 ^{**}
RE						1.00	0.8176 ^{**}	0.8905 ^{**}	0.7815 ^{**}
PEOLO							1.00	0.8989 ^{***}	0.5591 ^{**}
NUHIL								1.00	0.6853 ^{**}
PE200									1.00

* 0.05 de probabilidad estadística .

** 0.01 de probabilidad estadística

ns no significativo estadísticamente

La altura de planta es una componente que menos asociación obtuvo para con el resto de ellas; en resultados anteriores, se apreció que el criollo tuvo una mayor altura que el híbrido y que es precisamente esta característica la que permite una mayor eficiencia en el sistema metabólico de la planta; esta apreciación se corrobora con los coeficientes obtenidos en tres de las cuatro combinaciones entre la altura de planta y el rendimiento económico. Se considera a la componente altura de planta, como un carácter independiente, probablemente adverso, en consideración a que no se obtuvieron coeficientes negativos y significativos entre esta componente y el rendimiento económico. En contraste con estos resultados Cruz y Basante, (1982); Fernández et. al., (1980); Oyervides et. al., (1980) y Robinson et. al., citados por Rivera et. al., (1972) obtuvieron correlaciones positivas entre altura de planta y rendimiento económico, mientras que Rivera et. al., (1972) encontró que la altura de planta correlacionó negativamente en sintéticos de mazorca alta y positivamente en sintéticos de mazorca baja.

Una jerarquización de las componentes de rendimiento que contribuyeron en mayor proporción al rendimiento económico, fue lograda mediante el cálculo de los valores promedios de los coeficientes de correlación de cada combinación; la ordenación es la siguiente: el peso de mazorca ($r = 0.98^{**}$), la longitud de la mazorca ($r = 0.85^{**}$), el rendimiento biológico ($r = 0.82^{**}$) y el peso de olote ($r = 0.73^{**}$). Resultados similares fueron obtenidos por Cruz y Basante (1982), Fernández et al., (1980) y Oyervides et. al., (1980).

Las componentes diámetro de mazorca ($r = 0.7$), número de hilos ($r = 0.60$) y peso de 200 granos ($r = 0.59$) resultaron con aso-

ciaciones no significativas o bien de menor significancia en alguna de las combinaciones, pero aún así obtuvieron buena asociación con el rendimiento de grano.

El rendimiento económico es el peso de grano; a su vez el peso de granos más el peso del olote resultan en el peso de mazorca y éste más el peso de la planta constituyen el rendimiento biológico. De aquí se explica la estrecha relación encontrada entre estas componentes y el rendimiento de grano, una explicación similar ha sido sugerida para frijol por Kohashi (1979).

La menor asociación de las componentes diámetro de mazorca, número de hileras y peso de 200 granos con el rendimiento económico, se explica debido a que no son fácilmente modificados por efecto del medio ambiente y quizá las fórmulas de producción aplicadas no fueron las más adecuadas para lograr variar a estas componentes; probablemente debido a que son caracteres cuantitativos que tienen algún tipo de dominancia.

Entre las combinaciones se aprecia que unas son más favorables que otras para beneficiar la relación entre las componentes de rendimiento. Los cuadros correspondientes a la localidad La Estancia contienen valores más bajos de los coeficientes de correlación que en los cuadros que contienen la información de la localidad Xothí. Así también en la combinación Xothí H-133 se presentan los más altos valores. Estos resultados señalan que los coeficientes de correlación y su significancia cambian según la localidad, la variedad y la fórmula de producción, sin embargo, las asociaciones se mantienen. Lo anterior corrobora una vez más lo señalado previa -

mente, es decir, existe interacción entre los factores de estudio y según se varíen éstos, se observaran cambios en la manifestación de las componentes de rendimiento.

5. CONCLUSIONES

Al integrar los resultados de cada apartado, sobresalen algunos aspectos que deben ser resaltados para una mejor comprensión de las conclusiones.

Los análisis de varianza mostraron la influencia de la localid - dad, la variedad y la fórmula de producción sobre las componentes de rendimiento; se observó que el factor fórmula de producción tuvo un mayor efecto sobre las mismas; ya que al introducirse como una fuente de variación, las diferencias son altamente significativas.

