

**DETERMINACION FISIOTECNICA DE EFICIENCIA EN
EL DESARROLLO Y RENDIMIENTO DE GENOTIPOS
DE PAPA, MELON Y TOMATE, PARA AGRICULTURA
SUSTENTABLE EN ZONAS SEMIARIDAS.**

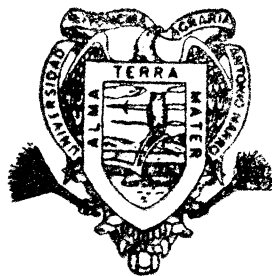
FERNANDO BORREGO ESCALANTE

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:
DOCTOR EN CIENCIAS AGRICOLAS
AREA: PRODUCCION AGRICOLA**



**BIBLIOTECA
EGIDIO G. REBONATO
BANCO DE TESIS
U.A.A.A.N.**



Universidad Autónoma Agraria

"Antonio Narro"

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buena Vista, Saltillo, Coah.

SEPTIEMBRE DE 2001

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO

SUBDIRECCION DE POSTGRADO

DETERMINACION FISIOTECNICA DE EFICIENCIA EN EL DESARROLLO Y
RENDIMIENTO DE GENOTIPOS DE PAPA, MELON Y TOMATE, PARA
AGRICULTURA SUSTENTABLE EN ZONAS SEMIARIDAS

TESIS

POR

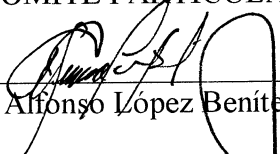
FERNANDO BORREGO ESCALANTE

Elaborada bajo la supervisión del Comité Particular de Asesoría y aprobada como
requisito parcial para optar al grado de:

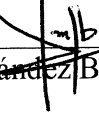
DOCTOR EN CIENCIAS AGRICOLAS
AREA: PRODUCCION AGRICOLA

COMITE PARTICULAR

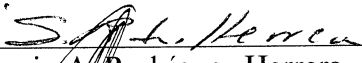
Asesor Principal:


Dr. Alfonso López Benítez

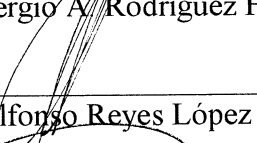
Asesor:


Dr. José Manuel Fernández Brondo

Asesor:

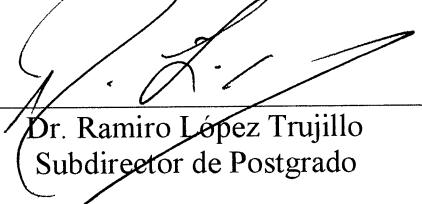

Dr. Sergio A. Rodríguez Herrera

Asesor:


Dr. Alfonso Reyes López

Asesor:


Dr. Juan Manuel Martínez Reyna


Dr. Ramiro López Trujillo
Subdirector de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila, Septiembre de 2001.

12946

DEDICATORIA

A Dios.

A mis padres, Rafael Borrego Monreal (+) y Guadalupe Escalante Orta (+) a quienes debo la vida.

A mi esposa María Margarita Murillo Soto, mi compañera por siempre.

A mis hijos, David Fernando, Daniel Alberto y Emanuel Alejandro, motivo de mi superación.

A mis hermanos, Rebeca, Francisco, Soledad, Rafael, Hilda, Rogelio (+) y Yolanda, parte de mi vida.

A mis tíos, Bertha (+) y Filemón (+) que me apoyaron en momentos difíciles.

A mis suegros, Gabriel Murillo Peralta (+) y María Elena Soto de la Peña (+), maestros.

A mis hermanos políticos, Jorge, Blanca, Francisco, Gabriel, Gerardo y María Elena.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” que me ha permitido ser profesionalmente.

A mi cuerpo de asesores, por su participación en las áreas de su especialización, y que de una manera ú otra contribuyeron para la realización del presente estudio:

Dr. Alfonso López Benítez.

Dr. José Manuel Fernández Brondo.

Dr. Sergio A. Rodríguez Herrera.

Dr. Alfonso Reyes López.

Dr. Juan Manuel Martínez Reyna.

COMPENDIO

1. **Características Agroclimáticas, Morfológicas y Fisiológicas que Determinan el Potencial de Adaptación de Variedades de Papa, y su Eficiencia en el Crecimiento y Rendimiento.**

POR

FERNANDO BORREGO ESCALANTE

DOCTORADO EN CIENCIAS

PRODUCCION AGRICOLA

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. SEPTIEMBRE DE 2001

Dr. Alfonso López Benítez -Asesor-

Palabras Clave: *Solanum tuberosum* L., Genotipos, Rendimiento, Fotosíntesis, Transpiración, Uso Eficiente del Agua, Análisis de Crecimiento, Análisis de Componentes Principales, Análisis Multivariado.

Para determinar el potencial de adaptación de variedades de papa en la región de Saltillo, Coahuila, México, se evaluaron en campo 7 genotipos (Norteña, Gigant, Mondial, Snowden, Alpha, Atlantic y Russet Burbank) en un diseño de Bloques Completos al Azar con 4 repeticiones, con una parcela experimental por genotipo, de 3 surcos de 5 m de largo. Las variables realizadas, en 2 muestreos a lo largo del ciclo vegetativo y en 2 posiciones de hoja, superior e intermedia, fueron: Agroclimáticas (4 variables) y Fisiológicas (5 variables); el Rendimiento y variables fisiológicas de laboratorio (4 variables) se analizó al final del ciclo vegetativo. Las variables

morfológicas (7 variables) se realizaron en 6 muestreos a lo largo del ciclo vegetativo. Se encontraron diferencias significativas ($p < 0.01$) para genotipos, en las características de rendimiento, siendo el mejor (Tukey, $p < 0.05$) el genotipo Norteña, con 52 t ha^{-1} superando al testigo regional, genotipo Alpha, en 15 t ha^{-1} . Así mismo, se encontraron diferencias ($p < 0.01$) para genotipos, en las características de Concentración de Clorofila, Número de estomas en el haz y envés, Altura y Cobertura de planta, Número de tallos, Peso fresco y seco de hojas y tallos. En las variables de Fotosíntesis y Uso Eficiente del Agua, se encontraron diferencias ($p < 0.05$) para genotipos.

Los criterios de eficiencia y productividad del Análisis de Crecimiento (6 muestreos a lo largo del ciclo vegetativo, cada 13 días en promedio), fueron la Tasa Absoluta de Crecimiento (TAC), Tasa de Crecimiento Relativo (TCR), Tasa de Crecimiento Relativo Foliar (TCRF), Relación de Area Foliar (RAF), Índice de Area Foliar (IAF) y Tasa de Asimilación Neta (TAN). Se encontraron diferencias ($p < 0.01$) para todas las variables en estudio, para las fuentes de variación de muestreos, siendo mayor la TAC en el cuarto intervalo de muestreo en las variedades Russett Burbank y Norteña. La TCR fue mayor en Russett Burbank, Alpha y Norteña, presentándose un incremento del tercero al cuarto muestreo. En la RAF, los mejores genotipos fueron Mondial, Russett Burbank y Norteña, mostrando todos los genotipos un pronunciado declive desde el primer intervalo de muestreo, por la senescencia del follaje. Por lo que respecta al IAF, los mejores genotipos fueron Norteña y Alpha, estableciéndose el máximo del quinto al sexto muestreo, sin senescencia hasta esos muestreos. En la TAN, se encontraron diferencias estadísticas entre genotipos, mostrando superioridad la Russett

Burbank, siguiendo las otras 5 un patrón de comportamiento muy semejante en los primeros cinco muestreos; los índices de eficiencia de mayor utilidad, son el IAF, la TCR y la TAN.

Las variables más correlacionadas con Rendimiento fueron Altura de Planta, Peso Seco de Hojas y Concentración de Clorofila. El Análisis de Componentes Principales (ACP) permitió una mejor discriminación entre variables, encontrando de importancia, en las variables fisiológicas, la Fotosíntesis y Uso Eficiente del Agua. Los mejores genotipos al considerar los Componentes Principales de variación, fueron Norteña, Russet Burbank, Alpha y Atlantic. El análisis de Regresión Lineal Múltiple (ARLM) fue significativo ($p < 0.05$), encontrándose que el Rendimiento se explica con una ecuación lineal múltiple ($r^2 = 0.95$) de 5 variables.

2. Correlación y Componentes Principales de Variación en Genotipos de Melón y Tomate en Invernadero y Campo.

Palabras Clave: Adaptación, *Cucumis melo* L., *Lycopersicon esculentum* M., Invernadero, Campo, Fotosíntesis, Transpiración, Uso Eficiente del Agua, Análisis Multivariado, Análisis de Componentes Principales.

Para determinar el potencial de adaptación de genotipos de melón y tomate para ser cultivados bajo criterios de Agricultura Sustentable en la región de Saltillo, Coahuila, México, se evaluaron en invernadero y campo 10 y 12 genotipos de melón, respectivamente; en invernadero, se evaluaron los híbridos: Primo, Honey Dew, Apache, Cruiser, Durango, Caravelle, Laguna, Veracruz y Laredo; y la variedad Top

Mark, testigo, en un diseño de Bloques Completos al Azar con 4 repeticiones, en Buenavista, Saltillo, Coahuila. Las variables evaluadas fueron: Rendimiento (10 variables: cuantitativas y cualitativas), Agroclimáticas (5 variables) y Fisiológicas (4 variables). Las variables Agroclimáticas y Fisiológicas se determinaron en 3 evaluaciones en el ciclo vegetativo, en 3 horas del día. El análisis estadístico se realizó por medio de las Correlaciones simples y el Análisis de Componentes Principales (ACP). Se encontraron correlaciones significativas ($p < 0.05$) entre Fotosíntesis, Temperatura del Aire y Uso Eficiente del Agua. En el Análisis de Componentes Principales (ACP), se encontró que el componente 1, explica el 33.5 por ciento de la varianza, y los 3 primeros Componentes Principales, explican el 71 por ciento de la varianza. El primer Componente, es el que explica las Características Cualitativas del Rendimiento; el segundo Componente, el que explica las Características Cuantitativas del Rendimiento, y el tercer Componente, el que explica la variación de CO_2 , Fotosíntesis y Uso Eficiente del Agua. Los genotipos Primo y Cruiser fueron los mejores en los 2 primeros componentes, y los genotipos Durango y Laguna, para el componente 3. El análisis de Regresión Lineal Múltiple (ARLM) fue significativo ($p < 0.01$), encontrándose que el Rendimiento en t ha^{-1} se explica con una ecuación lineal ($r^2 = 0.99$) de 8 variables.

En campo, en Ramos Arizpe, Coahuila, se establecieron 12 genotipos de melón, en un Diseño de Bloques Completos al Azar, con 4 repeticiones. La parcela experimental fue de 2 surcos de 5 m de largo sembrados a doble hilera, acolchado y riego por goteo. Los genotipos en estudio fueron: híbridos: Primo, Pronto, Challenger, Cheyenne, Hi-Line,

Cruiser, Durango, Apache, Laguna, Caravelle y Main Pak, y la variedad Top Mark, testigo; las variables evaluadas fueron: Rendimiento (11 variables: cuantitativas y cualitativas); Fenológicas (3 variables); Agroclimáticas (5 Variables) y Fisiológicas (4 variables). Se encontraron correlaciones significativas ($p < 0.05$) y negativas, entre Rendimiento y Precocidad, y positivas entre Peso promedio de frutos y Número de frutos, así como entre Número de frutos y Longitud de fruto. Las variables Fisiológicas más relacionadas fueron Fotosíntesis y Uso Eficiente del Agua. Con el ACP, se encontró que hasta el Componente 3, se explica el 65 por ciento de la varianza total. En el Componente 1, se encuentra un alto valor en las características de Rendimiento (producción, peso y tamaño), por lo que es el "Componente de Características Cuantitativas del Rendimiento". En el componente 2, la mayor variación es el de "Componente de Precocidad". Los componentes 3 al 6, explican en proporciones muy similares las otras variables, siendo en el 6 donde se encuentra con mayor valor la Fotosíntesis. En el ARLM, se encontraron diferencias ($p < 0.057$) que, por las condiciones del estudio, se considera adecuado. El Rendimiento en $t\ ha^{-1}$, se explica por una ecuación lineal múltiple ($r^2 = 0.99$) de 10 variables.

Para tomate en invernadero y campo, los genotipos fueron: híbridos: Contessa, Summer Flavor 5000, Summer Flavor 6000, Celebrity, Bonita, Shady Lady, Sunbolt, Sunny, Heat Wave y Olympic; y la variedad Flora Dade, como testigo. Las variables evaluadas en invernadero fueron: Rendimiento (cuantitativas, 5 variables), Agroclimáticas (5 variables) y Fisiológicas (4 variables). Las variables Agroclimáticas y Fisiológicas se determinaron en 3 evaluaciones en el ciclo del cultivo, en 3 horas del día

y 2 posiciones de hoja. Se encontraron correlaciones significativas ($p < 0.05$) entre Rendimiento en $t\ ha^{-1}$, y Rendimiento promedio por planta por corte, Frutos por planta por corte y Rendimiento por planta, y entre Fotosíntesis y Uso Eficiente del Agua. Con el ACP, se encontró que los primeros 5 componentes tienen un Eigenvalor mayor a 1, explicando los 3 primeros un 72 por ciento de la varianza total. El primer componente, con un 36 por ciento de la variación total, es el "Componente de Características de Rendimiento", el segundo Componente, con un 23 por ciento de la variación total, es el "Componente de Características de Pérdida de Agua" y el Componente 5, con un 7.4 por ciento de la variación, es el "Componente de Asimilación Eficiente del CO_2 ". El ARLM, fue significativo ($p < 0.01$). El Rendimiento en $t\ ha^{-1}$, se explica por una ecuación lineal múltiple ($r^2 = 0.99$) de 7 variables. En campo, en un diseño de Bloques Completos al Azar con 4 repeticiones y 2 condiciones de cultivo: acolchado y sin acolchar, estacado y riego por goteo, las variables evaluadas fueron: Rendimiento (6 variables: cuantitativas y cualitativas), Agroclimáticas (5 variables) y Fisiológicas (4 variables). Las variables Agroclimáticas y Fisiológicas se realizaron en 3 evaluaciones en el ciclo del cultivo, en las 2 condiciones. Se encontraron correlaciones significativas ($p < 0.05$) entre el Rendimiento en $t\ ha^{-1}$, Rendimiento en $t\ ha^{-1}\ corte^{-1}$ y con Calificación del fruto, así como entre Fotosíntesis, Uso Eficiente del Agua y Frutos parcela $^{-1}$. En el Análisis de Componentes Principales, se encontró que hasta el Componente 3, se explica el 76 por ciento de la variación total. El componente 1, con un 29 por ciento de la variación, se debe a "Componente de la Calidad del Fruto", el componente 2, con un 25 por ciento de la variación total, se debe a "Componente de Rendimiento Eficiente", y el Componente

3, con un 22 por ciento de la variación total, explicada por "Componente de Mantenimiento Fisiológico y Disminución de Rendimiento". El ARLM, fue significativo ($p < 0.01$). El rendimiento en $t \text{ ha}^{-1}$ se explica con una ecuación lineal múltiple ($r^2 = 0.99$) de 9 variables.

ABSTRACT

1. **Agroclimatic, Morphological and Physiological Characteristics determine Potential adaptation of Potato varieties and its Growth and Yield Efficiency.**

BY

FERNANDO BORREGO ESCALANTE

DOCTOR OF SCIENCE

AGRICULTURAL PRODUCTION

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. SEPTEMBER 2001

Dr. Alfonso López Benítez -Adviser-

Key Words: *Solanum tuberosum* L., Genotypes, Yield, Photosynthesis, Transpiration, Water Use Efficiency, Growth Analysis, Principal Component Analysis, Multivariate Analysis.

In order to determine potato varieties adaptation potential in Saltillo, Coahuila region, México, 7 genotypes (Norteña, Gigant, Mondial, Snowden, Alpha, Atlantic and Russet Burbank) were evaluated on field in a Randomized Complete Block Design, with 4 replications, an experimental plot for each genotype 3 rows of 5 m length. Analyzed variables were samples 2 times along vegetative cycle and 2 leaf positions, upper and medium: Agroclimatic (4 variables) and Physiological (5 variables); Yield

and physiological in laboratory (4 variables) were analyzed at the end of vegetative cycle. Morphological (7 variables) were realized in six samples along vegetative cycle. For genotypes, significant differences ($p < 0.01$) were found, in yield characteristics, and the best genotype (Tukey, $p < 0.05$) was Norteña with 52 ton ha⁻¹ being superior to regional genotype, Alpha, with 15 ton ha⁻¹. Also, differences were found ($p < 0.01$) for genotypes, in characteristics of Chlorophyll Concentration, Stomata Number on facing and back leaf, Plant Height and Coberture, Stem Number, Leaves and Stem Fresh and Dry Weight. In Photosynthesis and Water Use Efficiency were differences ($p < 0.05$) for genotypes.

Under growth analysis efficiency and productivity criteria (6 samples along vegetative cycle, every 13 days average), like Absolute Growth Rate (AGR), Relative Growth Rate (RGR), Relative Leaf Growth Rate (RLGR), Leaf Area Ratio (LAR), Leaf Area Index (LAI) and Net Assimilation Rate (NAR). Significant differences were found ($p < 0.01$) for all variables in study, for sample variation differences being higher AGR in 4th lap sample with Russet Burbank and Norteña genotypes. Russet Burbank, Alpha and Norteña were higher on RGR, showing an increment on 3rd and 4th sample. The best genotypes on LAR were Mondial, Russet Burbank and Norteña, showing all genotypes a higher decrement from 2nd to 5th lap sample, due to leaf senescence. Respect to LAI, the best genotypes were Norteña and Alpha, being higher on 4th and 5th lap sample, without senescence until this sample. For NAR, statistical differences were found between genotypes, Russet Burbank was a little bit higher, showing other 5 genotypes a similar behaviour in the first 4th lap samples; the best index were LAI, RGR

and NAR.

The most correlated variables with Yield were Plant Height, Leaves Dry Weight, and Chlorophyll Concentration. The Principal Component Analysis (PCA), allowed a better screening between variables, like Photosynthesis and Water Use Efficiency. When considering The Principal Components Analysis, the best genotypes were Norteña, Russet Burbank, Alpha and Atlantic. The Multiple Linear Regression Analysis (MLRA) was found significant ($p < 0.05$) explaining yield with a linear equation ($r^2 = 0.95$) with 5 variables.

2. Correlation and Principal Component Analysis of Variation of Cantaloupe and Tomato Genotypes on Greenhouse and Field Conditions.

Key Words: Adaptation, *Cucumis melo* L., *Lycopersicon esculentum* M., Greenhouse, Field, Water Use Efficiency, Multivariate Analysis, Principal Component Analysis.

In order to determine cantaloupe and tomato genotypes potential adaptation for Sustainable Agriculture, under cultivated conditions in semiarid region of Northern Mexico, 10 and 12 cantaloupe genotypes were evaluated on greenhouse and field conditions. On greenhouse, hybrids: Primo, Honey Dew, Apache, Cruiser, Durango, Caravelle, Laguna, Veracruz and Laredo; and the variety control Top Mark, in a Randomized Complete Block Design with 4 replications, in Buenavista, Saltillo, Coahuila. Variables evaluated were: Yield (10 variables: quantitative and qualitative);

Agroclimatics (5 variables) and Physiological (4 variables); Agroclimatic and Physiological variables were evaluated 3 times along the vegetative cycle, 3 times by day. There were significant correlations ($p < 0.05$) between Photosynthesis, Air Temperature and Water Use Efficiency. Principal Component Analysis (PCA), Component 1, explains 33.5 per cent of variance, and first 3 Principal Components explain the 71 per cent of total variance. The first component explains Qualitative Characteristics of Yield, second component explains Quantitative Characteristics of Yield, and third component explains CO₂, Photosynthesis and Water Use Efficiency variation. Primo and Cruiser genotypes were the best in the first 2 Components, and genotypes Durango and Laguna for Component 3. The Multiple Regression Analysis was found significant ($p < 0.01$) and Yield in ton ha⁻¹ is explained by a linear equation ($r^2 = 0.99$) with 8 variables.

On field, in Ramos Arizpe, Coahuila, 12 cantaloupe genotypes were established, in a Randomized Complete Block Design with 4 replications, an experimental plot of 2 row of 5 m length, sowing at double hill, plastic mulching and drip irrigation. Genotypes studied were: hybrids: Primo, Pronto, Challenger, Cheyenne, Hi-Line, Cruiser, Durango, Apache, Laguna, Caravelle and Main Pak, and the variety Top Mark, as a control. Variables evaluated were: Yield (11 variables: quantitative and qualitative); Phenologicals (3 variables); Agroclimatics (5 variables) and Physiological (4 variables); Significant and negative correlations ($p < 0.05$) were found between Yield and Earlyness, and positive with Mean Weight of Fruit, Fruits Number, and between Fruit Number and Fruit Length. Physiological variables more correlated were

Photosynthesis and Water Use Efficiency. With PCA were found that up to Component 3 explains 65 per cent of variance. Component 1 showed a high value on Yield, Weight and Size characteristics, and was called "Yield Quantitative Characteristics Component". In Component 2, "Precocity Component" showed the higher variations. Components 3 to 6, explain similar proportions the other variables, up to the sixth was found the higher Photosynthesis. MLRA was significant ($p < 0.057$), due to field conditions, can be adequate. Yield in ton ha^{-1} is explained by a multiple linear equation ($r^2 = 0.99$) of 10 variables.

For tomato in greenhouse and field conditions, genotypes evaluated were: hybrids: Contessa, Summer Flavor 5000, Summer Flavor 6000, Celebrity, Bonita, Shady Lady, Sunbolt, Sunny, Heat Wave and Olympic; and the variety Flora Dade as a control. In greenhouse, variables evaluated were: Yield (quantitatives, 5 variables), Agroclimatics (5 variables) and Physiological (4 variables). Agroclimatic and physiological variables were determined in 3 evaluations along crop cycle, 3 hours by day and 2 positions on the leaf, each evaluation. Significant correlations were found ($p < 0.05$) between Yield in ton ha^{-1} and Mean Yield by Plant, Fruits by Plant by Cut event, and Yield by Plant, and between Photosynthesis and Water Use Efficiency. PCA showed that first 5 Components have an Eigenvalue greater than 1, explaining the first 3 up to 72 per cent of total variance. The First Component, with a 36 per cent of total variance is due to "The Yield Characteristics Component". Component 2, with a 23 per cent of total variance, is due to "Lose Water Characteristics Component" and Component 5, with a 7.4 per cent of variation, to "Photosyntates Efficient Production

Component". MLRA was significant ($p < 0.01$). Yield in ton ha^{-1} is explained by multiple linear equation ($r^2 = 0.99$) of 7 variables. On field conditions, the 11 tomato genotypes, were established under Randomized Complete Block Design, with 2 replications and 2 conditions (plastic mulch and without plastic mulch) with drip irrigation and pole vine. Variables evaluated were: Yield (6 variables, quantitative and qualitative); Agroclimatic (5 variables) and Physiological (4 variables). Agroclimatic and Physiological variables were determined in 3 evaluations along crop cycle, each experimental plot. Significant correlations ($p < 0.05$) were found between Yield ton ha^{-1} and Yield $\text{ton ha}^{-1} \text{ cut}^{-1}$ and Fruit Quality; also between Photosynthesis and Water Use Efficiency and Fruit plant^{-1} . PCA showed until Component 3 explained the 76 per cent of total variance, being Component 1 with 29 per cent total variation, due to "Fruit Quality Component", Component 2 with a 25 per cent of total variation, due to "Efficient Yield Component" and 22 per cent of total variation of component 3, explained by "Physiological Maintenance and Yield Disminution Component". MLRA was significant ($p < 0.01$). Yield ton ha^{-1} was explained by a multiple linear equation ($r^2 = 0.99$) of 9 variables.

INDICE DE CONTENIDO

| | |
|---|-------|
| INDICE DE CUADROS..... | xviii |
| INDICE DE FIGURAS..... | xxi |
| INTRODUCCION..... | 1 |
| | |
| I. CARACTERISTICAS AGROCLIMATICAS, MORFOLOGICAS Y FISIOLÓGICAS QUE DETERMINAN EL POTENCIAL DE ADAPTACION DE VARIEDADES DE PAPA, Y SU EFICIENCIA EN EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO..... | 6 |
| INTRODUCCION..... | 6 |
| MATERIALES Y METODOS..... | 11 |
| RESULTADOS Y DISCUSION..... | 15 |
| CONCLUSIONES..... | 43 |
| LITERATURA CITADA..... | 45 |
| | |
| II. CORRELACION Y COMPONENTES PRINCIPALES DE VARIACION EN GENOTIPOS DE MELON Y TOMATE EN INVERNADERO Y CAMPO..... | 49 |
| INTRODUCCION..... | 49 |
| MATERIALES Y METODOS..... | 55 |
| RESULTADOS Y DISCUSION..... | 60 |
| CONCLUSIONES..... | 97 |
| LITERATURA CITADA..... | 100 |
| | |
| DISCUSION..... | 106 |
| CONCLUSIONES..... | 123 |
| LITERATURA CITADA..... | 125 |
| APENDICE..... | 141 |

INDICE DE CUADROS

| Cuadro No. | Pag. |
|--|------|
| 1.1. Análisis de Varianza (Cuadrados Medios) de Rendimiento Total (Por Planta) y Variables Determinadas en Laboratorio, en Papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.)..... | 15 |
| 1.2. Análisis de Varianza (Cuadrados Medios) en Papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) para Variables Morfológicas. | 17 |
| 1.3. Análisis de Varianza (Cuadrados Medios) de Variables Agroclimáticas en Papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) | 22 |
| 1.4. Análisis de Varianza (Cuadrados Medios) de Variables Fisiológicas en Papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.). | 22 |
| 1.5. Análisis de Varianza (Cuadrados Medios) de Parámetros Fisiotécnicos de Análisis de Crecimiento en Siete Genotipos de Papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.). | 26 |
| 1.6. Correlaciones fenotípicas entre las variables morfológicas, rendimiento, agroclimáticas y fisiológicas, en 7 genotipos de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.)..... | 34 |
| 1.7. Análisis de componentes principales (Eigenvalores) entre variables morfológicas, climáticas, fisiológicas y rendimiento, en 7 genotipos de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) | 35 |
| 1.8. Contribución relativa de cada variable en los 3 primeros componentes principales en 7 genotipos de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.)..... | 35 |
| 1.9. Comportamiento de 7 genotipos de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) para tres Componentes Principales..... | 37 |
| 1.10. Análisis de varianza para regresión lineal múltiple entre el rendimiento en t ha ⁻¹ y 5 variables en 7 genotipos de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.)..... | 39 |
| 1.11. Regresión lineal múltiple entre el rendimiento en t ha ⁻¹ y 5 variables en 7 genotipos de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.)..... | 39 |

| | | |
|-------|--|----|
| 1.12. | Etapas sucesivas en el coeficiente de correlación y coeficiente de determinación múltiple, entre el rendimiento en t ha ⁻¹ y 5 variables en 7 genotipos de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.)..... | 41 |
| 1.13. | Estadísticos de valores observados y valores predichos por regresión lineal múltiple entre el rendimiento en t ha ⁻¹ y 5 variables en 7 genotipos de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.)..... | 41 |
| 2.1. | Correlaciones entre variables agroclimáticas, fisiológicas y de rendimiento de 10 genotipos de melón (<i>Cucumis melo</i> L.) evaluados en invernadero..... | 62 |
| 2.2. | Análisis de componentes principales (Eigenvalores) entre variables agroclimáticas, fisiológicas y de rendimiento en 10 genotipos de melón (<i>Cucumis melo</i> L.), en invernadero..... | 63 |
| 2.3. | Contribución relativa de las variables analizadas en los 3 primeros Componentes Principales en 10 genotipos de melón (<i>Cucumis melo</i> L), en invernadero..... | 63 |
| 2.4. | Comportamiento de 10 genotipos de melón (<i>Cucumis melo</i> L.) en invernadero para tres Componentes Principales (positivo y negativo)..... | 65 |
| 2.5. | Etapas sucesivas en el coeficiente de correlación y coeficiente de determinación múltiple, entre RPARCE y 8 variables en 10 genotipos de melón (<i>Cucumis melo</i> L.) en invernadero..... | 68 |
| 2.6. | Correlaciones entre variables de rendimiento, agroclimáticas, fisiológicas y fenológicas en 12 genotipos de melón (<i>Cucumis melo</i> L.), en campo..... | 70 |
| 2.7. | Análisis de Componentes Principales (Eigenvalores) entre variables en 12 genotipos de melón (<i>Cucumis melo</i> L.) en campo..... | 72 |
| 2.8. | Contribución relativa de las variables analizadas en 6 Componentes Principales en 12 genotipos de melón (<i>Cucumis melo</i> L.) en campo..... | 73 |
| 2.9. | Comportamiento de 12 genotipos de melón (<i>Cucumis melo</i> L.) en campo, en 6 componentes principales..... | 75 |
| 2.10. | Etapas sucesivas en el coeficiente de correlación y coeficiente de determinación múltiple, entre RTONHA y 10 variables en 12 genotipos de melón (<i>Cucumis melo</i> L.) en campo..... | 76 |

| | |
|--|----|
| 2.11. Correlaciones entre variables agroclimáticas, fisiológicas y de rendimiento, en 11 genotipos de tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> M.) en invernadero..... | 79 |
| 2.12. Análisis de componentes principales (Eigenvalores) entre variables en 11 genotipos de tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> M), en invernadero..... | 81 |
| 2.13. Contribución relativa de cada variable en 5 Componentes Principales en 11 genotipos de tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> M.), en invernadero..... | 82 |
| 2.14. Comportamiento de 11 genotipos de tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> M.), en invernadero..... | 83 |
| 2.15. Etapas sucesivas en el coeficiente de correlación y coeficiente de determinación múltiple, entre RTOTONHA y 4 variables, en 11 genotipos de tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> M.), en invernadero..... | 85 |
| 2.16. Correlaciones entre variables de rendimiento, agroclimáticas y fisiológicas en 11 genotipos de tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> M.) en Campo..... | 88 |
| 2.17. Análisis de Componentes Principales (Eigenvalores) entre variables en 11 genotipos de tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> M.) en campo..... | 89 |
| 2.18. Contribución relativa de cada variable en los 4 Componentes Principales en 11 genotipos tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> M.) en campo..... | 90 |
| 2.19. Contribución Relativa de 11 Genotipos de Tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> M.) en campo, para los 4 componentes Principales de variación..... | 93 |
| 2.20. Etapas sucesivas en el coeficiente de correlación y coeficiente de determinación múltiple, entre RTNHATOT y 7 variables en 11 genotipos de tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> M.) en campo..... | 96 |

INDICE DE FIGURAS

| Figura No. | Pag. |
|---|------|
| 1.1. Número de estomas de 7 variedades de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.). Promedio de 2 repeticiones..... | 16 |
| 1.2. Concentracion de clorofila y rendimiento de 7 variedades de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.). Promedio de 2 repeticiones..... | 16 |
| 1.3. Altura de planta en 7 variedades de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) durante el ciclo vegetativo. Promedio de 4 repeticiones..... | 18 |
| 1.4. Numero de tallos en 7 variedades de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) durante el ciclo vegetativo. Promedio de 4 repeticiones..... | 19 |
| 1.5. Peso seco de hojas de 7 variedades de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) durante el ciclo vegetativo. Promedio de 4 repeticiones..... | 19 |
| 1.6. Fotosíntesis neta ($\mu \text{ mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) en 2 posiciones de hoja, de 7 variedades de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) a través de 2 muestreos. Promedio de 4 repeticiones..... | 23 |
| 1.7. Transpiración ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) en dos posiciones de hojas, de 7 variedades de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) a través de 2 muestreos. Promedio de 4 repeticiones..... | 23 |
| 1.8. Uso eficiente del agua ($\text{g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1} / 10 \text{ l H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) en 2 posiciones de hoja, de siete variedades de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) a través de 2 muestreos. Promedio de 4 repeticiones..... | 24 |
| 1.9. Tasa Absoluta de Crecimiento (TAC) de 7 Genotipos de Papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) Considerando 6 Muestreos..... | 25 |
| 1.10. Tasa de Crecimiento Relativo (TCR) de Siete Genotipos de Papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) Considerando 6 Muestreos..... | 27 |
| 1.11. Tasa de Crecimiento Relativo Foliar (TCRF), de 7 Genotipos de Papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) considerando 6 Muestreos..... | 28 |
| 1.12. Relacion de Area Foliar (RAF), en 7 Genotipos de Papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) Considerando 6 Muestreos..... | 29 |
| 1.13. Indice de Area Foliar (IAF), de 7 Genotipos de Papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) Considerando 6 Muestreos..... | 30 |

| | | |
|-------|---|----|
| 1.14. | Tasa de Asimilacion Neta (TAN), Para 7 Genotipos de Papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) Considerando 6 Muestras. | 31 |
| 1.15. | Posición de las variables analizadas en los 3 Componentes Principales, en 7 genotipos de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.)..... | 36 |
| 1.16. | Comportamiento de 7 genotipos de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) en las variables Fotosíntesis ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), Transpiración ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), Uso Eficiente del Agua y Rendimiento (kg pta^{-1})..... | 38 |
| 1.17. | Posición de 7 genotipos de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.), considerando los 3 Componentes Principales..... | 38 |
| 1.18. | Posición de 7 genotipos de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.), considerando las variables RTONHA, ALT y COB..... | 40 |
| 1.19. | Posición de 7 genotipos de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.), considerando las variables RTONHA, FOTO y UEA | 40 |
| 1.20. | Valores observados y predichos por regresión lineal múltiple, en 7 genotipos de papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.)..... | 42 |
| 2.1. | Posición de las variables analizadas en los 3 Componentes Principales, en 10 genotipos de melón (<i>Cucumis melo</i> L.) en invernadero..... | 65 |
| 2.2. | Posición relativa de 10 genotipos de melón (<i>Cucumis melo</i> L.) en invernadero, considerando los 3 Componentes Principales..... | 66 |
| 2.3. | Comportamiento de 10 genotipos de melón (<i>Cucumis melo</i> L.) en las Variables Fotosíntesis ($\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), Transpiración ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), Uso Eficiente del Agua y Rendimiento (kg pta^{-1})..... | 67 |
| 2.4. | Valores Observados y Predichos por regresión lineal múltiple, en 10 genotipos de melón (<i>Cucumis melo</i> L.) en invernadero..... | 68 |
| 2.5. | Posición de las variables analizadas en los 3 Componentes Principales, en 12 genotipos de melón (<i>Cucumis melo</i> L.) en campo... | 74 |
| 2.6. | Posición de 12 genotipos de melón (<i>Cucumis melo</i> L.) en campo, considerando los componentes 1, 2 y 6..... | 75 |
| 2.7. | Valores observados y predichos por regresión lineal múltiple, en 12 genotipos de melón (<i>Cucumis melo</i> L.) en campo..... | 77 |

| | | |
|-------|---|----|
| 2.8. | Comportamiento de 12 genotipos de melón (<i>Cucumis melo</i> L.) en campo, en las variables Fotosíntesis ($\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), Transpiración ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), Uso Eficiente del Agua y Rendimiento (t ha^{-1})..... | 78 |
| 2.9. | Posición de las variables analizadas en los 3 Componentes Principales, en 11 genotipos de tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> M.) en invernadero..... | 83 |
| 2.10. | Posición de 11 genotipos de tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> M.) en invernadero, considerando los componentes 1, 2 y 5..... | 84 |
| 2.11 | Valores observados y predichos por regresión lineal múltiple, en 11 genotipos de tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> M.) en invernadero..... | 85 |
| 2.12. | Comportamiento de 11 genotipos de tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> M.) en las variables Fotosíntesis ($\mu \text{ mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), Transpiración ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), Uso Eficiente del Agua y Rendimiento ($\text{t ha}^{-1}\text{s}^{-1}$)..... | 86 |
| 2.13. | Posición de las variables analizadas en los 3 Componentes Principales, en 11 genotipos de tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> M.) en campo..... | 92 |
| 2.14. | Posición de 11 genotipos de tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> M.) en campo, considerando los componentes 1, 2 y 3..... | 94 |
| 2.15. | Comportamiento de 11 genotipos de tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> M.) en las variables Fotosíntesis ($\mu \text{ mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), Transpiración ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), Uso Eficiente del Agua y Rendimiento (kg, promedio de 12 cortes)..... | 94 |
| 2.16. | Valores observados y predichos por regresión lineal múltiple, en 11 genotipos de tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> M.) en campo..... | 96 |

INTRODUCCION

Las principales condiciones agroclimáticas que prevalecen en el sur de Coahuila, México, son las de severa escasez de precipitación, con una distribución anual errática; altas temperaturas, lo que condicionan altas evapotranspiraciones. Así mismo, una corta temporada de crecimiento, por la presencia de heladas severas, tempranas y tardías (GIEZAP-UAAAN, 1991). Los sistemas agrícolas modernos, para obtener altos rendimientos, requieren cuantiosas inversiones en obras de infraestructura, mecanización, fertilizantes, semillas mejoradas y aplicaciones extensivas de pesticidas tratando de asegurar, en el corto plazo, cosechas abundantes, sin importar la contaminación de productos agrícolas o del ambiente (Borlaug, 1996; Welch, 1977; Bouma, 1997; Zechendroft, 1999, Ruttan, 1999 y Thönnissen *et al.*, 2000).

La Agricultura Sustentable es un sistema de explotación agrícola que incorpora la filosofía de racionalidad y conservación del ambiente, haciendo un balance óptimo de todos los componentes de la rentabilidad agrícola (Reeves, 1996; Lewandoski *et al.*, 1999) para asegurar la obtención de cosechas para ésta y las generaciones venideras en mayor cantidad y calidad.

Uno de los puntos principales de partida en estos sistemas, lo constituye la explotación agrícola, racional e intensiva, de genotipos o variedades eficientes en su morfología y fisiología, así como tolerancia a factores adversos, de manera que requieran el suplemento de menor cantidad de insumos, para expresar al máximo su potencial de rendimiento, en el ambiente específico de explotación, siendo deseable un

amplio rango de adaptación. Así mismo, es de mayor impacto el estudiar varios cultivos a la vez, que brinden respuestas a interrogantes de sistemas agrícolas regionales, con fines de optimización de insumos y recomendaciones técnicas sistémicas (Mauney *et al.*, 1978; Lorenzo *et al.*, 1989; Wilson y Hanna, 1992; Long y Hallgren, 1993; Nederhoff y Vegter, 1994; Díaz, 1995; Ikada *et al.*, 1998; Al-khatib y Paulsen, 1999; Loreto *et al.*, 1999 y Schittenhelm, 1999).

En la región del sur de Coahuila y Nuevo León, y Este de Durango, México, (zona de influencia inmediata de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro"), entre los cultivos de mayor importancia agrícola se encuentran el de la papa, que se siembran 6500 ha, el del melón, que se siembran en 6500 has, y el del tomate, que se siembra en 500 ha y se consumen aproximadamente 300 t semanales en la región de Saltillo, Coahuila (SAGAR, 1998). Es interés de los agricultores en pequeña y mediana escala, optimizar al máximo la utilización de insumos para asegurar mayor rentabilidad. El primer punto de partida para ello, es el de contar con variedades de alto rendimiento, eficientes en sus procesos fisiológicos y precoces, que permitan menores costos de producción y recuperar en menor tiempo la inversión, con mayor oportunidad de comercialización. De la variabilidad genética existente en los cultivos de importancia real y potencial, se requiere tener una evaluación rigurosa de sus características fisiológicas y morfológicas que permitan alto rendimiento para una explotación inicial sustentable, selección de progenitores para programas de mejoramiento a largo plazo, así como mejores criterios de evaluación en fitomejoramiento (Fakorede y Mock, 1980; Morrison *et al.*, 1999; Evans y Fischer, 1999 y Loomis y Amthor, 1999).

El rendimiento económico de un cultivo es la integración de su potencial genético expresado en sus procesos fisiológicos, como respuesta a estímulos ambientales (Hay y Walker, 1989). Se ha desarrollado instrumental científico avanzado, costoso y de alta precisión, para la medición *in situ* de algunos procesos fisiológicos complejos, como el de la fotosíntesis y transpiración (Li Cor Inc, 1990). Por otro lado, el entendimiento de la manera en que estos procesos se encuentran integrados, en la acumulación de biomasa y la exposición del aparato asimilatorio con respecto al tiempo, a través del análisis de crecimiento, también es importante, puesto que es un método relativamente más fácil y simple, aunque destructivo, para determinar la eficiencia en el desarrollo del cultivo (Beadle, 1988).

Para tener seguridad en la aceptación o rechazo de hipótesis planteadas en la evaluación del potencial productivo de los genotipos, el investigador requiere métodos estadísticos confiables, siendo el análisis de varianza (ANVA) el de mayor utilización, puesto que permite tener una estimación de la variación del factor en estudio, en relación con la variabilidad no controlada o variación aleatoria, conocida como error experimental. Por otro lado, con el advenimiento de equipos computacionales de mayor capacidad de memoria y más rápidos de procesamiento, se ha hecho posible realizar análisis simultáneo de las variables (Análisis Multivariado), siendo el de Componentes Principales, uno de los que más utilidad pueden llegar a tener en la agronomía (Judez, 1989) puesto que permite la utilización de una gran cantidad de variables, reduciendo la dimensionalidad del conjunto de datos multivariados, removiendo las interrelaciones existentes entre variables, organizar los datos en forma de vectores independientes, ú

ortogonales en donde cada una de las variables dentro del vector se comportan en forma similar con base en sus correlaciones, y a cada uno de estos vectores se le llama Componente Principal (Broschat, 1979). Esta prueba también expresa la mayoría de la varianza de los datos ortogonales y puede ser aplicada como un índice de calidad de los productos para reemplazar las apreciaciones de calidad visual subjetiva en un análisis estadístico convencional. Así mismo, el investigador agrícola busca la explicación del rendimiento económico, por la tendencia que sigan los factores en estudio en un enfoque multidimensional, por lo que puede realizar estimaciones de tendencia multivariada, estimándose las ecuaciones de Regresión Lineal Múltiple, encontrando diferencias en cultivos y sistemas de evaluación, en el número de variables consideradas con el mayor ajuste rectilíneo.

En ese sentido, se presentan en este estudio los resultados experimentales de 3 cultivos evaluados con el máximo posible de variables. La papa (*Solanum tuberosum* L.) por ser el cultivo de mayor importancia regional, se analiza con los 3 enfoques descritos en la parte 1. En la parte 2, se presentan los resultados obtenidos en la evaluación de genotipos de melón (*Cucumis melo* L.) en condiciones de invernadero y campo, así como de tomate (*Lycopersicon esculentum* M.) en condiciones de invernadero y campo, analizados por Componentes Principales y Regresión Lineal Múltiple, respectivamente. Por lo anterior, los objetivos del presente estudio son:

- a) Determinar el potencial de adaptación de diferentes genotipos de papa, melón y tomate, para ser utilizados en zonas semiáridas, por su eficiencia fisiotécnica.
- b) Determinar la relación existente entre variables de rendimiento, agroclimáticas y

fisiológicas.

- c) Determinar la utilidad del análisis de Componentes Principales en la discriminación de variables, y en la detección de genotipos sobresalientes.
- d) Determinar ecuaciones de predicción del rendimiento a partir de las variables más importantes, detectadas por los análisis multivariados.