Las componentes de rendimiento diámetro de mazorca y número de hileras fueron las menos afectadas por los cambios en las localidades y las variedades; la fórmula de producción sí causó respuesta, aunque ésta en ocasiones no haya sido muy amplia.

Al realizar las comparaciones de valores medios, para cada uno de los factores de estudio, se apreció como mejor localidad a Xo - thí, como mejor variedad al híbrido H-133, como mejor combinación de localidad-variedad a Xothí - H-133 y como mejores fórmulas de producción 120-80(60) y 120-40(60).

Hasta este apartado, se ha cubierto el primer objetivo así como la primera hipótesis se comprueba en los tres incisos.

El manejar dos localidades y dos variedades, resultó en la ob - tención de cuatro combinaciones de localidad-variedad a las cuales

se les seleccionó la fórmula de producción que en la mayoría de las componentes, provocó una mayor expresión. Para La Estancia - H-133 la fórmula 120-80(60) aparece con más frecuencia como la mejor; para La Estancia-Criollo se presenta la fórmula 40-40(50); para Xothí - H-133 la fórmula 120-80(50) y para Xothí-Criollo la fórmula 80-60(60) fue la más adecuada; sin embargo, se demostró que en cada combinación de localidad-variedad-fórmulas de producción, las componentes de rendimiento se expresan de manera diferente, de tal forma que en cada combinación de localidad-variedad y para cada componente de rendimiento se presenta una diferente fórmula de producción. Con este punto se cumple con el tercer objetivo, aunque no es sólo en base al mejor rendimiento biológico y mejor rendimiento económico, sino en base a la mejor expresión de la mayoría de las componentes de rendimiento. Al mismo tiempo se comprueba la segunda hipótesis.

Para definir que componentes de rendimiento determinaron en mayor proporción al rendimiento económico, se calcularon los coeficientes de correlación entre cada una de las componentes de rendimiento; se observó que existe un alto grado de asociación entre ellos. El rendimiento económico correlacionó estrechamente con el peso de mazorca, la longitud de la mazorca, el rendimiento biológico y el peso de olote.

Finalmente, se sugiere se tomen estos resultados como preliminares debido a que sólo fueron realizados en un ciclo agrícola. Así también que se considere para próximos trabajos experimentales de la zona, la necesidad de registrar datos ambientales y edáficos más específicos y amplios; las fórmulas de producción sobres

lientes, pueden servir como un nuevo espacio de exploración, de tal forma que al final se encuentren las dosis óptimas siguiendo, en la medida de lo posible la metodología propuesta por el Plan Puebla I. Se espera que la información generada ayude no sólo al mejoramiento del manejo del cultivo, sino también para el mejoramiento genético del mismo.

CUADRO 1.A. TEMPERATURA Y PRECIPITACION PLUVIAL DURANTE LA ESTACION DE CRECIMIENTO (1983) Y PROMEDIO DE 10 AÑOS DEL MUNICIPIO DE CHILCUAUTLA, HGO.

M E S	TEMPERATURA (°C)				PRECIPITACION PLUVIAL (mm)	
	MEDIA	10 AÑOS	MAXIMA	MINIMA	TOTAL	MEDIA
	1983		1983	1983	1983	10 AÑOS
ABRIL	19.0	19.08	35.0	1.0	0.0	1.30
MAYO	21.8	20.99	37.0	9.0	36.5	2.01
JUNIO	20.5	19.78	33.0	6.0	27.0	1.13
JULIO	18.2	18.67	29.0	7.0	45.1	2.10
AGOSTO	18.4	18.74	30.0	6.0	45.9	1.7
SEPTIEMBRE	18.3	18.28	31.0	6.0	88.4	2.0

Fuente: Estación metereológica Chilcuautla, Hgo., S.A.R.H.

CUADRO 2.A. CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS DE LOS SUELOS EN LAS LOCALIDADES DE "LA ESTANCIA" Y "XOTHI"

LOCALIDAD	PROFUNDIDAD DEL SUELO (cm)	pH	CE (mmhos/cm ³)	TEXTURA	M.O. (%)	% N TOTAL	FOSFORO (ppm)	POTASIO (ppm)
La Estancia	0-30	7.3	1.72	Migajón	2.00	0.10	31.1	120.4
				Arenoso				
Xothi	0-30	7.4	1.45	Migajón	0.79	0.45	11.6	114.0
				Arenoso				

Fuente: Laboratorio del Distrito de Riego No. 100, S.A.R.H.