Bajo las hipótesis siguientes:

- a) Existe variabilidad genética en cultivos comerciales, para detectar genotipos eficientes en el desarrollo y rendimiento en zonas semiáridas.
- b) La evaluación conjunta de variables de rendimiento, agroclimáticas y fisiológicas, hace posible la detección de genotipos eficientes.
- c) Existen metodologías multivariadas adecuadas para la detección de genotipos eficientes en los ambientes de evaluación.

1. CARACTERISTICAS AGROCLIMATICAS, MORFOLOGICAS Y FISIOLÓGICAS, QUE DETERMINAN EL POTENCIAL DE ADAPTACION DE VARIETADES DE PAPA Y SU EFICIENCIA EN EL CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO.

INTRODUCCION

La papa (*Solanum tuberosum* L.), junto con el maíz, trigo y frijol, es uno de los principales cultivos que se explotan en México, existiendo regiones productoras en diferentes estados del país. En las regiones de Nuevo León y Coahuila, desde 1950 se iniciaron los primeros ensayos para llevar a cabo la explotación de la papa (Murillo, 1973), sembrándose en la actualidad 6,500 ha, la mayor parte de esta superficie con las variedades Alpha y Atlantic, que presentan susceptibilidad a enfermedades, siendo la principal el tizón tardío, causado por el patógeno *Phytophthora infestans*, lo que hace necesario realizar un mayor número de aplicaciones de agroquímicos para su prevención y control, incrementándose el costo de producción de este cultivo (Parga, 1989) y la residualidad de agroquímicos.

Los trabajos agronómicos para adaptación de variedades sobresalientes por atributos de calidad para el mercado nacional y de exportación, hacen necesario evaluar genotipos que además de características de tamaño, contenido de carbohidratos y calidad de fritura (Gunther *et al.*, 1991) sobresalgan en características morfológicas y fisiológicas (Wilson, 1981) que permitan mayor rentabilidad, pues se buscan también

atributos de resistencia o tolerancia a plagas y enfermedades, así como otros factores adversos (Baker, 1994). El mejoramiento genético de cultivos con criterios morfológicos y fisiológicos que más inciden en el rendimiento, permiten una mejor selección de progenitores para que el programa inicie con mayores posibilidades de éxito, puesto que la acumulación de genes favorables permite reunir y combinar atributos de excelencia para programas a largo plazo (Frey, 1981; Martin, 1994), haciéndose necesaria la participación interdisciplinaria de fitomejoradores, fisiólogos, genetistas, etc., para que se recomienden para siembra intensiva los mejores genotipos (Hay y Walker, 1989) y sean utilizados para estudios fisiológicos y genéticos más profundos, que permitan dilucidar con mayor precisión los factores que limitan el rendimiento (Evans, 1980) y que el mejoramiento genético de cultivos sea exitoso (Sneep y Hendriksen, 1979).

El crecimiento y productividad en papa, es el resultado de dos grandes determinantes: la conformación genética de la planta (genotipo) y su ambiente de crecimiento. El genotipo de la planta es esencialmente constante, en comparación con el ambiente en que crecen, el cual es dinámico en tiempo y espacio (Torres, 2000). Sin embargo, la expresión (fenotipo) de la información genética, es influenciada ampliamente por los cambios regulares e irregulares del ambiente de crecimiento (Moreno, 1985). La duración del ciclo de crecimiento del cultivo de papa, depende del tipo de siembra y yemas diferenciadas para tuberización, rapidez inicial e incremento de la curva de tuberización, durante la época de llenado de tubérculos (Wissar y Ortiz, 1987) siendo afectado fuertemente por el ambiente: longitud del día, temperatura y la interacción de los factores más importantes, que pueden modificar la longitud del ciclo de crecimiento. En el Norte de México, se presentan condiciones climáticas heterogéneas, así como genotipos de papa de reciente introducción o mejoramiento

(Parga *et al.*, 2000) lo que hace necesario realizar estudios agronómicos y del desarrollo de la papa más concienzudos, para detectar los genotipos más eficientes.

Se han realizado intentos para expresar la producción en términos de incremento de la biomasa, siendo el análisis de crecimiento un intento de explicar matemáticamente las variaciones en peso seco y área foliar de los organismos, en función del tiempo. Para estimar los índices de eficiencia en el crecimiento, o parámetros fisiotécnicos, es necesario obtener el peso seco de plantas y órganos y el área foliar, en intervalos de tiempo durante el desarrollo del vegetal (Radford, 1967; Hunt, 1978 y Beadle, 1988) dándonos una información mucho más precisa de la eficiencia con que las plantas acumulan y traslocan fotosintetizados, que la sola medición de características agronómicas, como número de tallos, altura, cobertura, etc. El rendimiento económico de un cultivo es la resultante de integrar, a lo largo de la ontogenia del vegetal, los procesos fisiológicos de asimilación y mantenimiento que permiten el crecimiento y acumulación de fotosintetizados, en un ambiente de crecimiento determinado. Puede decirse que es una transformación de energía llevada principalmente por tres procesos secuenciales a) intercepción, por el follaje, de la radiación solar incidente, b) conversión de la energía radiante interceptada, a energía química potencial (biomasa) y c) partición de la biomasa entre las partes cosechables y el resto de la planta (Hay y Walker, 1989).

Dada la cantidad de variables morfológicas y fisiológicas que intervienen en el rendimiento, el fitomejorador toma en cuenta principalmente el rendimiento y algunos de sus componentes visuales más importantes, a los cuales puede dar una calificación fenotípica, para avanzar rápidamente en la evaluación de genotipos. Sin embargo, muchas veces puede tomar decisiones equivocadas con este procedimiento simplista y puede descartar genotipos valiosos. Se ha propuesto el uso del Análisis de Componentes

Principales (ACP) para seleccionar con mayor precisión genotipos a introducir (Farías, *et al.*, 1983) y que, comparados con otros métodos multivariados (Índices de Selección, Análisis de Factores) da mejores resultados, permitiendo un ahorro de recursos físicos y de tiempo, dando al fitomejorador más flexibilidad en determinar el número de familias y el tamaño de familia a ser evaluada, así como determinar la combinación de características que constituyen una planta “ideal” (Godshalk y Timothy, 1988); así mismo, también por el estudio de las correlaciones simples se puede tener una idea preliminar de las variables fenotípicas más relacionadas con el rendimiento.

El Análisis de Componentes Principales presenta múltiples ventajas (Broschat, 1979): es una técnica que reduce la dimensionalidad de un conjunto de datos multivariados, removiendo las interrelaciones existentes entre variables; organiza los datos en forma de vectores ortogonales, en donde cada una de las variables dentro del vector se comportan en forma similar con base en sus correlaciones; a cada uno de estos vectores se le llama componente principal. Esta prueba también nos expresa la mayor parte de la varianza de los datos ortogonales, y es una herramienta útil para simplificar el análisis e interpretación de la gran cantidad de variables consideradas en una evaluación exhaustiva. Los objetivos del presente estudio son:

- a) Determinar el potencial de adaptación de las diferentes variedades de papa en estudio, por sus características agroclimáticas morfológicas, fisiológicas, y de rendimiento.
- b) Determinar los parámetros fisiotécnicos del Análisis de Crecimiento en papa, de mayor eficiencia.
- c) Determinar los genotipos de papa de mayor eficiencia en el Crecimiento y Desarrollo.

- d) Determinar las variables morfológicas, fisiológicas y agroclimáticas más correlacionadas con el rendimiento en papa.
- e) Determinar los componentes principales de variación en papa.
- f) Determinar los mejores genotipos considerando las principales variables evaluadas.
- g) Determinar la ecuación lineal múltiple que mejor explique el rendimiento.

MATERIALES Y METODOS

- a) Localización del área de estudio:** El experimento de campo se realizó en el ciclo agrícola Verano-Otoño de 1996, en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” (UAAAN) en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, y el estudio de laboratorio, coincidiendo con el de campo, en el Laboratorio de Fisiotecnia de la misma Universidad. Las características principales del área son: 25°22' **latitud N**, 101°03' **longitud W** y **altitud 1743 msnm**. La temperatura media anual es de **19.8°C**. Los meses más cálidos son Junio, Julio y Agosto, con temperaturas que alcanzan hasta **39°C**, mientras que en los meses de Diciembre y Enero, se registran las temperaturas más bajas, de hasta **-13°C**, presentándose heladas regulares en el período de Noviembre a Marzo. La precipitación media anual es de **350 a 450 mm**, siendo los meses más lluviosos Julio, Agosto y Septiembre; en la época de invierno, las lluvias que se presentan son escasas. **Tipo de clima :** BWhw (x')(e): clima muy seco, semicálido, con invierno fresco, extremo, con lluvias de verano y precipitación invernal al 10% del total anual. El fotoperíodo medio anual es de **11.99 horas**.
- b) Variedades en estudio:** Norteña, Gigant, Mondial, Snowden, Alpha, Atlantic y Russet Burbank. Soto (1997) describe detalladamente estas variedades.
- c) Variables evaluadas:** Para cada genotipo: **1. Morfológicas** (promedio final, 3 plantas por repetición): Altura de planta (ALT), Cobertura de planta (COB), Número de tallos (NTAL), Peso fresco de hojas (PFH), Peso seco de hojas (PSH), Peso fresco

de tallos (PFT), Peso seco de tallos (PST). **2. Fisiológicas:** Concentración de clorofila (CLORO), Número de estomas en el haz (EHAZ), Número de estomas en el envés (EENV), y (promedio final, 2 muestreos y 2 posiciones de hoja por planta por repetición) Fotosíntesis (FOTO, en μ mol de CO_2 m^{-2} de hoja s^{-1}), Temperatura de la hoja (THOJA, $^{\circ}\text{C}$), Conductancia estomática (CE, en $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), Transpiración (TRANS, en mol de $\text{H}_2\text{O m}^{-2}$ de hoja s^{-1}), y Uso Eficiente del Agua (UEA, g CO_2 fijado $10 \text{ l}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ transpirada). **3. Agroclimáticas:** Densidad de flujo de fotones fotosintéticos (DFFF, μ mol fotones $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$), Temperatura del aire (TAIR en $^{\circ}\text{C}$), Concentración de CO_2 (CO_2 , en ppm), Humedad relativa (HR, en %), y **4. Rendimiento:** Rendimiento total por planta (RDTO, kg de tubérculo), que sirvió de base para estimar en toneladas por hectárea (t ha^{-1}).

Las variables fisiológicas y agroclimáticas se evaluaron a través de dos muestreos a lo largo del ciclo del cultivo, en dos posiciones de hoja en el dosel, superior e intermedia, utilizando el fotosintetómetro portátil LI-6200 (LI-Cor Inc. Nebraska, USA).

La parcela experimental constó de 3 surcos de 5 m de largo, sembrándose a una densidad de 40,000 plantas ha^{-1} . El manejo agronómico se realizó bajo las recomendaciones regionales (Parga, 1991).

El análisis estadístico se realizó en un Diseño de Bloques Completos al Azar, con 4 repeticiones, para la variable de RDTO, CLORO, EHAZ y EENV. Para las variables morfológicas, con 6 muestreos, se consideró arreglo de Parcelas Divididas, siendo la parcela grande, los muestreos, y la parcela chica, los genotipos. Para las variables agroclimáticas y fisiológicas, se consideró arreglo de Parcelas Subdivididas, siendo la

parcela grande, los muestreos, la parcela media los genotipos, y la parcela chica, las hojas en la planta. La diferencia de medias se realizó por la prueba de Tukey al 0.05 de probabilidad (Steel y Torrie, 1980).

El análisis de crecimiento se realizó de acuerdo con la metodología propuesta por Hunt (1990) en 2 plantas por repetición, con seis muestreos de peso seco y área foliar, cada 13 días en promedio, a lo largo del ciclo, según las fórmulas siguientes, para el valor medio entre dos intervalos de muestreo:

- Tasa Absoluta de Crecimiento (TAC)

$$= \frac{PS_2 - PS_1}{t_2 - t_1} = \text{g día}^{-1}$$

- Tasa de Crecimiento Relativo (TCR)

$$= \frac{\ln PS_2 - \ln PS_1}{t_2 - t_1} = \text{g g}^{-1} \text{ día}^{-1}$$

- Tasa de Crecimiento Relativo Foliar (TCRF)

$$= \frac{\ln AF_2 - \ln AF_1}{t_2 - t_1} = \text{cm}^2 \text{ cm}^{-2} \text{ día}^{-1}$$

- Relación de Area Foliar (RAF)

$$= \frac{\frac{AF_1}{PS_1} + \frac{AF_2}{PS_2}}{2} \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$$

- Índice de Area Foliar (IAF)

$$= \frac{\frac{AF_1}{A \text{ terr}_1} + \frac{AF_2}{A \text{ terr}_2}}{2} \text{ cm}^2 \text{ foliar planta cm}^{-2} \text{ terreno}$$

- Tasa de Asimilación Neta (TAN)

$$\frac{PS_2 - PS_1}{t_2 - t_1} \cdot \frac{(\ln AF_2 - \ln AF_1)}{AF_2 - AF_1} \quad \text{mg cm}^{-2} \text{ día}^{-1}$$

Donde:

PS₁ y PS₂. Se refiere a los pesos secos de la planta en muestreos (t).

AF₁ y AF₂. Son los valores de área foliar de la planta, en muestreos (t).

t₁ y t₂. Días transcurridos entre muestreos sucesivos.

A terr₁ y A terr₂. Es el área de terreno que ocupa la planta en muestreos sucesivos.

El área foliar se determinó con el integrador electrónico LI-3000 (Li-COR Inc. Nebraska, U.S.A.) con la metodología reportada por Elachkar, 1990. El peso seco total (hojas y tallos) se determinó en una estufa digital de convección (Scientific Products Inc.) a 65 °C constantes durante 72 hs.

Las Correlaciones Simples, el Análisis de Componentes Principales (ACP) y el Análisis de Regresión Lineal Múltiple (ARLM), se realizaron con el paquete computacional Statistica^{mr}.

RESULTADOS Y DISCUSION

Para las características de rendimiento total (por planta), concentración de clorofila y estomas en el haz y el envés de la hoja, (Cuadro 1.1) se encontraron diferencias ($p < 0.01$) para genotipos, reflejando la variabilidad genética de los progenitores de los genotipos, y su expresión fenotípica por el ambiente de crecimiento. En las Figuras 1.1 y 1.2 se presentan los resultados para cada uno de los genotipos en estudio, siendo mejor el Norteña, seguido por el Russett Burbank y Alpha.

Cuadro 1.1. Análisis de Varianza (Cuadrados Medios) de Rendimiento Total (Por planta) y Variables Determinadas en Laboratorio, en Papa (*Solanum tuberosum* L).

| F.V. | G.L. | RDTO | COLORO | EHAZ | EENV |
|------------|------|---------|---------|---------|----------|
| Repetición | 3 | 0.115 | 0.0001 | 0.483 | 0.560 |
| Genotipos | 6 | 0.083** | 0.091** | 1.387** | 84.150** |
| Error | 18 | 0.097 | 0.001 | 0.076 | 0.567 |
| C.V. (%) | | 10.90 | 2.95 | 6.13 | 2.33 |

** Significativo al 0.01 de Probabilidad

La característica de concentración de clorofila es importante, ya que es el pigmento de mayor abundancia en las plantas, y su contribución a la actividad fotosintética y al rendimiento es el punto de partida para la productividad primaria en vegetales, como se ha demostrado en soya (Ma *et al.*, 1995) y en papa (Duelle^b *et al.*, 1981) relacionando éste último cultivo, con los niveles de nutrición foliar. La clorofila y el rendimiento, en este estudio, siguen una tendencia mas o menos similar, lo que puede ser indicativo de

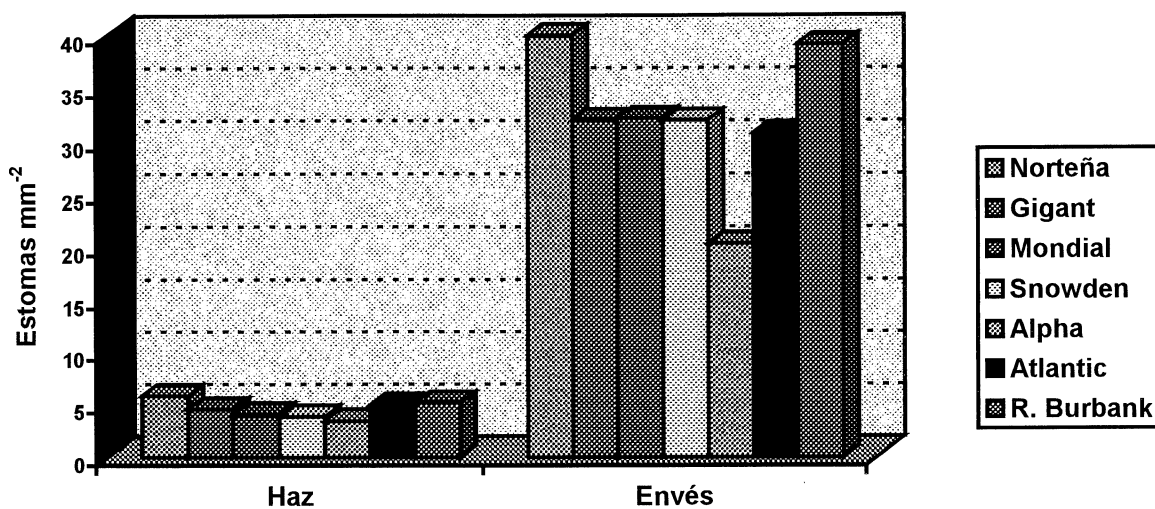


Figura 1.1. Número de estomas de 7 variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.). Promedio de 2 repeticiones.

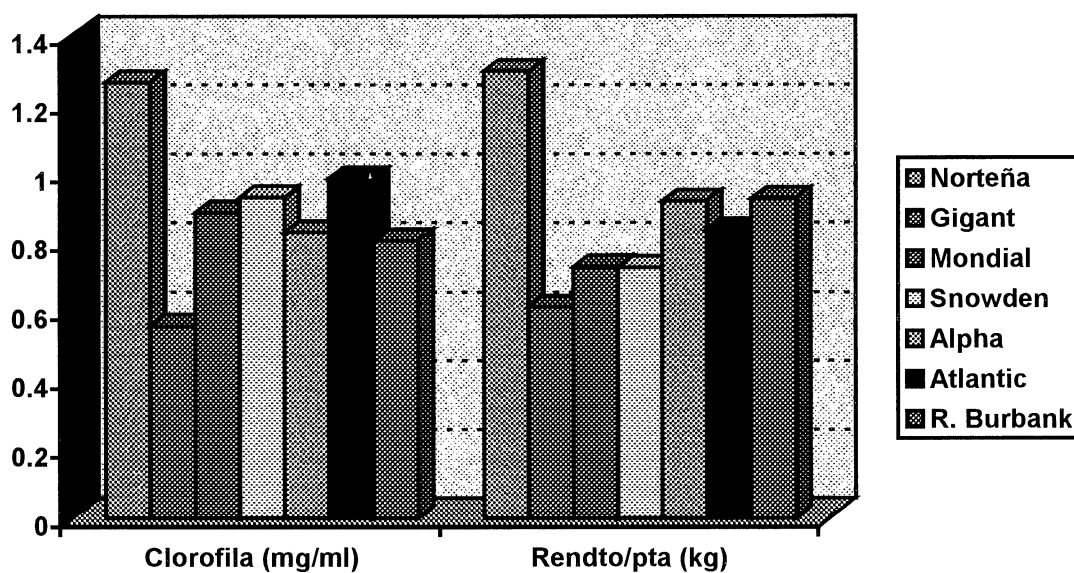


Figura 1.2. Concentración de clorofila y rendimiento de 7 variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.). Promedio de 2 repeticiones.

selección indirecta para construir un Índice de Selección (Baker, 1994). Por lo que respecta al número de estomas en el haz, se encontraron diferencias ($p < 0.01$) entre genotipos; en estomas en el envés, hay una diferencia hasta de 100% entre el genotipo Norteña y el genotipo Alpha, de 40 y 20 estomas mm^{-2} , respectivamente, y en la Fig. 1.1 se observa lo anterior. En el rendimiento, aunque se presenta en kg planta^{-1} , al considerar la densidad de 40, 000 plantas ha^{-1} , se tiene un rendimiento de 52 t ha^{-1} del genotipo Norteña, superior en 14 t ha^{-1} al genotipo Alpha, que es el cultivo regional.

En el Cuadro 1.2, se presentan los resultados del análisis de varianza para las variables morfológicas, encontrándose diferencias ($p < 0.01$) para todas las características evaluadas, en muestreos y genotipos, reflejando la variabilidad que se presenta a lo largo del ciclo, y las diferencias varietales. Por lo que respecta a la interacción muestreos por genotipos, se encontraron diferencias significativas ($p < 0.01$) en las variables de Altura de Planta y Peso Seco de Hojas. Esto nos indica que las variedades siguieron un patrón general uniforme de variación a lo largo del ciclo del cultivo, y solamente en estas 2 variables se encontró un comportamiento diferente.

Cuadro 1.2. Análisis de Varianza (Cuadrados Medios) en Papa (*Solanum tuberosum* L.) para Variables Morfológicas.

| F.V. | G.L | ALT | COB | NTAL | PFH | PSH | PFT | PST |
|----------|-----|---------|--------|---------|-----------|----------|----------|----------|
| Rep. | 3 | 2.13 | 1.41 | 16.60 | 239.67 | 41.95 | 16.43 | 1.08 |
| Mues. | 5 | 46.66** | 5.4** | 12.42** | 8757.37** | 2361.8 | 916.39** | 245.56** |
| E(a) | 15 | 2.03 | 0.78 | 2.67 | 77.39 | 24.34 | 11.99 | 4.39 |
| Gen. | 6 | 41.47** | 6.99** | 26.65** | 287.30** | 138.01** | 204.04** | 28.79** |
| GxM | 30 | 4.14** | 1.13 | 4.52 | 153.66 | 47.43** | 25.916 | 5.20 |
| E(b) | 108 | 1.91 | 0.77 | 2.98 | 15.10 | 22.50 | 19.73 | 2.54 |
| C.V. (%) | | 1.64 | 1.44 | 12.14 | 1.75 | 7.28 | 1.18 | 2.23 |

** Significativo al 0.01 de Probabilidad.

Es decir, hay variedades que en algunos muestreos se comportaron mejor que otras. En las Figuras 3, 4 y 5, se presentan los resultados obtenidos, siendo los genotipos Norteña y Alpha, los que presentaron mayor duración del ciclo del cultivo, lo que permitió realizar un 7° muestreo; sin embargo, para propósitos del Análisis de Varianza con datos balanceados, sólo se consideran 6 muestreos, los mismos que para los demás genotipos en estudio. En altura de planta, se tiene el máximo valor en el 5° muestreo, a los 70 días después de la emergencia (DDE) siendo el genotipo Mondial el que alcanza mayor valor en este muestreo, con 1.35m; el genotipo Norteña tiene una tendencia uniforme, ascendente desde el 1^{er} muestreo, siendo el que mayor valor presenta en los 120 DDE que duró la planta sin senescencia. En la característica de Número de Tallos, el genotipo Mondial presenta desde el primer muestreo el mayor valor, con 8 tallos, mostrando un descenso a partir del 5° muestreo, misma tendencia del genotipo Snowden y Alpha.

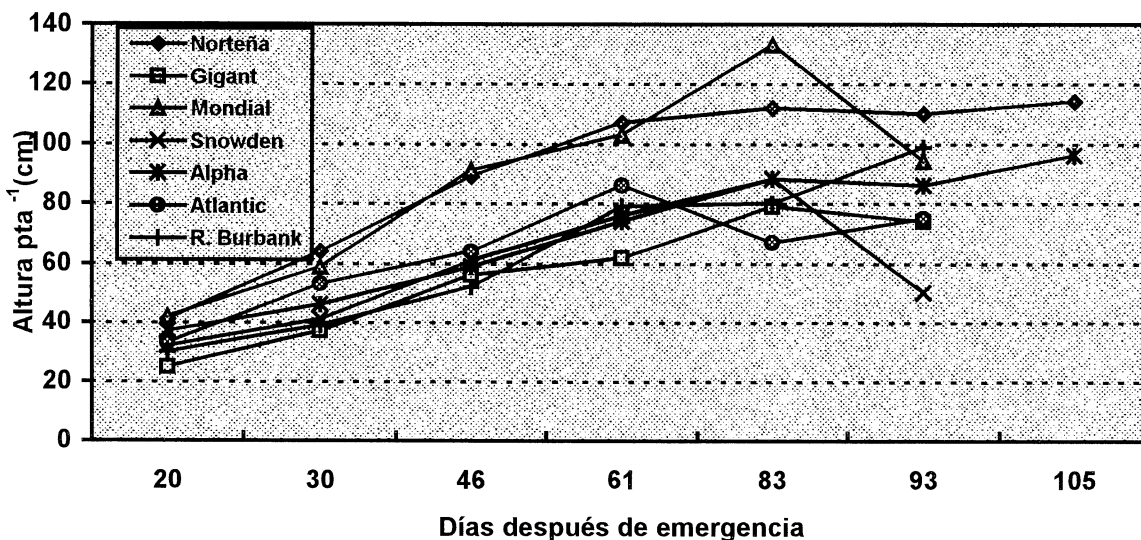


Figura 1.3. Altura de planta en 7 variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) durante el ciclo vegetativo. Promedio de 4 repeticiones.

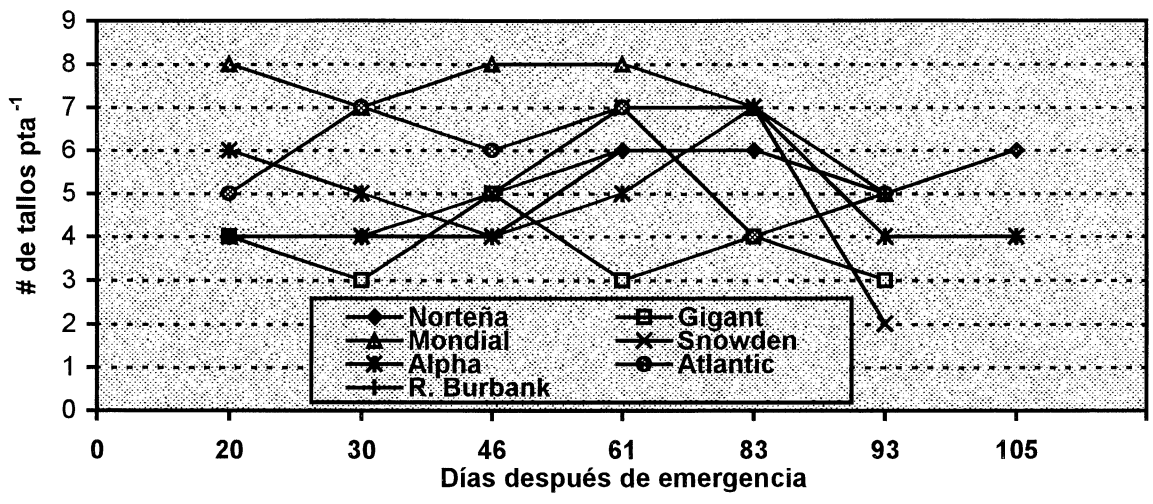


Figura 1.4. Numero de tallos en 7 variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) durante el ciclo vegetativo. Promedio de 4 repeticiones.

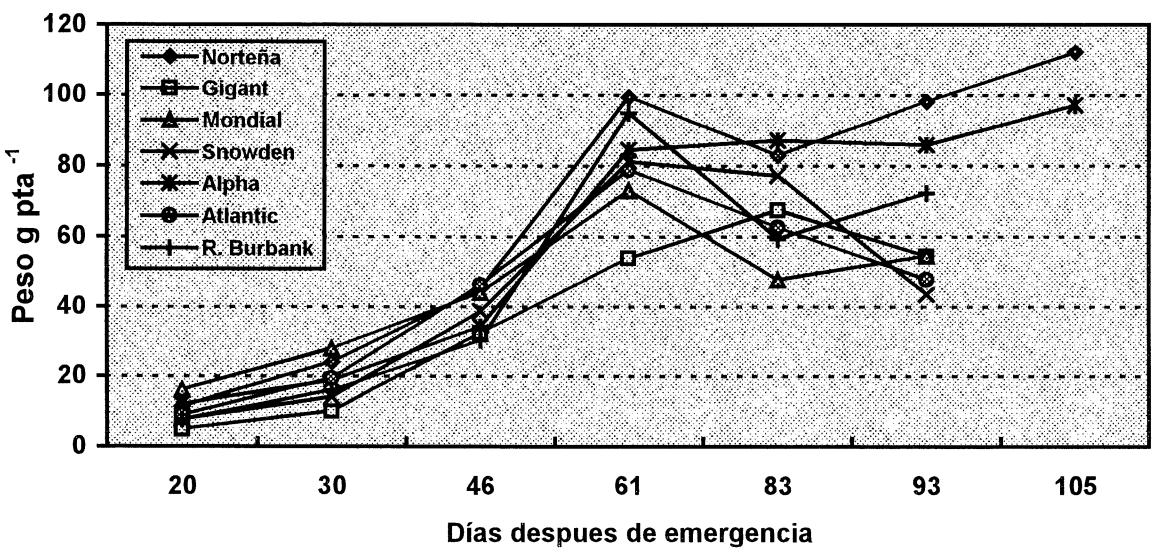


Figura 1.5. Peso seco de hojas de 7 variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) durante el ciclo vegetativo. Promedio de 4 repeticiones.

El genotipo Norteña presenta 5 tallos a los 20 DDE, mostrando una tendencia constante hasta los 120 DDE, en que presentaba 6 tallos planta⁻¹; Tapia *et al.*, (2000) encontraron una tendencia a mantener constante el número de tallos emergidos hasta el final del ciclo, como lo presenta el genotipo Norteña, y mencionan que esta característica define el potencial establecimiento de plantas en el cultivo. En la característica de Peso Seco de Hojas (PSH), se presenta una tendencia acumulativa hasta el 4° muestreo, para todos los genotipos, manteniéndose esta tendencia hasta el final, por Norteña y Alpha, así como Russet Burbank. En el 5° muestreo, se presenta una declinación, posiblemente por que las hojas en los estratos inferiores comienzan a morir entre el 4° y 5° muestreo, siendo los genotipos mencionados los únicos que presentan recuperación, posiblemente por estímulos de yemas vegetativas al ocurrir la senescencia foliar. Al haber mayor follaje, la superficie fotosintética se incrementa, lo que produce una mayor cantidad de carbohidratos, que puede originar mayor rendimiento, como sucede con los genotipos Norteña y Russet Burbank, sucediendo lo contrario con el genotipo Alpha, el cual no rindió más, siendo un indicador de menor eficiencia en el Rendimiento, por deficiente translocación. Estos atributos pueden conferirles mayor potencial de rendimiento, al ser interceptada más radiación solar incidente por el follaje y aumentar la producción de fotosintetizados que pueden ser traslocados al tubérculo (Duelle^a *et al.*, 1981).

En el cuadro 1.3 se presentan los cuadrados medios del Análisis de Varianza de las variables agroclimáticas. Se encontraron diferencias significativas ($p < 0.01$) en las variables de DFFF, en las fuentes de variación de Muestreos y Hojas, lo que nos indica la diferencia en la Densidad de Flujo de Fotones Fotosintéticos (DFFF) recibida a lo largo del ciclo del cultivo, así como en los estratos superior e inferior de la planta. Así mismo, se encontraron diferencias ($p < 0.01$ o $p < 0.05$) en Temperatura del Aire, ó de la

Hoja, y CO₂, en diferentes fuentes de variación. En genotipos no se encontraron diferencias en ninguna variable, lo que indica que el microclima en las plantas se mantuvo, en general, con una variación homogénea, en el mismo sentido los 7 genotipos a lo largo del ciclo del cultivo, a pesar de las diferencias encontradas en las características morfológicas. Jeréz *et al.*, (2000) encontraron diferencias en el patrón de crecimiento, y lo relacionan con el ambiente de crecimiento; mencionan que es necesario mantener a la planta, para un buen rendimiento, con iluminación adecuada y con temperaturas máximas menores a 28° C.

En el cuadro 1.4 se presentan los cuadrados medios del Análisis de Varianza para variables fisiológicas. Se encontraron diferencias ($p < 0.05$) para genotipos, en las variables de Fotosíntesis y UEA, indicando la variabilidad en la fisiología de la productividad primaria de los genotipos en estudio. Iritani (1991) ha enfatizado la importancia de considerar las variables fisiológicas en papa de una manera integral, puesto que el rendimiento económico (la parte cosechable, de interés para el hombre) es la suma e integración de todos los procesos fisiológicos realizados durante el ciclo del cultivo de la papa (Li, 1985). En las Figuras 1.6, 1.7 y 1.8, se presentan los resultados obtenidos en Fotosíntesis, Transpiración y Uso Eficiente del Agua, en los genotipos en estudio, considerando las 2 hojas evaluadas en cada uno. El genotipo Snowden presenta los mayores valores en Fotosíntesis y UEA a nivel vegetativo, puesto que en rendimiento por planta (Fig. 1.2) fue de los de menor valor.

Cuadro 1.3. Análisis de Varianza (Cuadrados Medios) de Variables Agroclimáticas en Papa (*Solanum tuberosum* L.) en un Diseño de Bloques al Azar, con Arreglo de Parcelas Subdivididas.

| F.V. | G.L. | DFFF | T.Aire | CO ₂ | Hum. Relativa |
|----------------|------|-----------|---------|-----------------|---------------|
| Repetición | 3 | 564.8 | 61.4 | 12.1 | 82.7 |
| Muestreos | 1 | 10226.6** | 103.2** | 18.2 | 108.9 |
| E(a) | 3 | 278.3 | 7.3 | 14.1 | 69.0 |
| Genotipos | 6 | 325.6 | 2.8 | 24.1 | 10.4 |
| Muest*Gen | 6 | 122 | 0.9 | 23.8 | 17.2 |
| E(b) | 36 | 146 | 3.0 | 12.2 | 9.2 |
| Hojas | 1 | 710.7** | 0.7** | 1.7 | 7.7 |
| Muest*Hojas | 1 | 9.5 | 0.4 | 12.9 | 0.1 |
| Gen*Hojas | 6 | 141.2 | 0.1 | 28.4* | 6.9 |
| Muest*Gen*Hoja | 6 | 88.1 | 0.2** | 15.3 | 2.8 |
| E (c) | 42 | 64.5 | 0.1 | 10.3 | 4.3 |
| C.V. (%) | | 18.3 | 0.82 | 12.7 | 20.3 |

* Significativo al .05 % de Probabilidad

** Significativo al .01 % de Probabilidad

Cuadro 1.4. Análisis de Varianza (Cuadrados Medios) de Variables Fisiológicas en Papa (*Solanum tuberosum* L.) en un Diseño de Bloques al Azar con Arreglo de Parcelas Subdivididas.

| F.V. | G.L. | Foto. | T.Hoja | Conduc. Estom. | Transp. | Uso Ef. Agua |
|----------------|------|--------|--------|-------------------|---------|-----------------|
| Repetición | 3 | 0.19 | 78.3* | 2.36 | 101.9 | 0.62 |
| Muestreos | 1 | 1.71 | 85.5* | 5.58 | 74.7 | 0.12 |
| E(a) | 3 | 0.65 | 7.5 | 2.38 | 46.2 | 0.13 |
| Genotipos | 6 | 1.32* | 14.4 | 0.19 | 6.4 | 0.35* |
| Muest*Gen | 6 | 0.18 | 13.3 | 0.32 | 3.3 | 0.09 |
| E(b) | 36 | 0.47 | 12.2 | 0.39 | 11.8 | 0.11 |
| Hojas | 1 | 6.13** | 27.3 | 0.79** | 48.5** | 0.44* |
| Muest*Hojas | 1 | 1.35 | 5.1 | 0.02 | 5.7 | 0.06 |
| Gen*Hojas | 6 | 0.72 | 7.8 | 0.17 | 4.0 | 0.11 |
| Muest*Gen*Hoja | 6 | 0.67 | 9.1 | 0.12 | 8.2 | 0.18* |
| E (c) | 42 | 0.40 | 8.6 | 0.12 | 6.1 | 0.08 |
| C.V. (%) | | 25.8 | 9.1 | 25.1 | 27.3 | 21.8 |

* Significativo al 0.05 de Probabilidad

** Significativo al 0.01 de Probabilidad

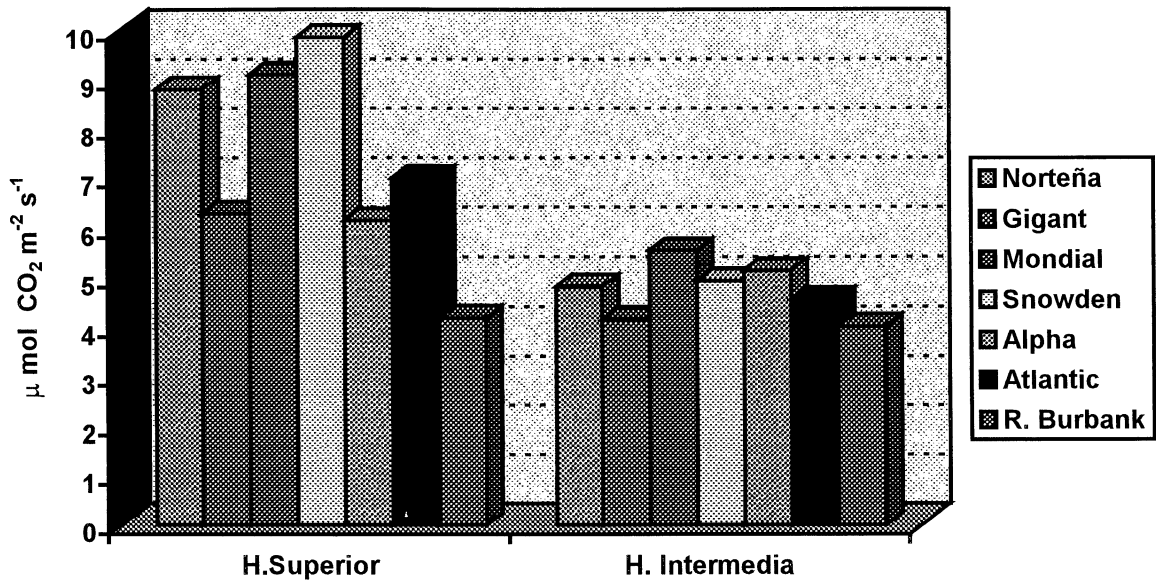


Figura 1.6. Fotosíntesis neta ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) en 2 posiciones de hoja, de 7 variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) a través de 2 muestreos. Promedio de 4 repeticiones.

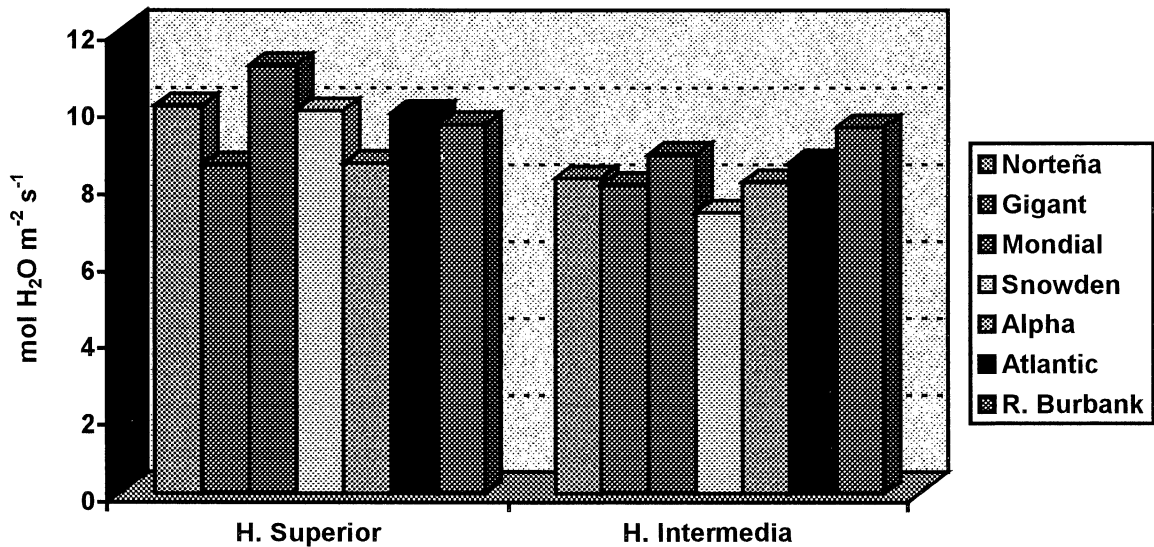


Figura 1.7. Transpiración ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) en dos posiciones de hojas, de 7 variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) a través de 2 muestreos. Promedio de 4 repeticiones.

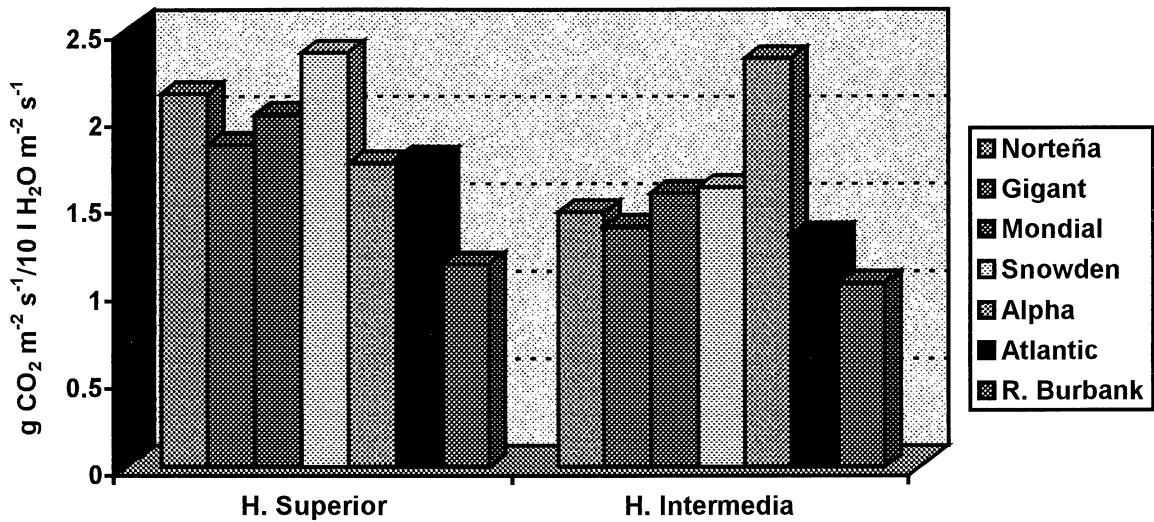


Figura 1.8. Uso eficiente del agua ($\text{g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1} / 10 \text{ l H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) en 2 posiciones de hoja, de siete variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) a través de 2 muestreos. Promedio de 4 repeticiones.

Caso contrario el genotipo Norteña, que con un nivel intermedio de Fotosíntesis y UEA, fue el más rendidor, lo que indica una alta eficiencia en la traslocación y acumulación de fotosintetizados (Gawronska *et al.*, 1990). Mora y Ortiz (2,000) también encontraron mayor valor de Fotosíntesis ($12 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) en el genotipo Norteña, evaluado en condiciones de temporal en los valles altos de Toluca, México (aproximadamente 1000 km al sur del lugar de la presente evaluación). Bowden *et al.*, (1991) y Bethenod *et al.*, (1991) han estudiado la fisiología de la papa en relación a la incidencia de enfermedades y el Uso Eficiente del Agua, resaltando la gran capacidad de adaptación de algunos genotipos de papa. Los mismos resultados se encontraron en el presente trabajo.