CUADRO 3.A. RESULTADOS DE ANALISIS DE VARIANZA DE ALTURA DE PLANTA

FUENTES DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	VALOR DE 'F'	Pr>'F'
Localidad	1	515403.506	515403.506	616.93	0.0016
Variedad	1	237031.684	273031.684	373.81	0.0027
Localidad-Variedad	1	118356.260	118356.260	186.65	0.0053
Fórmula de Producción	11	123554.252	11232.205	12.40	0.0001
Localidad-Fórmula	11	27345.418	6122.310	6.76	0.0001
Variedad-Fórmula	11	163965.540	14905.958	16.45	0.0001
Loc-Var-For	11	127441.957	12494.723	13.79	0.0001

CUADRO 4.A. RESULTADOS DE ANALISIS DE VARIANZA DE RENDIMIENTO BIO-LOGICO

FUENTES DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	VALOR DE 'F'	Pr>'F'
Localidad	1	391149.506	391149.506	33.25	0.0288
Variedad	1	302267.200	302267.200	57.30	0.0170
Localidad-Variedad	1	553386.417	553386.417	104.91	0.0094
Fórmula de Producción	11	1253390.940	113944.63	7.16	0.0001
Localidad-Fórmula	11	1155216.568	105019.68	6.60	0.0001
Variedad-Fórmula	11	973912.5743	88537.506	5.56	0.0001
Loc-Var-For	11	827727.1576	75247.923	4.73	0.0001

CUADRO 5.A. RESULTADOS DE ANALISIS DE VARIANZA DE PESO DE MAZORCA

FUENTES DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	VALOR DE 'F'	Pr>'F'
Localidad	1	245235.600	245235.600	197.47	0.0050
Variedad	1	708003.402	708003.402	567.63	0.0018
Localidad-Variedad	1	183557.336	183557.336	147.16	0.0067
Fórmula de Producción	11	435865.955	39624.177	6.97	0.0001
Localidad-Fórmula	11	318920.333	28992.757	5.10	0.0001
Variedad-Fórmula	11	23750.063	2159.096	3.80	0.0007
Loc-Var-For	11	147949.097	13449.917	2.37	0.0214

CUADRO 6.A. RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA DE LONGITUD DE MAZORCA

FUENTES DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	VALOR DE 'F'	Pr>'F'
Localidad	1	277.3777	277.3777	62.31	0.0157
Variedad	1	902.5000	902.5000	40.41	0.0239
Localidad-Variedad	1	702.8027	702.8027	31.47	0.0303
Fórmula de Producción	11	2213.1305	201.1936	6.59	0.0001
Localidad-Fórmula	11	1045.9222	95.0838	3.11	0.0035
Variedad-Fórmula	11	1558.0000	141.6363	4.64	0.0001
Loc-Var-For	11	1092.2638	99.2967	3.25	0.0026

CUADRO 7.A. RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA DIAMETRO DE MA -
ZORCA

FUENTES DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	VALOR DE 'F'	Pr>'F'
Localidad	1	11.3777	11.3777	14.40	0.0630
Variedad	1	219.3361	219.3361	32.43	0.0295
Localidad-Variedad	1	51.3777	51.3777	7.60	0.1103
Fórmula de Producción	11	145.3138	13.21034	5.18	0.0001
Localidad-Fórmula	11	136.4722	12.40656	4.86	0.0001
Variedad-Fórmula	11	121.0805	11.00731	4.31	0.0002
Loc-Var-For	11	83.3322	7.57565	2.97	0.0050

CUADRO 8.A. RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA DE RENDIMIENTO
ECONOMICO

FUENTES DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	VALOR DE 'F'	Pr>'F'
Localidad	1	190854.225	190854.225	401.86	0.0025
Variedad	1	545300.336	545300.336	1262.23	0.0008
Localidad-Variedad	1	157879.225	157879.225	365.45	0.0027
Fórmula de Producción	11	352972.680	32088.426	6.44	0.0001
Localidad-Fórmula	11	275776.591	25070.599	5.03	0.0001
Variedad-Fórmula	11	180307.813	17300.71	3.29	0.0023
Loc-Var-For	11	136101.925	12372.902	2.48	0.0160

CUADRO 9.A. RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA DE PESO DE OLOTE

FUENTES DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	VALOR DE 'F'	Pr>'F'
Localidad	1	1343.667	1343.667	1162.09	0.0009
Variedad		7640.6173	7640.6173	533.97	0.0019
Localidad-Variedad	1	1560.4173	1560.4173	109.05	0.0090
Fórmula de Producción	11	6012.657	546.6051	7.85	0.0001
Localidad-Fórmula	11	5475.607	497.7824	7.14	0.0001
Variedad-Fórmula	11	6158.324	559.8476	8.04	0.0001
Loc-Var-For	11	3524.190	320.3809	4.60	0.0001

CUADRO 10.A. RESULTADOS DE ANALISIS DE VARIANZA DE NUMERO DE HILERAS

FUENTES DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	VALOR DE 'F'	Pr>'F'
Localidad	1	367.0340	367.0340	20.61	0.0453
Variedad	1	10085.917	10085.917	222.97	0.0045
Localidad-Variedad	1	505.2840	505.2840	11.17	0.0791
Fórmula de Producción	11	1584.1743	144.01585	6.17	0.0001
Localidad-Fórmula	11	731.1743	66.47039	2.85	0.0067
Variedad-Fórmula	11	895.0243	81.36584	3.49	0.0015
Loc-Var-For	11	369.5243	33.59318	1.44	0.1900

CUADRO 11.A. RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA DE PESO DE 200
GRANOS

FUENTES DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	VALOR DE 'F'	Pr>'F'
Localidad	1	1833.7673	1833.7673	9.88	0.0881
Variedad	1	83646.2673	83646.2673	135.62	0.0073
Localidad-Variedad	1	607.1006	607.1006	0.98	0.4257
Fórmula de Producción	11	87264.7743	7933.1613	7.11	0.0001
Localidad-Fórmula	11	44199.7743	4018.1613	3.60	0.0011
Variedad-Fórmula	11	98497.2743	8954.297	9.03	0.0001
Loc-Var-For	11	50335.6076	4575.9643	4.10	0.0004

BIBLIOGRAFIA

- Alvarado, B., A., 1975. Influencia de algunos factores ambientales en la respuesta del rendimiento del grano de maíz de temporal a diferentes niveles de nitrógeno, fósforo y densidad de población en la zona oriental del Valle de México. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Allison, J.C.S., 1964. A comparison between maize and wheat respect of leaf after flowering in grain growth. J. Agric. Sci. 63: 1-4.
- Andrew, R.H., F.P. Fernerda, A.M. Strommen, 1956. Maturation and yield of corn as influenced by climate and production technique. Agron. J. 48: 231-236.
- Arellano, V., J.L, 1983. Notas del Curso de Fisiotecnia (Fisiología de Cultivos). Sin Publicar. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Ingeniería Agrícola. México.
- Barrales, D., J.S., 1983. Ensayos de familias de maíz bajo temporal en valles altos y relaciones termopluviométricas. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Bennet, M.J., R.D. Krieg., 1975. Light, nitrogen and water stress on yield components of sorghum. Agron. Abst. 68.
- Beratto, M.E., R.A. Fischer, J. Ortiz C., 1974a. Influencia de la longitud del ciclo sobre algunos parámetros fisiológicos y su relación con el rendimiento de grano en 10

cultivares de Trigo (*Triticum aestivum* L.) I. Rendimiento y componentes numéricas del rendimiento. Agrocien -
cia 16: 117-125.

_____, _____, _____, 1974b. Influencia de la longitud del ciclo sobre algunos parámetros fisiológicos y su relación con el rendimiento de grano en 10 cultivares de trigo. (*Triticum aestivum* L.) II. Relación entre etapas fenológicas y algunos componentes numéricos de rendimiento. Agrociencia 16: 125-134.

Billings, W.A., 1968. La planta y el ecosistema. Serie fundamentos de Botánica. Ed. Herrero Hermanos Sucesores, S.A. México.