En el Cuadro 1.5, se presenta el análisis de varianza para 6 parámetros fisiotécnicos, además del Area Foliar y Peso Seco Total, encontrándose diferencias ($p < 0.01$) para todas las variables en estudio, para la fuente de variación de muestreos, y para la RAF y

el IAF, en genotipos la interacción muestreos por genotipos, reflejando la influencia que presentan los factores ambientales, a lo largo del ciclo del cultivo, con la expresión fisiológica de los genotipos en su acumulación de area foliar y peso seco (Li, 1985, Padrón *et al.*, 2000).

La TAC mostró diferencias ($p < 0.01$) entre muestreos, no así entre genotipos ni en la interacción. En la Figura 1.9, se presentan las tendencias de los 7 genotipos para la TAC, siendo mejores los genotipos Russet Burbank y Norteña, en el 4° intervalo de muestreo. La TAC es el incremento de material de la planta por unidad de tiempo

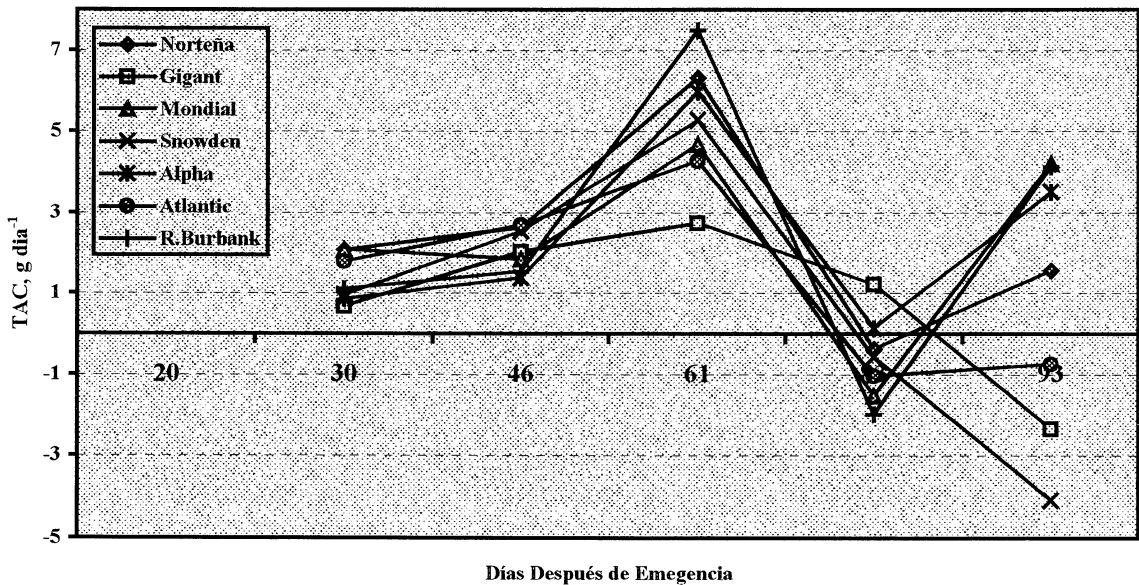


Figura 1.9. Tasa Absoluta de Crecimiento (TAC) de 7 Genotipos de Papa (*Solanum tuberosum* L.) Considerando 6 Muestreos.

(Valverde y Sáenz, 1985). Esta tasa es la que indica la velocidad de crecimiento del cultivo, en $g\ dia^{-1}$. De las variedades en estudio, Gigant y Snowden mostraron el menor comportamiento. Para el 5° intervalo de muestreo, todos los genotipos

Cuadro 1.5. Análisis de Varianza (Cuadrados Medios) de Parámetros Fisiotécnicos del Análisis de Crecimiento en siete genotipos de papa (*Solanum tuberosum* L.).

| F.V. | G.L. | Area Foliar | Peso Seco Total | TAC | TCR | TCRF | RAF | IAF | TAN |
|--------------|---------|-------------|-----------------|--------|-------|--------|----------|---------|--------|
| Repetición | 3 | 12.49 | 7.17 | 0.087 | 0.023 | 0.01 | 5.56 | 1.86 | 0.28 |
| Muestreo(A) | 5(4) | 703.51** | 938.94** | 1.04** | 0.8** | 0.13** | 361.23** | 90.15** | 3.41** |
| E(a) | 15(12) | 7.25 | 11.53 | 0.135 | 0.03 | 0.01 | 1.84 | 0.56 | 0.21 |
| Genotipos(B) | 6 | 41.10** | 72.78** | 0.082 | 0.011 | 0.0038 | 45.99** | 4.97** | 0.17 |
| AXB | 30(24) | 14.12** | 15.35** | 0.097 | 0.035 | 0.01 | 4.45** | 1.22** | 0.26 |
| E(b) | 108(90) | 6.70 | 8.33 | 0.087 | 0.022 | 0.01 | 1.42 | 0.59 | 0.17 |
| C.V. (%) | | 13.67 | 15.67 | 5.24 | 1.48 | 3.24 | 9.24 | 20.75 | 11.85 |

** Significativo al 0.01 de Probabilidad

() corresponden a los G.L. de los parámetros del Análisis de Crecimiento.

TAC= valores transformados $(x + 5)^{1/2}$

TCR = valores transformados $(x + 1)^{1/2} \times 100$

TCRF = valores transformados $(x + 5)^{1/2} \times 10$

RAF = valores transformados $(x / 100)$

TAN = valores transformados $(x + 0.099)^{1/2} \times 100$

mostraron un pronunciado decremento causado por la senescencia de las hojas inferiores, estimulando esta caída, al parecer, el crecimiento de más ramas y hojas para el siguiente muestreo, a excepción de los genotipos Gigant y Snowden.

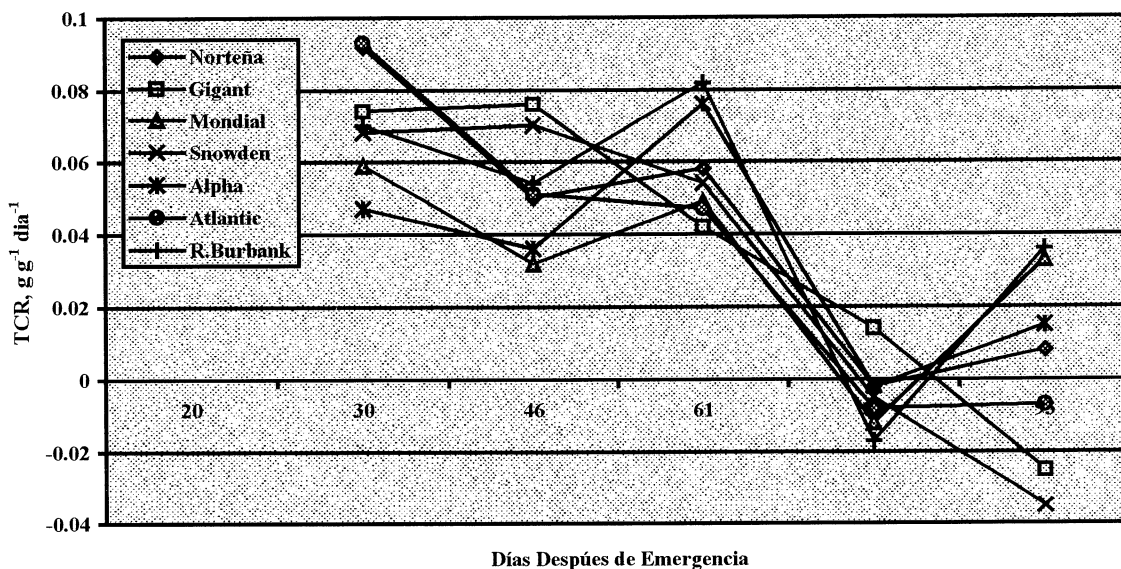


Figura 1.10 Tasa de Crecimiento Relativo (TCR) de Siete Genotipos de Papa (*Solanum tuberosum* L.) Considerando 6 Muestras.

La TCR mostró diferencias significativas ($p < 0.01$) para las fuentes de variación de muestreos. En la Figura 1.10, se presenta la TCR para los 7 genotipos en estudio, en $g\ g^{-1}\ día^{-1}$, donde el intervalo de muestreo 1 es el de mayor valor, mostrando la mejor respuesta el genotipo Nortena y Atlantic. Los demás genotipos tuvieron un comportamiento muy similar, siendo los genotipos Gigant y Snowden los que menor comportamiento mostraron a lo largo del ciclo del cultivo. Este parámetro proporciona una integración conveniente del desarrollo combinado de varias partes de la planta (Hunt, 1990); es útil especialmente cuando hay necesidad creciente para comparar especies y diferentes tratamientos sobre bases uniformes. Este parámetro indica la

acumulación de biomasa presente, por unidad de biomasa producida, por unidad de tiempo, similar a la tasa de interés compuesto, financieramente hablando.

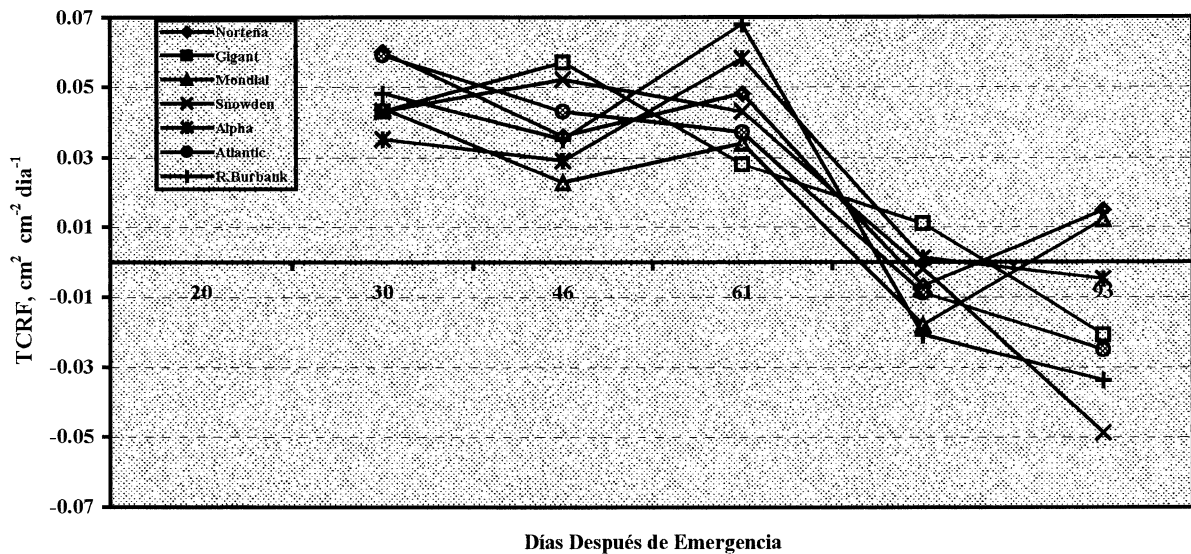


Figura 1.11. Tasa de Crecimiento Relativo Foliar (TCRF), de 7 Genotipos de Papa (*Solanum tuberosum* L.) considerando 6 Muestras.

La TCRF mostró diferencias significativas ($p < 0.01$) entre muestreos, significando lo anterior, que la variación fue marcada considerando los promedios para cada intervalo de muestreo, no así en la combinación de tratamientos. En la Figura 1.11, se presenta la TCRF, considerando el tamaño presente del sistema asimilatorio, por unidad producida anteriormente, por unidad de tiempo ($cm^2 cm^{-2} t^{-1}$), siguiendo una tendencia un tanto similar a la TRC, presentando un mayor pico en el 4° intervalo de muestreo, lo que no hace la TRC, indicando un mayor desarrollo y extensión del follaje en etapas de crecimiento vegetativo activo, disminuyendo el desarrollo acelerado, una vez que se inicia la tuberización y llenado del tubérculo, para volver a incrementar la

acumulación foliar entre el 5° y 6° muestro, una vez que terminó el llenado acelerado del tubérculo, a excepción de los genotipos Snowden y Russet Burbank.

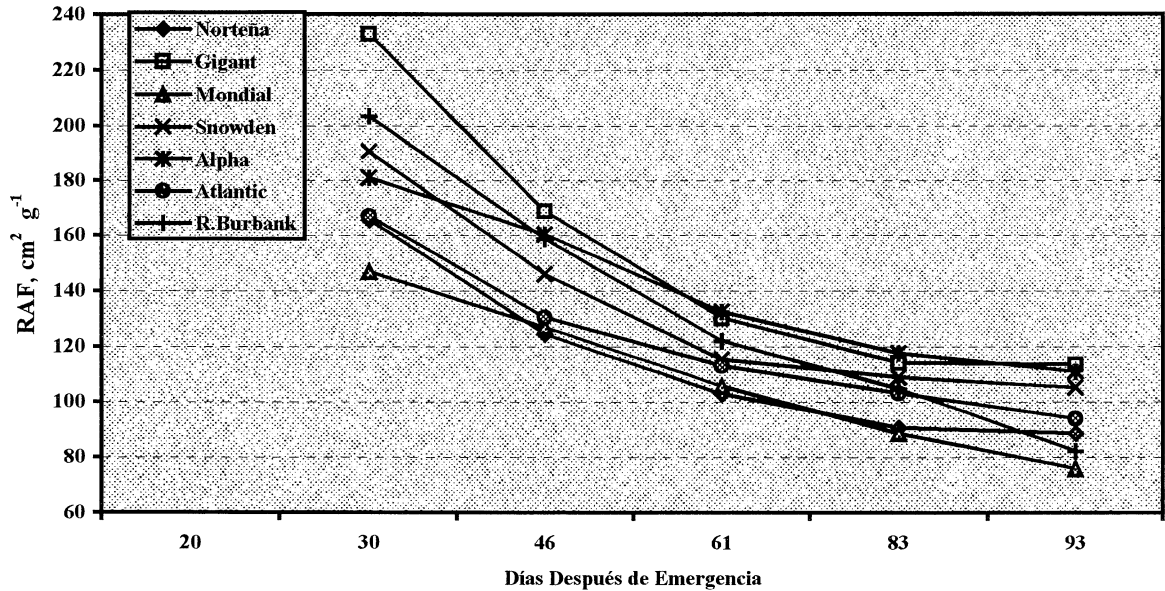


Figura 1.12. Relación de Area Foliar (RAF), en 7 Genotipos de Papa (*Solanum tuberosum* L.) Considerando 6 Muestras.

La RAF mostró diferencias significativas ($p < 0.01$) en las fuentes de variación de muestreos, genotipos y la interacción; lo anterior significa que existe considerable variación para los genotipos en cada intervalo de muestreo, y esta tendencia se mantiene a lo largo del ciclo vegetativo. En la Figura 1.12, se presenta la RAF, en $cm^2 g^{-1}$, siendo mejores los genotipos Mondial, Russet Burbank y Nortena, mostrando todos los genotipos un marcado descenso desde el primer intervalo de muestreo, reflejando una pronunciada pérdida del peso del sistema asimilatorio, en relación al peso de ramas y tallos. Fakorede y Mock (1980) utilizaron la TRCF y RAF, en la evaluación de ciclos de

selección en maíz, encontrando una tendencia similar, aunque en la TRCF encontraron valores negativos a partir del 4° muestreo, hasta el 7° y último muestreo, considerando este parámetro muy útil para explicar la selección indirecta que los mejoradores de maíz han realizado en los ciclos de selección recurrente, al considerar solamente el rendimiento, y que de manera gradual han aumentado las características de mayor eficiencia en el crecimiento y desarrollo.

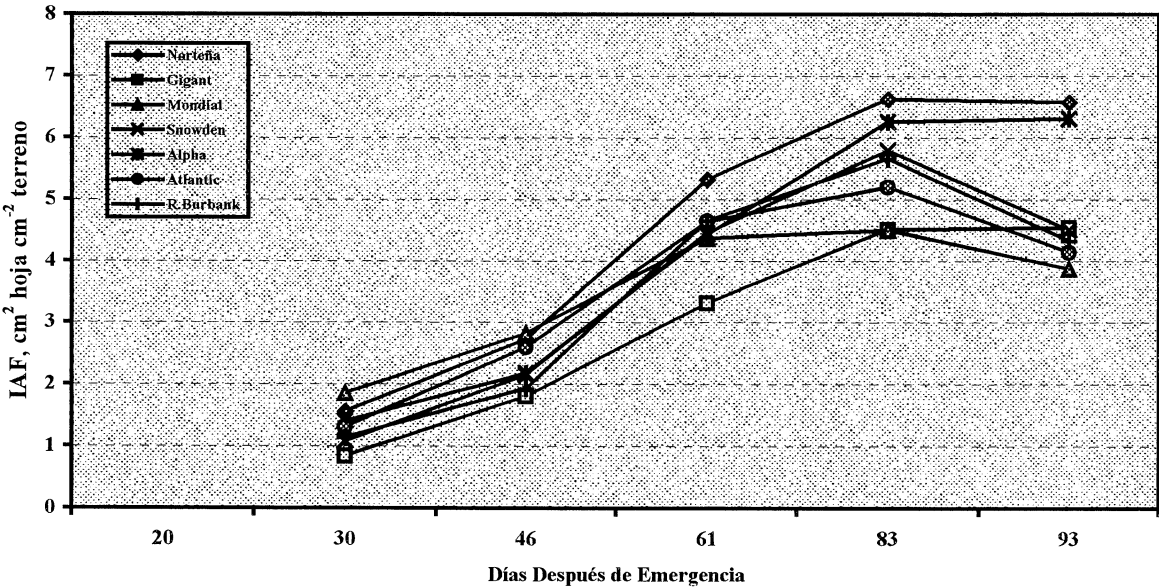


Figura 1.13. Índice de Area Foliar (IAF) de 7 Genotipos de Papa (*Solanum tuberosum* L.) Considerando 6 Muestras.

El IAF mostró diferencias significativas ($p < 0.01$) para las fuentes de variación de muestreos, genotipos y la interacción genotipos por muestreos, reflejando la variabilidad de los genotipos en el ciclo del cultivo, en su acumulación de área foliar, respecto al área de terreno que ocupa la planta. En la Figura 1.13, se observa la tendencia del IAF, presentando el genotipo Norteña el mejor nivel en el 4° y 5° intervalo de muestreo, con un valor cercano a 7, seguido por el Alpha y Snowden con valores cercanos a 6. La

menor tendencia la mostró, en general, el genotipo Gigant. Hay y Walker (1989) reportan valores de IAF que van desde 3 hasta 8 en distintas variedades de papa en Inglaterra, enfatizando la necesidad de evaluar en diferentes localidades y años, puesto que el área foliar se ve afectada por enfermedades y granizadas. Así mismo, menciona que se ha encontrado poca ventaja en el rendimiento en altos IAF, debido a que los estratos medios e inferiores no reciben suficiente luz para la función fotosintética.

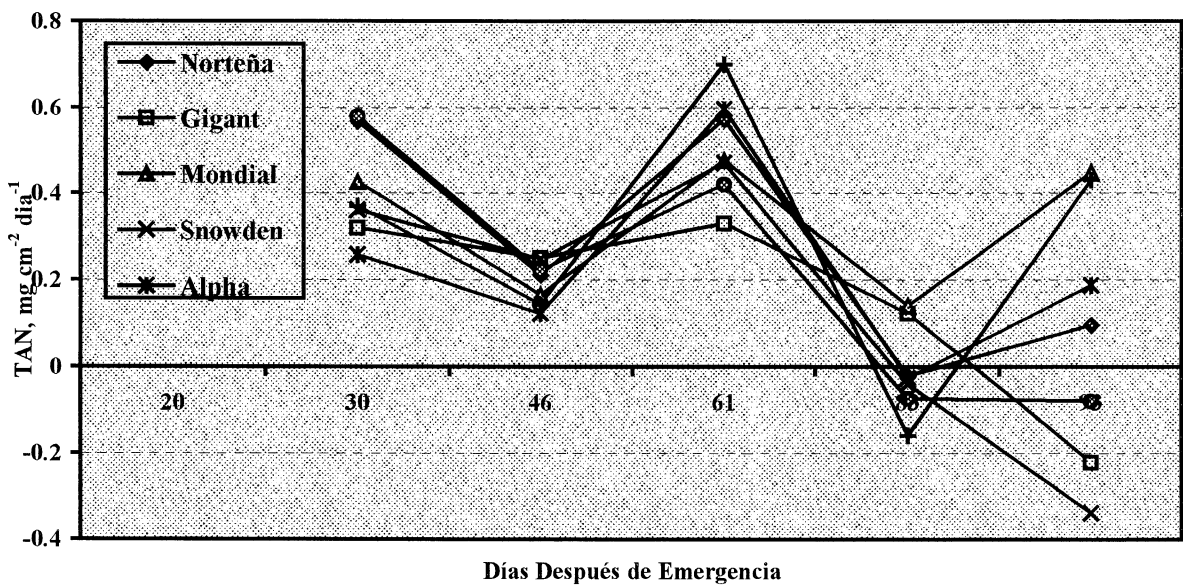


Figura 1.14. Tasa de Asimilacion Neta (TAN), Para 7 Genotipos de Papa (*Solanum tuberosum* L.) Considerando 6 Muestras.

La TAN mostró diferencias significativas ($p < 0.01$) para la fuente de variación de intervalo de muestreo, siendo el Análisis de Varianza insensible para detectar las diferencias entre genotipos y la interacción, que se presentan en la figura 1.14, debido, al parecer, por insuficiente tamaño de muestra o de repeticiones, presentando variación intraparcela. Siendo el presente un experimento exploratorio (Steel and Torrie, 1980) es

necesario calcular la TAN con mayor tamaño de muestra y con muestreos con menor intervalo de tiempo (Radford, 1967). En la Figura 1.14, se presenta la TAN para los 7 genotipos, en donde se observa un patrón muy similar para los genotipos, presentando una TAN superior el genotipo Russet Burbank, en el 3^{er} intervalo de muestreo, seguido por el Mondial, Alpha y Norteña. Los menores valores los presentaron el Snowden, Mondial y Atlantic. Tapia *et al.*, (2000) también encontraron la TAN con variaciones entre genotipos, siendo este parámetro útil para diferenciar genotipos eficientes, al reflejar la biomasa producida por unidad de área foliar por unidad de tiempo, siendo una medida indirecta de la eficiencia fotosintética de los genotipos.

El análisis de crecimiento involucra características complejas, muestreo destructivo de plantas a intervalos de tiempo durante la temporada de crecimiento, consumiendo tiempo y recursos con una aplicación muy limitada en fitomejoramiento de papa (Khedher y Ewing, 1985; Rechcigl, 1982 y Manrique y Batholomew, 1991).

En el Cuadro 1.6, se presenta la matriz de correlaciones simples de las variables analizadas, con el rendimiento, así como todas las variables entre sí. Entre las correlaciones más importantes, de las variables morfológicas, se encontró alta correlación con PSH, y con ALT, aunque para ésta no fue significativa, debido al tamaño de muestra reducido. Lo anterior nos indica que plantas más altas, con mayor cobertura y número de tallos, no son las de más rendimiento. Con las variables agroclimáticas, no se encontró correlación significativa. De las variables fisiológicas, sólo se encontró correlación significativa con CLORO, y ésta, a su vez, tuvo la correlación más alta, entre todas las variables analizadas, con FOTO. Crosbie y Pearce (1982), así como Mehta y Sarkar (1992) enfatizan la importancia de realizar las correlaciones con rendimiento desde el inicio de estudios de introducción de genotipos

para siembra extensiva o para ser usados en programas de mejoramiento, puesto que seleccionar por alta o baja fotosíntesis, no asegura que exista mayor acumulación de fotosintetizados en los órganos de importancia económica. En papa, en el presente estudio, el RDTO sólo mostró correlación alta y positiva con PSH, es decir, con la biomasa fotosintética.

Al realizar el ACP, en el Cuadro 1.7, se muestra que el componente 1, explica el 39.4% de la varianza, el componente 2, explica el 25.8% de la variación, y hasta el componente 3, con un 14.0%, se explica el 79 por ciento de la varianza total. En el Cuadro 1.8 y Figura 1.15, se muestran las variables analizadas y su contribución relativa de los tres Componentes Principales, siendo las variables morfológicas las que más contribuyen a la variación en el Componente 1, así como la DFFF, por lo que se puede llamar "Componente de Vigor e Intercepción de Luz".

Al comparar el cuadro de correlaciones y el de la contribución relativa de las variables a los componentes principales (Cuadros 1.6 y 1.8), se puede observar que de 24 correlaciones, se reduce a 12 correlaciones, y de las morfológicas, se reduce también de 12 a 6 correlaciones. Sin embargo, la variables RDTO tiene correlación alta, aunque no significativa (debido a 5 grados de libertad, por ser 7 genotipos) con ALT, NTAL, PFT y PST, las cuales, junto con PSH (con la que si se encontró correlación alta y positiva) constituyen prácticamente la biomasa total, por lo que este componente, en general, detecta las plantas más vigorosas, con más número de tallos, que interceptan mayor radiación fotosintéticamente activa, y de mayor rendimiento. Por lo que respecta al Componente 2, las más importantes son las variables fisiológicas, de CLORO y

Cuadro 1.6. Correlaciones fenotípicas entre las variables morfológicas, rendimiento, agroclimáticas y fisiológicas, en 7 genotipos de papa (*Solanum tuberosum* L.).

| | ALT | COB | NTAL | PFH | PSH | PFT | PST | RDTO | CLORO | EHAZ | EENV | DFFF | TAIR | THOJA | CO2 | HR | FOTO | CE | TRANS | UEA |
|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|
| ALT | 1.000 | 0.785* | 0.827* | 0.682 | 0.773* | 0.937* | 0.851* | 0.700 | 0.376 | 0.561 | 0.396 | 0.690 | 0.472 | -0.032 | -0.123 | -0.158 | -0.226 | 0.165 | 0.508 | -0.414 |
| COB | | 1.000 | 0.775* | 0.846* | 0.273 | 0.814* | 0.554 | 0.147 | -0.087 | 0.411 | 0.321 | 0.838* | 0.593 | 0.312 | 0.098 | -0.177 | -0.367 | 0.414 | 0.620 | -0.604 |
| NTAL | | | 1.000 | 0.847* | 0.461 | 0.935* | 0.699 | 0.576 | 0.431 | 0.615 | 0.324 | 0.728 | 0.647 | -0.015 | -0.233 | -0.087 | -0.278 | 0.484 | 0.648 | -0.514 |
| PFH | | | | 1.000 | 0.164 | 0.773* | 0.696 | 0.183 | 0.128 | 0.228 | 0.140 | 0.808* | 0.669 | -0.043 | -0.304 | 0.034 | -0.225 | 0.738 | 0.811* | -0.520 |
| PSH | | | | | 1.000 | 0.656 | 0.696 | 0.847* | 0.432 | 0.366 | 0.119 | 0.368 | 0.276 | -0.070 | -0.009 | -0.363 | -0.175 | -0.371 | -0.053 | -0.158 |
| PFT | | | | | | 1.000 | 0.795* | 0.631 | 0.392 | 0.543 | 0.247 | 0.729 | 0.561 | 0.040 | -0.160 | -0.294 | -0.205 | 0.297 | 0.511 | -0.403 |
| PST | | | | | | | 1.000 | 0.667 | 0.523 | 0.197 | 0.123 | 0.532 | 0.344 | -0.431 | -0.529 | -0.010 | 0.090 | 0.372 | 0.584 | -0.123 |
| RDTO | | | | | | | | 1.000 | 0.811* | 0.624 | 0.387 | 0.144 | 0.119 | -0.396 | -0.337 | 0.009 | 0.031 | -0.101 | 0.189 | -0.030 |
| CLORO | | | | | | | | | 1.000 | 0.485 | 0.363 | -0.234 | -0.236 | -0.754 | -0.746 | 0.317 | 0.497 | 0.261 | 0.363 | 0.371 |
| EHAZ | | | | | | | | | | 1.000 | 0.834* | 0.192 | 0.140 | 0.037 | 0.054 | 0.192 | -0.237 | 0.031 | 0.350 | -0.354 |
| EENV | | | | | | | | | | | 1.000 | -0.007 | -0.147 | -0.174 | -0.057 | 0.596 | -0.054 | 0.147 | 0.510 | -0.218 |
| DFFF | | | | | | | | | | | | 1.000 | 0.919* | 0.428 | 0.242 | -0.332 | -0.688 | 0.239 | 0.388 | -0.828* |
| TAIR | | | | | | | | | | | | | 1.000 | 0.456 | 0.291 | -0.333 | -0.806* | 0.156 | 0.215 | -0.875* |
| THOJA | | | | | | | | | | | | | | 1.000 | 0.928* | -0.640 | -0.714 | -0.435 | -0.437 | -0.570 |
| CO2 | | | | | | | | | | | | | | | 1.000 | -0.495 | -0.724 | -0.669 | -0.583 | -0.516 |
| HR | | | | | | | | | | | | | | | | 1.000 | 0.262 | 0.469 | 0.566 | 0.094 |
| FOTO | | | | | | | | | | | | | | | | | 1.000 | 0.278 | 0.121 | 0.937* |
| CE | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1.000 | 0.878* | -0.038 |
| TRANS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1.000 | -0.230 |
| UEA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1.000 |

* = significativos al 0.05 de probabilidad.

Cuadro 1.7. Análisis de componentes principales (Eigenvalores) entre variables morfológicas, agroclimáticas, fisiológicas y rendimiento, en 7 genotipos de papa (*Solanum tuberosum* L.)

| Valor | Eigenvalor | % Varianza Total | Eigenval. Acum. | % Acumulado |
|-------|------------|------------------|-----------------|-------------|
| 1 | 7.872 | 39.360 | 7.872 | 39.360 |
| 2 | 5.150 | 25.755 | 13.023 | 65.115 |
| 3 | 2.800 | 14.003 | 15.823 | 79.118 |
| 4 | 2.035 | 10.177 | 17.859 | 89.295 |
| 5 | .874 | 4.369 | 18.733 | 93.664 |

Cuadro 1.8. Contribución relativa de cada variable en los 3 primeros componentes principales en 7 genotipos de papa (*Solanum tuberosum* L.).

| Variable | Componentes Principales | | |
|----------|-------------------------|--------------|--------------|
| | Componente 1 | Componente 2 | Componente 3 |
| ALT | .906* | .043 | .273 |
| COB | .828* | -.245 | -.241 |
| NTAL | .937* | .049 | -.021 |
| PFH | .847* | .013 | -.451 |
| PSH | .551 | .013 | .758* |
| PFT | .922* | .008 | .177 |
| PST | .777* | .345 | .138 |
| RDTO | .567 | .381 | .671* |
| COLORO | .331 | .793* | .367 |
| EHAZ | .561 | .117 | .304 |
| EENV | .369 | .299 | .049 |
| DFFF | .793* | -.506 | -.179 |
| TAIR | .654 | -.581 | -.158 |
| THOJA | -.007 | -.930* | .025 |
| CO2 | -.167 | -.892* | .191 |
| HR | -.050 | .599 | -.411 |
| FOTO | -.340 | .808* | -.005 |
| CE | .403 | .446 | -.751 |
| TRANS | .657 | .448 | -.546 |
| UEA | -.576 | .651 | .186 |

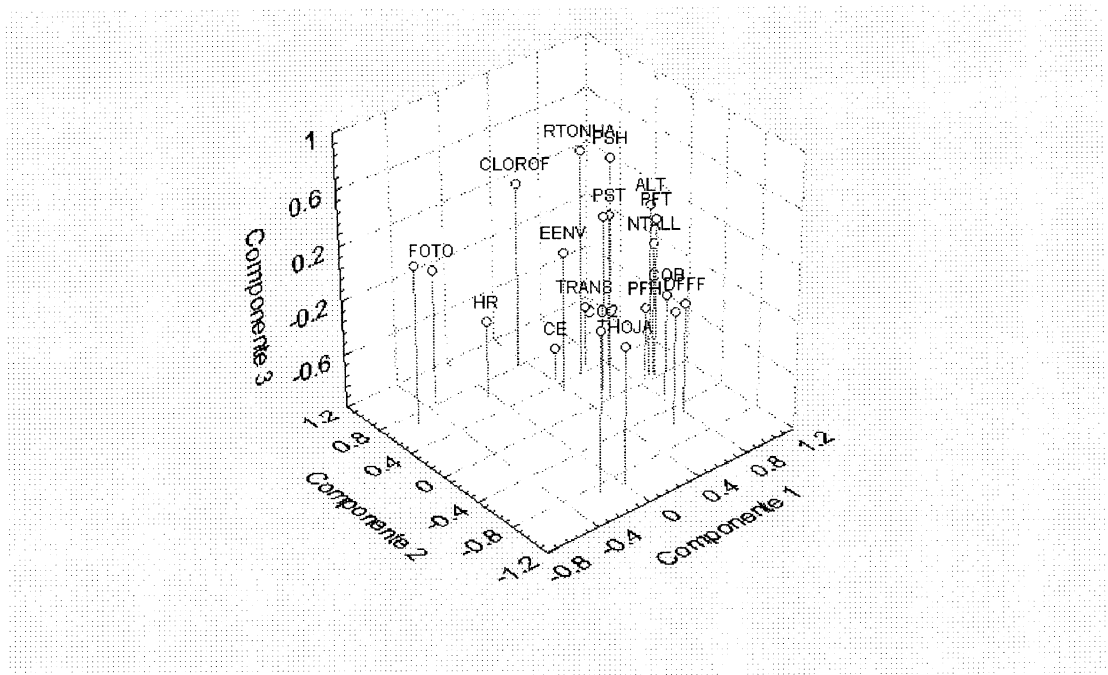


Figura 1.15. Posición de las variables analizadas en los 3 Componentes Principales, en 7 genotipos de papa (*Solanum tuberosum* L.).

FOTO, en sentido positivo, y THOJA y CO₂, en sentido negativo, por lo que se puede llamar "Componente de Eficiencia Fotosintética", reflejando la adaptación genotípica de la papa a temperaturas templadas y noches frescas. En el componente 3, las variables que más contribuyen a la variación, son RDTO y PSH, y en sentido inverso, CE y TRANS, por lo que se puede llamar "Componente de Rendimiento y Sistema Asimilatorio", reflejando también la adaptación genotípica a mayor transpiración, con mayor apertura estomatal, en temperaturas altas, permitiendo esta técnica precisar la contribución de las variables a los Componentes Principales y su relación con la varianza explicada (Ghawas, 1985).

En el Cuadro 1.9, se presenta el comportamiento (positivo y negativo) de cada genotipo de papa para cada uno de los 3 Componentes Principales, considerando con

mayor contribución las variables significativas (Judez, 1989). El genotipo Norteña, presenta valores positivos en los 3 Componentes Principales, sobre todo en el 3, que es el de rendimiento, siendo los genotipos Gigant y Snowden los que presentan valores más negativos, como se observa en la Figura 1.16, con esta perspectiva tridimensional, es la más notoria la superioridad del genotipos Norteña. Helachkar (1990) también encontró superioridad del genotipo Norteña, aunque evaluó atributos de rendimiento, morfológicos y de análisis de crecimiento.

Cuadro 1.9. Comportamiento de 7 genotipos de papa (*Solanum tuberosum* L.) para tres Componentes Principales.

| Variedad | Componentes Principales | | |
|------------|-------------------------|--------|--------|
| | C 1 | C 2 | C 3 |
| Norteña | .842 | 1.057 | 1.700 |
| Gigant | -.765 | -1.575 | .188 |
| Mondial | .576 | .815 | -1.385 |
| Snowden | -1.869 | 1.043 | -.121 |
| Alpha | -.078 | -.690 | .786 |
| Atlantic | .260 | -.006 | -.714 |
| R. Burbank | 1.034 | -.645 | -.454 |

En la Figura 1.17, se presenta el comportamiento de los genotipos de papa en algunas variables fisiológicas que no se habían estudiado en la región. Destaca Snowden, con mejor Uso Eficiente del Agua, pero con bajo rendimiento. El genotipo Norteña, superior al testigo (Alpha) mostró el más alto rendimiento, aunque un Uso Eficiente del Agua intermedio, indicándonos, en éste caso, que puede presentar una relación fuente-demanda superior, con mayor tasa de acumulación de fotosintetizados en

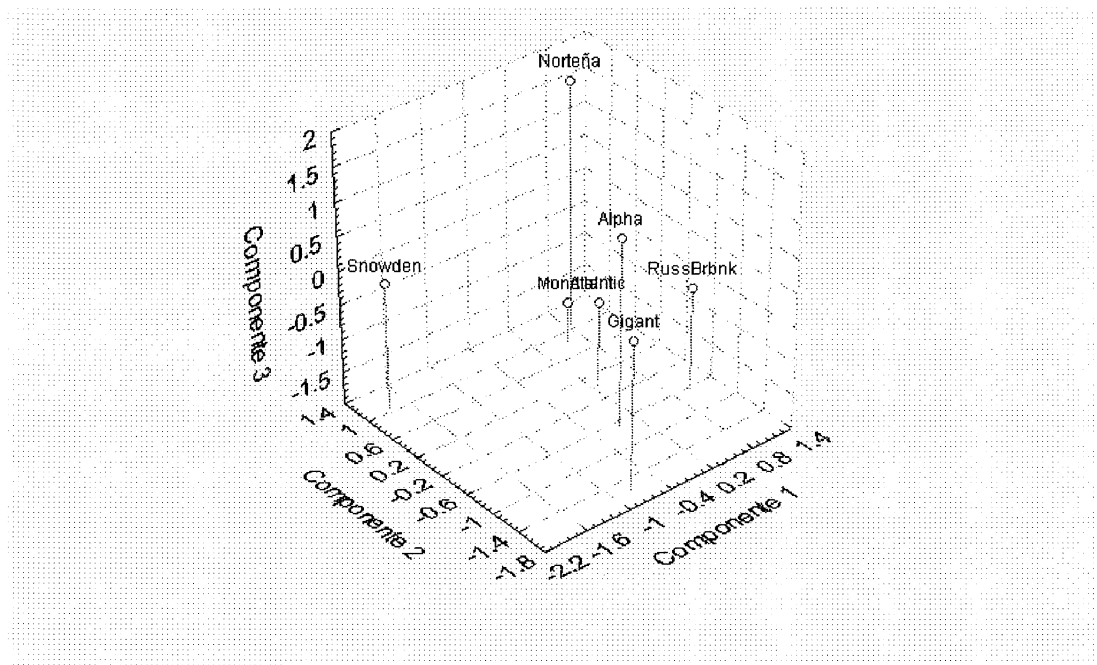


Figura 1.16. Posición de 7 genotipos de papa (*Solanum tuberosum* L.), considerando los 3 Componentes Principales.

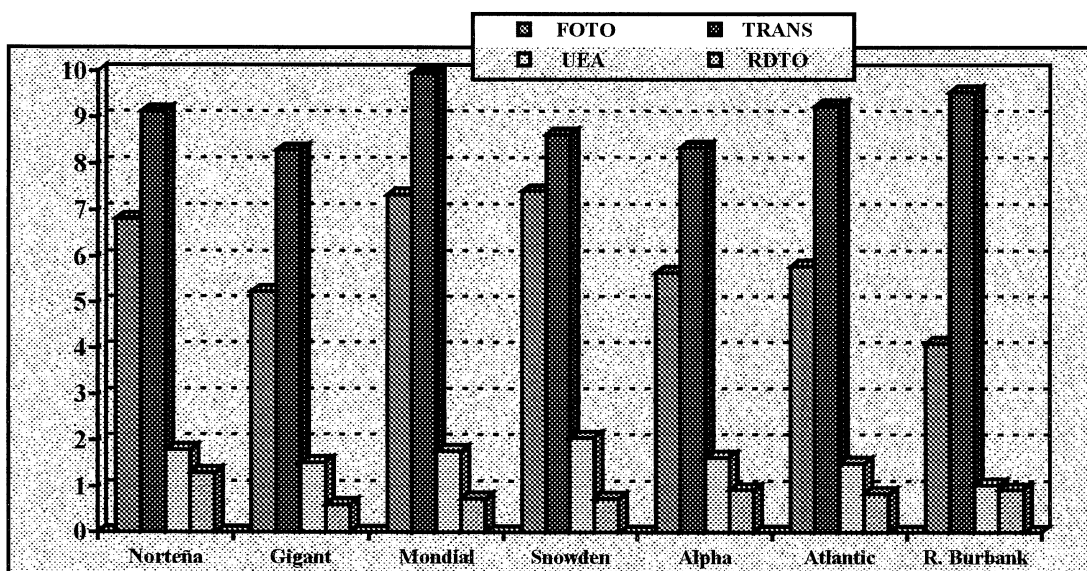


Figura 1.17. Comportamiento de 7 genotipos de papa (*Solanum tuberosum* L.) en las variables Fotosíntesis ($\mu\text{mol CO}_2\text{ m}^{-2}\text{ s}^{-1}$), Transpiración ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2}\text{ s}^{-1}$), Uso Eficiente del Agua y Rendimiento (kg pta^{-1})

el tubérculo que los demás genotipos, confirmando la importancia de realizar una evaluación integral, y con esta técnica de ACP.

En el cuadro 1.10, se presenta el análisis de varianza para regresión lineal múltiple y 5 variables de las de mayor relación, según el ACP; se encontró diferencia significativa ($p < 0.05$), presentándose en el Cuadro 1.11, el intercepto y los coeficientes de regresión correspondientes a cada variable considerada. En las Figuras 1.18 y 1.19, se presenta la posición de los 7 genotipos considerando 3 variables a la vez, siendo el genotipo Norteña el de mayor rendimiento, con una altura y cobertura de planta parecida a la de Russet Burbank y Mondial, presentando Snowden y Mondial mayor FOTO y UEA, pero de menor rendimiento, siendo estas 2 variedades, de menor eficiencia en la acumulación de fotosintetizados en órganos de importancia económica.