Brinkman, M.A., K.J. Frey., 1977. Yield component analysis of that isolines that produce different grain yield. Crop Sci. 17: 165-168.

Bryant, H.T., R.E. Blaser, 1968. Plant constituents of an early and a late corn hybrid as affected by row spacing and plant population. Agron. J. 60: 557-559.

Bunting, A.H., D.S.A. Drennan, 1966. Some aspects of the morphology and physiology of cereals in the vegetative phase. In: The Growth of cereals and Grasses; Ed. F.L. Milthorpe, J.D. Ivins. London. pp. 20-37.

Buttery, B.R., 1970. Effects of variation in leaf area index on growth of maize and soybeans. Crop Sci. 10: 9-12.

Castillo, G.F., 1980. El rendimiento de grano en sorgo (*Sorghum*

bicolor (L) Moench.) su relación con los períodos de desarrollo y otros caracteres. Efectos de aptitud combinatoria. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.

Colville, W.L., D.P. Mc. Gill., 1962a. Effect of rate and method of planting on several plant characters and yield of irrigated corn. *Agron. J.* 54: 235-238.

_____, _____, 1962b. Influence of rate and method of planting on several components of irrigated corn. *Agron. J.* 54: 297-300.

Cruz, P.E., B.G. Basante, 1982. Correlaciones entre rendimiento y caracteres de planta en maíz (*Zea Mays* L.) Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Universidad Nacional Autónoma de México. In: Programa y Resúmenes del IX Congreso Nacional de Fitogenética. Saltillo, Coahuila.

Daynard, T.B., J.W. Tanner, W.G. Duncan, 1971. Duration of the grain filling period and it's relation to grain yield in corn. *Zea mays* L. *Crop. Sci.* 11: 45-48.

Dirección General de Economía Agrícola, 1980. SARH. Informe Agropecuario y Forestal. Datos preliminares.

Donald, M.C., J. Hamblin, 1976. The biological yield and harvest index of cereals as agronomic and plant breeding criteria. *Adv. in Agron.* 28: 361-406.

Doss, B.D., C.C. King., R.M. Patterson, 1970. Yield components

and mater use by silage conr with irrigation, plastic mulch, nitrogen fertilization and plant spacing.

Agron. J. 62: 541-543.

Duncan, E.R., 1954. Influences of varying plant population soil fertility and hybrid on corn yield. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 18: 437-440.

Duncan, G.W., 1978. Maize. In: Crop physiology. Ed. L.T. Evans. Cambridge University Press. pp. 23-50.

_____, A.L. Hatfield, J.L. Ragland, 1965. The growth and yield of corn. II. Daily growth of corn kernels. Agron. J. 57: 221-223.

Dungan, G.H., A.L. Lang, M.W. Pendleton, 1958. Corn plant population in relation to soil productivity. Adv. in Agron. 10: 435-473.

Eik, K., J.J. Hanway, 1966. Leaf area in relation to yield of corn grain. Agron. J. 58: 16-18.

Evans, L.T., 1975. Crop Physiology: some case histories. Cam - bridge University Press. London. Great Britain.

_____, 1975. The physiological basis of crop yield. In: Crop Physiology. Ed. L.T. Evans. Cambridge University Press. London pp. 327-355.

_____, I.F. Wardlaw, 1976. Aspects of the comparative physiology of grain yield in creals. Adv. in Agron. 22: 301-359. Trad. Arellano, V.J.L. Sin publicar.

- Fanjul, P.L., 1978. Análisis del crecimiento de una variedad de *Phaseolus vulgaris* L. de hábito de crecimiento indeterminado y ensayo para el estudio de las relaciones entre la fuente y la demanda de los fotosintatos. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Fernández, R.M., O.A. Muñoz, G.B. Mata, 1980. Selección mazorca por surco para rendimiento y precocidad de maíz de temporal. Universidad Autónoma Chapingo, Colegio de Postgraduados. In: Programa y Resúmenes de ponencias del VIII Congreso Nacional de Fitogenética. Uruapan, Michoacán.
- Fisher, K.S., G.L. Wilson, 1971. Studies of grain production in *Sorghum vulgare*. I. The contribution of preflowering photosynthesis to grain yield. Aust. J. Agric, Res. 22: 33-37.
- Frey, K.J., 1959a. Yield components in oat. I. Effect of seeding date Agron. J. 51: 381-383.
- _____, 1959b. Yield components in oat. II. The effect of nitrogen fertilization. Agron. J. 51: 605-608.
- Frey, N.M., 1981. Dry matter accumulation in kernels of maize. Crop Sci. 21: 118-122.
- Giesbrecht, J., 1969. Effect of population and row spacing on the performance of four corn (*Zea mays* L.) hybrids. Agron. J. 61: 439-441.