Cuadro 1.10. Análisis de varianza para regresión lineal múltiple entre el rendimiento en t ha⁻¹ y 5 variables en 7 genotipos de papa (*Solanum tuberosum* L.).

| | Suma de Cuadrados | G.L. | Cuadrados Medios | F Calc. | Nivel de Probab. |
|----------|-------------------|-------|------------------|---------|------------------|
| Regres. | 475.416 | 5.000 | 95.083 | 588.331 | 0.031 |
| Residual | 0.162 | 1.000 | 0.162 | | |
| Total | 475.577 | | | | |

Cuadro 1.11. Regresión lineal múltiple entre el rendimiento en t ha⁻¹ y 5 variables en 7 genotipos de papa (*Solanum tuberosum* L.).

| | β | Err.Std de β | t | Nivel de Probab. |
|----------|---------|--------------------|---------|------------------|
| Intercpt | 78.439 | 4.197 | 18.690 | 0.034 |
| ALT | 0.578 | 0.016 | 35.337 | 0.018 |
| COB | -0.945 | 0.042 | -22.405 | 0.028 |
| NTAL | 4.044 | 0.266 | 15.178 | 0.042 |
| DFFF | -0.031 | 0.003 | -8.953 | 0.071 |
| FOTO | -1.572 | 0.232 | -6.792 | 0.093 |

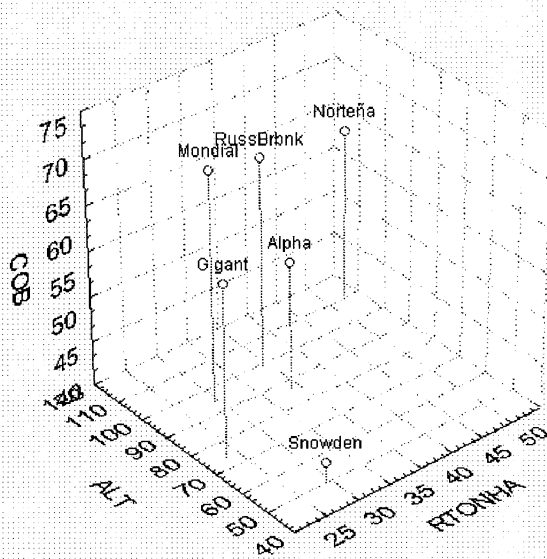


Figura 1.18. Posición de 7 genotipos de papa (*Solanum tuberosum* L.), considerando las variables RTONHA, ALT y COB

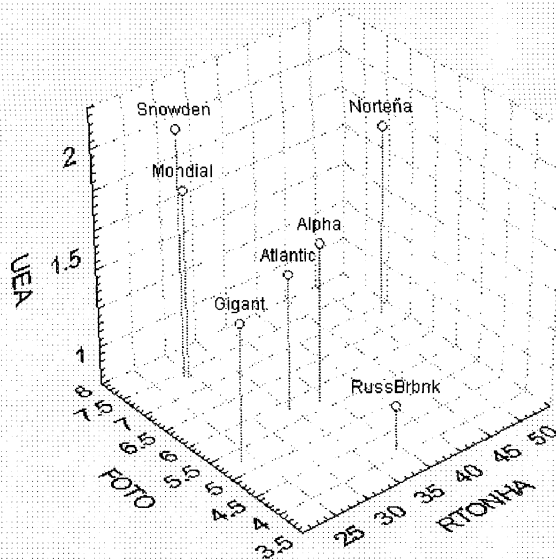


Figura 1.19. Posición de 7 genotipos de papa (*Solanum tuberosum* L.), considerando las variables RTONHA, FOTO y UEA .

En el Cuadro 1.12, se presentan las etapas sucesivas para el coeficiente de determinación múltiple, encontrando desde la tercera variable un ajuste lineal alto.

En el Cuadro 1.13 y Figura 1.20, se presentan los valores observados y predichos para el rendimiento, con la ecuación determinada por regresión lineal múltiple de 5 variables, encontrando un ajuste lineal casi completo, de $r^2 = 0.99$.

Cuadro 1.12. Etapas sucesivas en el coeficiente de correlación y coeficiente de determinación múltiple, entre el rendimiento en $t\ ha^{-1}$ y 5 variables en 7 genotipos de papa (*Solanum tuberosum* L.).

| | Multiple R | Multiple R ² | Cambio en R ² | F en Etapas | Nivel de Probab. |
|-------|------------|-------------------------|--------------------------|-------------|------------------|
| ALT | 0.700 | 0.490 | 0.490 | 4.807 | 0.272 |
| COB | 0.955 | 0.912 | 0.422 | 19.183 | 0.143 |
| NTALL | 0.986 | 0.972 | 0.060 | 6.565 | 0.237 |
| DFFF | 0.992 | 0.984 | 0.012 | 1.446 | 0.442 |
| FOTO | 1.000 | 1.000 | 0.016 | 46.125 | 0.093 |

Cuadro 1.13. Estadísticos de valores observados y valores predichos por regresión lineal múltiple entre el rendimiento en $t\ ha^{-1}$ y 5 variables en 7 genotipos de papa (*Solanum tuberosum* L.).

| | Valores Observad. | Valores Predichos | Residual | Des. Std Val. Pred. | Des. Std Residual | Err. Std Val. Pred. |
|-----------|-------------------|-------------------|----------|---------------------|-------------------|---------------------|
| Norteña | 52.000 | 51.921 | 0.079 | 1.939 | 0.196 | 0.394 |
| Gigant | 24.400 | 24.200 | 0.200 | -1.175 | 0.498 | 0.349 |
| Mondial | 29.400 | 29.488 | -0.088 | -0.581 | -0.220 | 0.392 |
| Snowden | 29.200 | 29.344 | -0.144 | -0.597 | -0.359 | 0.375 |
| Alpha | 36.800 | 36.660 | 0.140 | 0.225 | 0.349 | 0.377 |
| Atlantic | 33.600 | 33.536 | 0.064 | -0.126 | 0.159 | 0.397 |
| RussBrbnk | 37.200 | 37.451 | -0.251 | 0.314 | -0.623 | 0.314 |
| Mínimo | 24.400 | 24.200 | -0.251 | -1.175 | -0.623 | 0.314 |
| Máximo | 52.000 | 51.921 | 0.200 | 1.939 | 0.498 | 0.397 |
| Media | 34.657 | 34.657 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.371 |
| Mediana | 33.600 | 33.536 | 0.064 | -0.126 | 0.159 | 0.377 |

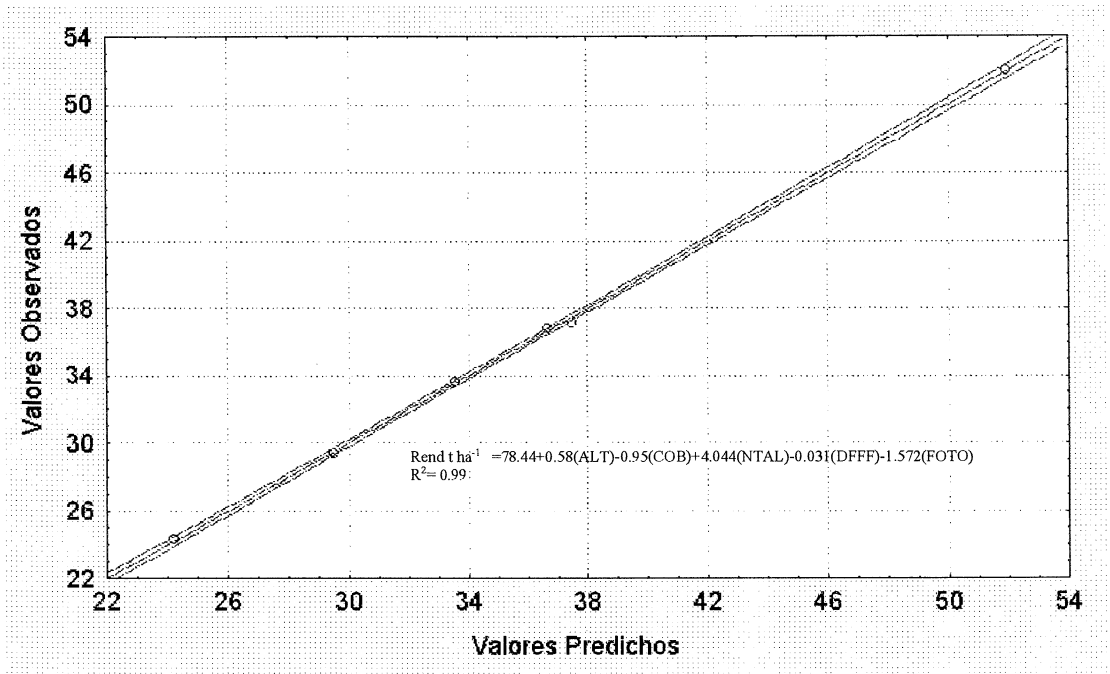


Figura 1.20. Valores observados y predichos por regresión lineal múltiple, en 7 genotipos de papa (*Solanum tuberosum* L.).

CONCLUSIONES

- Se encontraron diferencias en el potencial de adaptación, medido por su rendimiento y características morfológicas y fisiológicas, entre las variedades en estudio.
- Existe alta variación en las características morfológicas y fisiológicas entre las variedades en estudio, siendo menor entre las variables agroclimáticas y fisiológicas.
- Los índices de eficiencia del análisis de crecimiento que mejor utilidad tienen son el IAF, TCR y la TAN.
- Los genotipos de papa más eficientes son el Norteña y el Russet Burbank.
- Existe alta correlación de Peso seco de Hojas y Concentración de Clorofila con el Rendimiento en papa; con las variables morfológicas de Altura de planta y Peso seco de tallos son altos valores, aunque no significativos. De las variables agroclimáticas, DFFF estuvo correlacionada con variables morfológicas.
- Los Componentes Principales de variación en papa, son los que determinan "Componente de Vigor e Intercepción de Luz", "Componente de Eficiencia Fotosintética" y "Componente de Rendimiento y Sistema Asimilatorio"
- El mejor genotipo considerando todas las variables evaluadas por el análisis multivariado, fue el Norteña, seguido del Russet Burbank, Alpha y Atlantic.
- El Análisis de Componentes Principales redujo el número de variables de 20, a 5, para detectar los genotipos más sobresalientes.

- Se determinó una ecuación de regresión lineal múltiple incluyendo las variables ALT, COB, NTAL, DFFF y FOTO, que explica el rendimiento con $r^2 = 0.99$.

LITERATURA CITADA

- Baker, R.J. 1994. Breeding Methods and Selection Indices for Improved Tolerance to Biotic and Abiotic Stress in Cool Season Food Legumes. *Euphytica*. 73:67-72.
- Beadle, C.F. 1988. Análisis del crecimiento vegetal. En: Coombs, J., D.O. Hall, S.P. Long y J.M. Scurlock (Eds.). Técnicas en fotosíntesis y bioproductividad. Colegio de postgraduados. Chapingo, Edo. de México, México.
- Bethenod, O., J.P. Lhomme, N. Katerji, P. Quetin, and J.M. Bertolini. 1991. Water Use Efficiency of Potato (*Solanum tuberosum* L.), 2: Application to a Crop Photosynthesis Model. *Photosynthetica* 25(4):545-555.
- Bowden, R.L., D.I. Rouse, and T.D. Sharkey. 1991. Mechanism of Photosynthesis Decrease by *Verticillium dahliae* in Potato. *Plant Physiol.* 94:1048-1055.
- Broschat, T.K. 1979. Principal Component in Horticultural Research. *Hort Sci.* 14(2):114-117.
- Crosbie, T.M., and R.B. Pearce. 1982. Effects of Recurrent Phenotypic Selection for High and Low Photosynthesis on Agronomic Traits in Two Maize Populations. *Crop Sci.* 22:809-813.
- Dwelle, R.B., G.E. Kleinkopf, and J.J. Pavek. 1981. Stomatal Conductance and Gross Photosynthesis of Potato (*Solanum tuberosum* L.) as influenced by Irradiance, Temperature, and Growth Stage. *Potato Res.* 24:49-59.
- Dwelle, R.B., G.E. Kleinkopf, R.K. Steinhorst, J.J. Pavek, and P.J. Hurley. 1981. The Influence of Physiological Processes on Tuber Yield of Potato Clones (*Solanum tuberosum* L.): Stomatal Diffusive Resistance, Stomatal Conductance, Gross Photosynthetic Rate, Leaf Canopy, Tissue Nutrient Levels, and Tuber Enzyme Activities. *Potato Res.* 24:33-47.
- Evans, L.T. 1980. *Crop Physiology*. Second Edition. Cambridge University Press. London. U.K.
- Fakorede, M.A.B., and J.J. Mock. 1980. Growth Analysis of Maize Variety Hybrids from Two Recurrent Selection Programmes for Grain Yield. *New Phytol.* 85:393-408.

- Fariás, F.J.M., Thomas, N. y H.M. Quiroga. 1983. Utilización del análisis de componentes principales en la selección de líneas y variedades introducidas de Ballico anual (*Lolium multiflorum* L.). Agricultura Técnica en México 9(2): 125-140.
- Frey, K.J. 1981. Plant Breeding II. The Iowa State University Press. Ames, Iowa. U.S.A.
- Gawronska, H., R.B. Dwelle, and J.J. Pavek. 1990. Partitioning of Photoassimilates By Potato Plants (*Solanum tuberosum* L.) as Influenced by Irradiance: II. Partitioning Patterns by Four Clones Grown Under High and Low Irradiance. American Potato Journal. 67:163-177.
- Ghawas, E.A. 1985. Analysis of Components of Plant Yield Variation in Maize. Maize Abstracts 1(1):16.
- Godshalk, B.E. and H.D. Timothy. 1988. Factor and Principal Component Analysis as Alternatives to Index Selection. Theor. Appl. Genet. 76:352-360.
- Gunther, J.F., A.E. Levi, and B.H. Lin. 1991. Factors that Affect the Demand for Potato Products in the United States. American Potato Journal. 68:569:579.
- Hay, R.K.M., and A.J. Walker. 1989. An Introduction to the Physiology of Crop Yield. Longman Scientific & Technical. New York. USA.
- Helachkar, J.S.H. 1990. Evaluación de Genotipos de Papa (*Solanum tuberosum* L.) por el Método de Análisis de Componentes Principales en Diferentes Localidades en el Sur de Coahuila y Nuevo León. Tesis Profesional, Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", Saltillo, Coahuila, México.
- Hunt, R. 1990. Basic Growth Analysis. By Unwin Hyman Ltd. Cambridge University Press, England. 112 p.
- Iritani, W.M. 1991. Advances in Potato Physiology from 1916 to 1991. American Potato Journal. 68: 231-232.
- Jeréz, E., W. Torres y A. Estevéz. 2000. Crecimiento y Desarrollo de Nuevas Variedades de Papa Introducidas en la Producción. Memorias, XIX Congreso de la Asociación Latinoamericana de Papa. 28 Febrero-3 Marzo del 2000. La Habana, Cuba. Pp 138
- Judez, A.L. 1989. Técnicas de Análisis de Datos Multidimensionales. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España.
- Khedher, B.M., and E.E. Ewing. 1985. Growth Analysis of Eleven Potato Cultivars Grown in the Greenhouse under Long Photoperiods With and Without Heat Stress. American Potato Journal. 62:537-554.

- Li, P.H. 1985. *Potato Physiology*. Academic Press Inc. Harcourt Brace Jovanovich, Publishers. U.S.A.
- Li-Cor, Inc. 1990. *The LI-6200 Primer. An Introduction to Operating the LI-6200 Portable Photosynthesis System*. Lincoln, Nebraska, U.S.A.
- Ma, B.F., M.J. Morrison and H.D. Voldeng. 1995. Leaf greenness and photosynthetic rates in soybean. *Crop Sci.* 35:1411-1414.
- Manrique, L.A. and D.P. Batholomew. 1991. Growth and Yield Performance of Potato Grown at Three Elevations in Hawaii: II. Dry Matter Production and Efficiency of Partitioning. *Crop Sci.* 31:367-372.
- Martin, R.B. 1994. Genetic Engineering of Potatoes. *American Potato Journal.* 71: 347-358.
- Mehta, H. and K.R. Sarkar. 1992. Heterosis for Leaf Photosynthesis, Grain Yield and Yield Components in Maize. *Euphytica* 60:161-168.
- Mora, A. R. y J. Ortíz. C. 2000. Comportamiento Fisiológico de Variedades de Papa en Temporal. *Memorias XIX Congreso de la Asociación Latinoamericana de Papa.* 28 Febrero-3 Marzo del 2000. La Habana, Cuba. Pp 139.
- Moreno, U. 1985. Environmental effects on growth and development of potato plants. In: Li, P.H. (Ed.) *Potato Physiology*. Academic Press Inc. U.S.A.
- Murillo, P.G. 1973. *Contribuciones de la ESAAN a la Agricultura Regional y Nacional. Propuestas de cambio a Universidad Agraria, a la Presidencia de la República.* Inédito. Escuela Superior de Agricultura "Antonio Narro". Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Padrón, E., I. López, R. Deroneelé, N. Zamora y E. Rodríguez. 2000. Caracterización Fisiológica de 6 Variedades de Papa. *Memorias XIX Congreso de la Asociación Latinoamericana de Papa.* 28 Febrero-3 Marzo del 2000. La Habana, Cuba. Pp 137.
- Parga, T.V. 1989. Influencia de la temperatura y de la longitud del día en el crecimiento y desarrollo de la papa. *Boletín Agrometeorológico.* Vol. 14. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México.
- Parga T.V. 1991. *Recomendaciones para el Cultivo de la Papa en la Sierra de Arteaga.* Día de demostración, Campo Agrícola Experimental Sierra de Arteaga (CESIA), Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIFAP). Saltillo, Coahuila, México.

- Parga, V., E. Rodríguez e I. Sanchez. 2000. Resultados de Mejoramiento Genético de Papa en el Norte de México. Memorias XIX Congreso de la Asociación Latinoamericana de Papa. 28 Febrero-3 Marzo del 2000. La Habana, Cuba. Pp. 93.
- Radford, P.J. 1967. Growth analysis formulae - their use and abuse. *Crop Sci.* 7(3): 171-175.
- Rechcigl, M. Jr. 1982. Handbook of Agricultural Productivity. CRC Series in Nutrition and Food. CRC Press Incorporation. Boca Raton, Florida. U.S.A.
- Sneep, J. and A.J.T. Hendriksen. 1979. Plant Breeding Perspectives. Center for Agricultural Publishing and Documentation. Wageningen, The Netherlands.
- Soto G. L.F. 1997. Evaluación De Variedades De Papa (*Solanum tuberosum* L.) con Criterios Morfológicos, Fisiológicos y de Rendimiento. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.
- Steel R.G.D. and J.H. Torrie. 1980. Principles and procedures of statistics, a biometrical approach. Mc. Graw Hill Book Co. Inc. New York, U.S.A.
- Tapia, A.C., W. Rodríguez y J. Avilés 2000. Análisis Funcional del Crecimiento de 4 Variedades de Papa (*Solanum tuberosum* L.). Memorias XIX Congreso de la Asociación Latinoamericana de Papa. 28 Febrero-3 Marzo del 2000. La Habana, Cuba. Pp 141.
- Torres, de la N.W. 2000. Limitaciones Biológicas de la Alta Temperatura en el Desarrollo de Plantas de Papa. Memorias XIX Congreso de la Asociación Latinoamericana de Papa. 28 Febrero-3 Marzo del 2000. La Habana, Cuba. Pp 145
- Valverde, E. y M.V. Sáenz. 1985. Análisis de crecimiento de chayote (*Sechium edule* Sw.) Turrialba 35: 395-402
- Wilson, D. 1981. Breeding for Morphological and Physiological Traits. *In*: Frey, K.J. (Ed). Plant Breeding II. Iowa State University Press. Ames, Iowa. U.S.A.
- Wissar, R., y R. Ortiz. 1987. Mejoramiento de la papa en el CIP por adaptación a climas cálidos tropicales. Doc. de Tecnología Especializada N° 22. Lima, Peru.

2. CORRELACION Y COMPONENTES PRINCIPALES DE VARIACION EN GENOTIPOS DE MELON Y TOMATE EN INVERNADERO Y CAMPO.

INTRODUCCION

Las principales condiciones agroclimáticas que prevalecen en el sur de Coahuila, México, son las de severa escasez de precipitación, con una distribución anual errática; altas temperaturas, lo que condicionan altas evapotranspiraciones. Así mismo, una corta temporada de crecimiento, por la presencia de heladas severas, tempranas y tardías (GIEZAP-UAAAN, 1991). Los sistemas agrícolas modernos, para obtener altos rendimientos, requieren cuantiosas inversiones en obras de infraestructura, mecanización, fertilizantes, semillas mejoradas y aplicaciones extensivas de pesticidas, para tratar de asegurar, en el corto plazo, cosechas abundantes, sin importar la contaminación de productos agrícolas o del ambiente.

La Agricultura Sustentable es un sistema de explotación agrícola que incorpora la filosofía de racionalidad y conservación del ambiente, haciendo un balance óptimo de todos los componentes de la rentabilidad agrícola (Borrego y Murillo, 1999) para asegurar la obtención de cosechas para ésta y las generaciones venideras en mayor cantidad y calidad, (Campbell *et al.*, 1986). Uno de los puntos principales de partida, lo constituye la explotación racional e intensiva de genotipos o variedades eficientes en su morfología y fisiología, así como tolerancia a factores adversos, de manera que requieran el suplemento de menor cantidad de insumos.

Para los países que, como México, tienen una parte considerable de su territorio como zona árida y semiárida (2/3 de su territorio) se puede tener una producción agrícola intensiva, con el uso de infraestructura que maximice la capacidad de rendimiento de genotipos adecuados, como puede ser el empleo de acolchados, riego por goteo, tutores e invernaderos (Fisher y Turner, 1978). Por ejemplo en el sur de España, en la región de Almería, en terrenos que antes eran yermos, áridos, se encuentran establecidas 15,000 ha de invernaderos, de una ha cada uno, con estructuras rústicas de madera, enmallado de alambre galvanizado y polietileno de larga duración. El cultivo de melón en invernadero, en esta región, ocupa aproximadamente 1500 ha (Castilla *et al.*, 1998).

El Cultivo del melón en México se lleva a cabo en aproximadamente 6,500 ha en el centro-norte del país. En el ciclo Otoño-Invierno, se cultivan otras 60,000 ha, en las regiones tropicales principalmente, libres de las heladas severas del norte (SAGAR, 1997). La producción de invierno, se destina sobre todo a la exportación, quedando el principal mercado (Estados Unidos) alejado de los centros de producción, lo que ocasiona un aumento en el precio, por el acarreo y empaque. Una alternativa puede ser la explotación intensiva en invernaderos de bajo costo, en las regiones áridas y semiáridas de la altiplanicie norteña, más cercana a centros de población importantes en el país y el extranjero. El cultivo del melón en invernadero es posible realizarlo exitosamente, si se determina con precisión el genotipo más adecuado a las condiciones ambientales internas, puesto que es un cultivo que presenta requerimientos propios de regiones semitropicales, de alta intensidad luminosa y temperatura, principalmente (Hasoki *et al.*, 1987, Lorenzo *et al.*, 1989). Se ha encontrado amplia variabilidad en la respuesta de genotipos de melón, a las

condiciones de invernadero, tanto en el rendimiento como en variables fisiológicas (Acock *et al.*, 1990), puesto que las variedades comerciales de melón se han desarrollado para cultivarse a cielo abierto, bajo condiciones ambientales completamente diferentes a invernadero y donde la presencia de mayores corrientes de aire, estimula la transpiración y el mayor movimiento de fotosintetizados y sales minerales por medio de la savia (Miccolis y Salveit, 1991). En el invernadero, el movimiento no es tan marcado (Mitchell *et al.*, 1992) por lo que también varía el patrón de producción y translocación de asimilados durante el día.