- Grafius, J.E., 1956. Components of yield in oat: A geometrical interpretation. *Agron. J.* 48: 419-423.
- Graham, D., K.J. Lessman, 1966. Effect of height on yield and yield components of two isogenic lines of *Sorghum vulgare* Pers. *Crop Sci.* 6: 372-374.
- Gunn, R.B., R. Christiansen. 1965. Maturity relationships among early to late hybrids of corn (*Zea mays* L.) *Crop Sci.* 5: 299-302.
- Hanway, J.J., 1962a. Corn growth and composition in relation to soil fertility. I. Growth of different plant part and relation between leaf weight and grain yield. *Agron. J.* 54: 145-148.
- _____, 1962b. Corn growth and composition in relation to soil fertility. II. Uptake of N, P and K their distribution in different plant parts during the growing season. *Agron. J.* 54: 217-222.
- _____, 1962c. Corn growth and composition in relation to soil fertility. III. Percentages of N, P and K in different plant parts in relation to stage of growth. *Agron. J.* 54: 222-229.
- Hoyt, P., R. Bradfield, 1962. Effect of varying leaf area by partial defoliation and plant density on dry matter production in corn. *Agron. J.* 54: 523-525.
- Hunter, R.E., L.W. Kannenberg, E.E. Gamble, 1970. Performance of five maize hybrids in varying plant populations and

rows widths. Agron. J. 62: 255-256.

Jiménez, C.A., 1979. Estabilidad del rendimiento y de algunos componentes fisiotécnicos en sorgo. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.

_____, O.F. Mendoza, 1980. Características agronómicas y fisiotécnicas de líneas e híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Centro de Investigaciones Agrícolas del Bajío. In: Programa y Resúmenes del VIII Congreso Nacional de Fitogenética. Uruapan, Michoacán.

Johnson, D.R., J.W. Tanner, 1972. Calculation of the rate and duration of grain filling in corn (*Zea mays* L.). Crop Sci. 12: 485-486.

Karchi, Z., Y. Rudich, 1966. Effect of row width and seedling spacing on yield and it's components in grain sorghum under dry lands conditions. Agron. J. 58: 602-604.

Kohashi, Sh.J., 1979. Fisiología del frijol. In: Contribuciones al conocimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en México. Ed. M.E. Mark Engleman. Colegio de Postgraduados. Centro de Botánica. Chapingo, México.

_____, 1982. Investigación sobre la fisiología del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). II. Análisis del crecimiento. Colegio de Postgraduados. Centro de Botánica. Chapingo, México.

Lang, A.L., J.W. Pendleton, G.H. Duncan, 1956. Influence of population and nitrogen levels on yield, and protein and

oil contents of nine corn hybrids. Agron. J. 48: 284-289.

- Larson, W.E., J.J. Hanway, 1977. Corn Production. In: Corn and corn improvement. Ed. G.F. Sprague. Pub. Amer. Soc. Agron. pp. 625-669.
- López, H.A.J., 1978. Selección y evaluación de genotipos de maíz en condiciones limitantes para aumentar la producción y el rango de adaptación. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Milthorpe, F.C., J. Moorthy, 1979. An Introduction to crop physiology. Cambridge University Press. p. 202.
- Montes, M.J., 1977. Componentes de rendimiento y parámetros fisiológicos en 4 variedades de haba (*Vicia faba* L.). Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Mock, J.J., R.B. Pearce, 1975. A Ideotype of maize. Euphytica 24: 613-623. Trad. Arellano V.J.L. Sin publicar.
- Nunez, R., E. Kamprath, 1969. Relationships between N response, plant population and row width and yield of corn. Agron. J. 61: 279-282.
- Oseguera, P., J.M., 1975. Prueba de densidad de población y fertilidad en maíz de riego en el Valle de la Resolana, Jalisco. Ciclo 1970. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Osuna, O.J., 1980. Estimación y uso de índices fisiotécnicos en

la evaluación de genotipos de sorgo de grano (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.), tolerantes al frío bajo diferentes ambientes en Chapingo, México. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.

Oyervides, M.G., Molina G.J., Angeles A.H.H., 1980. Estimación de parámetros genéticos y heterosis en variedades tropicales de maíz. Centro de Investigaciones Agrícolas del Bajío. INIA, SARH. In: Programa y Resúmenes de Ponencias del VIII Congreso Nacional de Fitogenética. Uruapan, Michoacán.

Pérez, G.P., 1976. Componentes de rendimiento y comparación de métodos de selección de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) después de tratamiento mutagénico (radiaciones gamma Co-60). Agrociencia 25: 45-64.

Prine, G.M., 1971. A critical period for ear development in maize. Crop Sci. 11: 782-786.

Productora Nacional de Semillas, 1980. SARH. Maíces para la Mesa Central y Valles Altos. México.

Ragland, L.J., A.L. Hatfield, G.R. Benoit, 1965. The growth and yield of corn. I. Microclimate effects on the growth rate. Agron. J. 57: 217-220.

Rivera G.J.A., Molina G.J., Bucio A.L., 1972. Efecto de la selección masal para altura de maíz sobre otros caracteres en 2 variedades de maíz. I. Análisis Fenotípico. Agrociencia 8: 29-40.

- Secretaría de Programación y Presupuesto, 1982. 10 años de indicadores socioeconómicos de México.
- Solórzano, V.E., 1980. Fenología y comportamiento de los componentes de rendimiento bajo condiciones ambientales contrastantes de 10 genotipos de haba (*Vicia faba* L.) Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Stickler, F.C., 1964. Row width and plant population studies with corn. *Agron. J.* 56: 438-441.
- Stivers, R.K., D.R. Griffith, E.P. Christmas, 1971. Corn performance in relation to row spacing population and hybrids on five soils in Indian. *Agron. J.* 63: 580-582.
- Tanaka, A., J. Yamaguchi, 1972. Producción de materia seca y componente de rendimiento de grano de maíz. Trad. J. Kohashi. Colegio de Postgraduados. Rama de Botánica. Chapingo, México.
- Velázquez, V.C., 1977. Efecto de la fertilización nitrogenada y micronutrientes sobre el rendimiento del híbrido H-309 de maíz en un área del Bajío. Tesis Profesional. Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey. Monterrey, Nuevo León.
- Wellhausen, E.J., L.M. Roberts, E. Hernández, 1952. Races of maize in Mexico, their origen, chaacteristics and dis -

tribution. The Bussey Institution of Harvard University. pp. 161-171.

Williams, W.A., R.S. Loomis, C.R. Lepley, 1965a. Vegetative growth as affected by population density. I. Productivity in relation to interception of solar radiation. Crop Sci. 5.: 211-215.

_____, _____, _____, 1965b. Vegetative growth as affected by population density. II. Components of growth, net assimilation rate and leaf area index. Crop Sci. 5: 215-219.

_____, W.G. Duncan, A. Dovrat, F.A. Nunez, 1968. Canopy architecture at various population and densities and the growth and grain yield of corn. Crop Sci. 8: 303-308.

Wong, R.R., A. Muñoz O., Mendoza O.L., 1983. Efecto de la sequía sobre características vegetativas, reproductivas y de eficiencia en variedades de sorgo. Agrociencia. 51: 101-114.

Wong, P.J.J., 1980. Coeficientes de sendero e índices de selección en arroz. Tesis de Maestría. Colegio de Post-graduados, Chapingo, México.

Yao, L.M., R.H. Shaw, 1964. Effect of plant population and planting pattern of corn on water use and yield. Agron. J. 56: 147-152.

Yoshida, S., 1972. Physiological aspects for grain yield. Ann. Rev. Plant Physiology. 23: 437-464.