El melón (*Cucumis melo* L.) es uno de los principales cultivos de campo que se explotan en México y el Mundo, puesto que, además de la alta rentabilidad que se obtiene cuando los diferentes factores agronómicos se llevan con cuidado, genera una gran cantidad de jornales por hectárea, por lo que también cumple objetivos sociales (Trentini, 1998). Debido a que en campo son condiciones de alta evaporación, se ha propuesto el uso de acolchados plásticos y cintilla de riego para reducir la proliferación de malezas, evaporación y pérdidas de agua y fertilizantes por escurrimiento (Brandenberger y Wiedenfeld, 1997; Lange *et al.*, 1998 y Segura *et al.*, 1998). El melón es un cultivo de las Cucurbitáceas, con hábito de crecimiento rastrero, en contacto casi permanente con el suelo, por lo que es importante evaluar el material genético contra incidencia de enfermedades, principalmente cenicilla polvorienta, causada por *Erisiphe cichoracearum*, puesto que se puede producir una severa infección que acabe prácticamente con todo el cultivo (Lemaire, *et al.*, 1997). Además, el potencial de rendimiento y la capacidad de adaptación de los cultivos, es posible aumentarlo optimizando los factores de producción, entendiendo las causas y componentes del rendimiento.

El tomate, es un cultivo que ha aumentado su siembra a nivel mundial y nacional, puesto que es un vegetal que tiene un alto contenido de vitaminas A y C, así como potasio y licopenos. Esto le da un importante contenido nutritivo, por propiedades antioxidantes que reducen la presencia de radicales libres, disminuyendo algunas enfermedades (FAO, 1995; TCG, 1996). Debido a las condiciones extremas del clima en el norte de México, las principales regiones tomateras se encuentran ubicadas en Sinaloa, Sonora, Baja California y San Luis Potosí, sembrándose en la región de Coahuila y Durango, sólo 500 ha, por lo que al mercado regional llega producto más caro y de menor calidad. Además, es interés de los pequeños agricultores regionales que tienen poca disponibilidad de agua de riego, obtener cultivos que tengan amplia demanda, que no tengan problemas de comercialización y optimizar su sistema de explotación, ya que el mercado regional de Saltillo, se estima, requiere de 300 t de tomate por semana (SAGAR, 1998), por lo que la producción en ambientes controlados (Guerra, 1997, Martínez, 1999), está ampliamente justificada. En tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) a nivel mundial, se explotaron, en 1994, aproximadamente 2.85 millones de hectáreas, con una producción que excedió los 77.5 millones de t (FAO, 1995). El volumen mundial de producción, se ha incrementado aproximadamente 10% desde 1985, debido a la importancia creciente en la dieta humana. En México, en 1997 se sembraron casi 72,000 ha, correspondiendo al ciclo Otoño-Invierno, 35,557 ha (50.3% del total) siendo la mayoría de la producción, para exportación. Al ciclo Primavera-Verano, le correspondieron 36,410 ha (49.7% del total) siendo el mercado interno su principal vía de comercialización. Los rendimientos promedio en los 2 ciclos son muy similares, siendo 27.2 t ha⁻¹ para el ciclo Otoño-Invierno, y de 26.2 t ha⁻¹ para el ciclo

Primavera-Verano (Aserca, 1998). Los principales estados productores en nuestro país, son Sinaloa, Baja California, San Luis Potosí y Michoacán, debido principalmente a las condiciones adversas de frío o calor, siendo estos dos factores, de alta y mediana prioridad en la investigación para resistencia a factores adversos a nivel internacional (TCG, 1996).

En el norte de México, dependiendo de la fecha de trasplante, se pueden presentar los dos factores adversos, puesto que se tiene una temporada de crecimiento corta, debido a las heladas tempranas y tardías, así como altas temperaturas en verano (hasta 48°C). En esta región, el cultivo del tomate bola es limitado, puesto que los cultivares en explotación son susceptibles al calor, por lo que, para cubrir la demanda de los grandes centros urbanos, se requiere llevarlo de las zonas productoras, lo que encarece los precios. Siendo el tomate de uso generalizado en la dieta normal, se hace necesario realizar estudios de adaptación inicial, así como el establecer programas de mejoramiento genético que liberen variedades superiores para estas regiones, para explotarse bajo condiciones de optimización de insumos. Dada la cantidad de variables que determinan el rendimiento, es importante entender la relación existente entre las mismas, así como la contribución de las principales.

Por lo anterior, los objetivos de presente estudio son:

- a) Determinar la correlación existente entre el rendimiento y variables fisiológicas y agroclimáticas en genotipos de melón y tomate, bajo condiciones de invernadero y campo.
- b) Determinar los componentes principales de variación en los genotipos en estudio.
- c) Determinar la ecuación que mejor explique el rendimiento.

d) Determinar los mejores genotipos de melón y tomate para explotarse en invernadero y campo, considerando los Componentes Principales evaluados.

MATERIALES Y METODOS

- a) **Localización del área de estudio:** Para los experimentos de Invernadero y Laboratorio de Fisiotecnia, se realizaron en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, ubicada al sur de la ciudad de Saltillo, Coahuila. Las características principales del área son: 25°22' **latitud N**, 101°00' **longitud W** y **altitud 1742 msnm**. **Tipo de clima:** BShw (x')(e): clima muy seco, cálido, extremoso, con lluvias de verano el 80% del total. Los experimentos de campo se llevaron a cabo en el lote agrícola "La Chancla", ubicado en el ejido San Miguel, municipio de Ramos Arizpe, Coahuila, a 30 Km. por la carretera Saltillo-Monclova. Las características principales de este lote son: 25°32'49" **latitud N**, 101°06'09" **longitud W** y **altitud 1300 msnm**.
- b) **Genotipos en estudio:** **Para melón en invernadero**, se utilizaron los genotipos: híbridos: Primo, Honey Dew, Apache, Cruiser, Durango, Caravelle, Laguna, Veracruz, Laredo, y la variedad de polinización libre TopMark, como testigo; **para melón en campo**, Híbridos: Primo, Pronto, Challenger, Cheyenne, HiLine, Cruiser, Durango, Apache, Laguna, Caravelle, y Main Pak; variedad TopMark, como testigo. **Para tomate, tanto en invernadero como en campo**, los genotipos fueron: híbridos: Bonita, Celebrity, Contessa, Heatwave, Olympic, Shady Lady, Summer Flavor 5 000, Summer Flavor 6 000, Sunbolt, Sunny; y la variedad FloraDade, testigo.

c) **Características de la parcela experimental: para melón en invernadero:** los genotipos se sembraron a doble hilera, con acolchado y riego por goteo, en camas de invernadero de 12 m de largo y 0.90 m de ancho. La distancia entre plantas fue de 0.20 m, conduciéndose verticalmente a un tallo, por medio de hilos colgantes de rafia. La parcela experimental lo constituían 5 plantas, evaluándose como parcela útil las 2 plantas centrales. **Para melón en campo:** la parcela experimental fue de 2 surcos de 5 m de largo y 3 m de distancia, acolchado con polietileno negro y cintilla de riego, sembrado a doble hilera, a 0.30 m de distancia entre plantas en cada hilera. **Para tomate en invernadero:** los genotipos se transplantaron a doble hilera con acolchado y riego por goteo, en camas de invernadero, de 12 m de largo y 0.90 m de ancho. La distancia entre plantas fue de 0.40 m; la parcela experimental la constituían 5 plantas, evaluándose como parcela útil las 2 plantas centrales. **Para tomate en campo:** los genotipos se sembraron a hilera sencilla en camas con y sin acolchado de polietileno negro calibre 600, con cintilla de riego de 8 mm, goteros a 0.20 m. La distancia entre plantas fue de 0.40 m, entutoradas con rafia cada 0.30 m de altura, soportadas por tubos galvanizados. La parcela experimental lo constituían 3 surcos, a 1.50 m, de 5 m de longitud, evaluándose el surco central como parcela útil.

d) **VARIABLES EN ESTUDIO:**

Para Melón en Invernadero: fisiológicas: Temperatura de la Hoja (THOJA, en °C), Fotosíntesis Neta (FOTO, en $\mu \text{ mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), Transpiración (TRANSP, en $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), Uso Eficiente del Agua (UEA, en $\text{g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ por 10 l^{-1}

$\text{H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) y Conductancia Estomatal (CE, en cm s^{-1}). **Agroclimáticas:** Luz incidente (DFFF, en $\mu \text{ mol fotones m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), Temperatura del Aire (TAIR, en $^{\circ}\text{C}$), Concentración de CO_2 (CO_2 , en ppm) y Humedad Relativa (HR, en %). Las variables fisiológicas y agroclimáticas se hicieron a través de tres evaluaciones, durante el ciclo del cultivo, en 3 horas del día y 2 hojas, utilizando el fotosintetómetro portátil LI-6200 (LI-Cor Inc. Nebraska. USA). **Rendimiento:** Rendimiento total por parcela (RPARCE, en kg), Rendimiento por Planta (RTOPROM, en kg), Porcentaje de plantas con Fruto (%PCF), Frutos por Planta (FRPTA), Longitud Polar y Ecuatorial del Fruto (LPFTO y LECFTO) y de la Cavidad de la Semilla (LPCS y LECS), Espesor de la Pulpa (ESPLPA) y Calificación de Enmallado (1-5, visual, 1 corresponde a nada o poca malla, 5 corresponde a malla completa).

Para Melón en Campo: rendimiento y fruto: peso parcela (a t ha^{-1} RTONHA) Peso Promedio de Frutos (PPRMFTO), No. de Frutos (NOFTOS), Longitudes Ecuatorial y Polar del Fruto (LECFTO y LPOLFTO) y de la Cavidad de la Semilla (LECSEM y LPCSEM), Espesor de la Pulpa (EPULP), Porcentaje de Enmallado (MALL) y Grados Brix (GBRIX). **Fenológicas:** Días a Floración Masculina (DFLMASC), Días a Floración Femenina (DFLFEM) y Días a Primeros Frutos (DPRFTO). **Agroclimáticas:** Luz Incidente (DFFF, en $\mu \text{ mol fotones m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), Temperatura del Aire (TAIR, en $^{\circ}\text{C}$), Concentración de CO_2 (CO_2 , en ppm) y Humedad Relativa (RH, en %). **Fisiológicas:** Temperatura de la Hoja (THOJA, $^{\circ}\text{C}$), Fotosíntesis (FOTO, $\mu \text{ mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), Transpiración (TRANSP, $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), Conductancia Estomática (CE, cm s^{-1}) y Uso

Eficiente del Agua (UEA, gCO_2 fijada por $10 \text{ l}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$ transpirada) **Plagas y Enfermedades:** Susceptibilidad a cenicienta polvorosa (CENIC), Susceptibilidad a antracnosis (ANTRAC) y Susceptibilidad a pulgón (PULG). Las variables fisiológicas y agroclimáticas se hicieron en 3 evaluaciones a lo largo del ciclo vegetativo, en 2 hojas (media y distal del fruto) con el fotosintetómetro portátil LI-6200 (LI-Cor, Inc. Nebraska, U.S.A).

Para Tomate en Invernadero: fisiológicas: Temperatura de la Hoja (THOJA, $^{\circ}\text{C}$), Fotosíntesis Neta (FOTO, $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), Transpiración (TRANSP, $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), Uso Eficiente del Agua (UEA, $\text{g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ por $10 \text{ l}^{-1} \text{ H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) y Conductancia Estomatal (CE, cm s^{-1}). **Agroclimáticas:** Luz incidente (DFFF, $\mu\text{mol fotones m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), Temperatura del Aire (TAIR, en $^{\circ}\text{C}$), Concentración de CO_2 (CO_2 , en ppm) y Humedad Relativa (HR, %). Las variables fisiológicas y agroclimáticas se hicieron a través de tres evaluaciones, en 3 horas del día y 2 hojas. **Rendimiento:** Rendimiento total por Planta (RDTOTPTA) y con la densidad de plantas, a Rendimiento t ha^{-1} (RTOTONHA), No. de Frutos por Planta por corte (FTPTAC), Peso promedio de Fruto (PPMFTO) y Rendimiento Promedio por Planta por corte (RPMPTAC).

Para Tomate en Campo: agroclimáticas: Luz incidente (DFFF, en $\mu\text{mol fotones m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), Temperatura del Aire (TAIR, en $^{\circ}\text{C}$), Concentración de CO_2 (CO_2 en ppm) y Humedad Relativa (HR, en %). **Fisiológicas:** Temperatura de la Hoja (THOJA, en $^{\circ}\text{C}$), Fotosíntesis Neta (FOTO en $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), Transpiración (TRAN en $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), Conductancia Estomática (CE, en cm s^{-1}) y Uso Eficiente del Agua (UEA, $\text{g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ por $10 \text{ l H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Las variables

Agroclimáticas y Fisiológicas, se hicieron a través de tres evaluaciones durante el ciclo del cultivo, en 2 horas del día, y condiciones de siembra (acolchado y sin acolchar). **Rendimiento:** Frutos por Parcela (FTPARC), Peso Promedio de Fruto (PPROMFT), Rendimiento en Toneladas por Hectárea (RTNHATOT) y Calificación de Fruto (CLFFTO, visual, en escala 1 a 5, siendo 1 el peor, con pudriciones, daño de sol, heterogéneo, etc., y 5, el mejor).

- e) **Análisis estadístico:** para melón y tomate en invernadero y campo, el Diseño Experimental fue de Bloques Completos al Azar con 4 Repeticiones. Las Correlaciones Simples, Análisis Multivariado de Componentes Principales y Análisis de Regresión Lineal Múltiple, se realizaron con el paquete computacional Statistica^{mr}, utilizando los valores genotípicos promedio para cada variable, considerando repeticiones, evaluaciones, horas del día, posiciones de hoja y condiciones de cultivo, según corresponda a cada experimento.

RESULTADOS Y DISCUSION

En estudios relativos a la respuesta fisiológica de las plantas a variables ambientales, es necesario considerar las variables más significativas, pues es la herramienta básica para selección genética y proposición de modelos de fotosíntesis foliar (Reddy *et al.*, 1994). En el estudio de estas variables, el interés de los agrónomos y ecofisiólogos descansa en el hecho de que en invernaderos, se presenta a menudo alta concentración de CO₂, y en cultivos a cielo abierto, el CO₂ atmosférico se está incrementando por el uso de combustibles fósiles, lo cual se espera que también incremente la temperatura global del aire (Acock *et al.*, 1990; Fernandez, *et al.*, 1993). Es el estudio preliminar de las correlaciones entre variables, lo que permite discriminar inicialmente las variables de mayor importancia en el rendimiento, así como seleccionar aquellas que tengan un mayor sentido biológico. En el Cuadro 2.1, se presentan los coeficientes de correlación entre variables agroclimáticas y fisiológicas con rendimiento, así como los componentes cuantitativos y cualitativos del mismo para melón en invernadero. Se encontró correlación positiva y significativa ($p < 0.05$) entre FOTO y TAIR, así como entre FOTO y UEA; indicándonos lo anterior, que al aumentar la temperatura en la parcela del cultivo se incrementa la fotosíntesis, y al aumentar ésta, se incrementa la eficiencia en el uso del agua de los genotipos. Lee *et al.*, (1996), encontraron de importancia la temperatura nocturna en la acumulación de azúcares en melón, mencionando que los niveles que se deben mantener son de 18°C nocturno, y hasta

40°C diurno, indicando que la producción y la acumulación de azúcares en melón es resultado directo de la actividad fotosintética y una adecuada translocación. Lester (1995) menciona que las temperaturas mayores a 45°C en el día, pueden dañar irreversiblemente las membranas celulares, con una disminución en el rendimiento, por disminución de la superficie fotosintética, por destinar la planta energía a la cicatrización de tejido dañado, así como a la diferenciación y crecimiento de nuevas hojas, o por la desnaturalización de enzimas y proteínas estructurales. Con el cultivo en invernadero, o con fechas de siembra tardías, es posible evadir tal riesgo (Cano y Jiménez, 1996).

No se encontraron correlaciones entre RPARCE y RTOPROM con variables agroclimáticas ó fisiológicas, lo que hace necesario un análisis más completo de las variables, ya que al terminar el análisis con técnicas preliminares, se está en riesgo de darle mayor peso a variables que no inciden en el rendimiento de una manera directa (Crosbie y Pearce, 1982).

Dada la cantidad de variables analizadas, y los resultados de las correlaciones, se realizó un análisis de componentes principales (ACP) que presenta múltiples ventajas (Broschat, 1979): el ACP es una técnica que reduce la dimensionalidad de un conjunto de datos multivariados, removiendo las interrelaciones existentes entre variables, organiza los datos en forma de vectores independientes ú ortogonales, en donde cada una de las variables dentro del vector se comportan de manera similar con base en sus correlaciones; a cada uno de estos vectores se le llama componente principal. Esta prueba también nos expresa la mayor parte de la varianza de los datos ortogonales, y determina que esta prueba es una

Cuadro 2.1. Correlaciones entre variables agroclimáticas, fisiológicas y de rendimiento de 10 genotipos de melón (*Cucumis melo* L.) evaluados en invernadero.

| | DFFF | TAIR | THOJA | CO2 | HR | FOTO | CE | TRAN | UEA | %PCF | FRPTA | LECFTO | LPFTO | CLFMALLA | ESPLPA | LECS | LPCS | RTOPROM | RPARCE |
|-----------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|---------|---------|--------|---------|----------|--------|--------|--------|---------|--------|
| DFFF | 1.000 | 0.493 | 0.549 | -0.232 | 0.502 | 0.353 | 0.336 | 0.256 | 0.128 | -0.422 | -0.641* | 0.007 | 0.514 | 0.189 | 0.079 | 0.390 | 0.319 | 0.301 | -0.263 |
| TAIR | | 1.000 | 0.662* | 0.563 | -0.089 | 0.633* | 0.149 | -0.506 | 0.524 | -0.257 | -0.485 | -0.132 | 0.269 | -0.379 | 0.247 | 0.330 | 0.197 | 0.272 | -0.141 |
| THOJA | | | 1.000 | 0.406 | 0.332 | 0.152 | 0.398 | -0.478 | 0.185 | 0.108 | -0.260 | -0.069 | 0.349 | -0.041 | 0.074 | 0.368 | 0.346 | 0.269 | 0.257 |
| CO ₂ | | | | 1.000 | -0.258 | 0.540 | 0.066 | -0.713* | 0.686* | 0.130 | 0.109 | -0.110 | -0.193 | -0.416 | -0.012 | 0.187 | -0.047 | 0.024 | 0.198 |
| HR | | | | | 1.000 | -0.112 | 0.765* | 0.392 | -0.382 | 0.197 | 0.203 | 0.095 | 0.160 | 0.357 | -0.192 | 0.390 | 0.056 | 0.122 | 0.371 |
| FOTO | | | | | | 1.000 | 0.118 | -0.134 | 0.837* | -0.649* | -0.508 | 0.019 | 0.143 | -0.157 | 0.135 | 0.300 | 0.117 | 0.221 | -0.441 |
| CE | | | | | | | 1.000 | -0.089 | -0.273 | 0.009 | 0.060 | 0.558 | 0.481 | 0.548 | 0.349 | 0.657* | 0.466 | 0.622 | 0.556 |
| TRAN | | | | | | | | 1.000 | -0.246 | -0.163 | 0.014 | -0.232 | -0.268 | 0.091 | -0.512 | -0.072 | -0.416 | -0.379 | -0.401 |
| UEA | | | | | | | | | 1.000 | -0.409 | -0.409 | -0.255 | -0.114 | -0.412 | -0.132 | 0.080 | -0.060 | -0.080 | -0.462 |
| %PCF | | | | | | | | | | 1.000 | 0.798* | -0.237 | -0.461 | -0.276 | -0.395 | -0.046 | -0.401 | -0.358 | 0.725* |
| FRPTA | | | | | | | | | | | 1.000 | -0.175 | -0.657* | -0.140 | -0.441 | -0.240 | -0.577 | -0.475 | 0.589 |
| LECFTO | | | | | | | | | | | | 1.000 | 0.705* | 0.838* | 0.798* | 0.533 | 0.763* | 0.887* | 0.443 |
| LPFTO | | | | | | | | | | | | | 1.000 | 0.652* | 0.839* | 0.410 | 0.961* | 0.892* | 0.098 |
| CLFMALLA | | | | | | | | | | | | | | 1.000 | 0.546 | 0.301 | 0.675* | 0.669* | 0.301 |
| ESPLPA | | | | | | | | | | | | | | | 1.000 | 0.278 | 0.859* | 0.882* | 0.185 |
| LECS | | | | | | | | | | | | | | | | 1.000 | 0.394 | 0.661* | 0.411 |
| LPCS | | | | | | | | | | | | | | | | | 1.000 | 0.908* | 0.190 |
| RTOPROM | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1.000 | 0.327 |
| RPARCE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1.000 |

* = Significativos al 0.05 de probabilidad.

herramienta útil para simplificar el análisis e interpretación de la gran cantidad de variables consideradas en una evaluación exhaustiva.

En el Cuadro 2.2, se presentan los eigenvalores entre variables agroclimáticas, fisiológicas y de rendimiento, en los genotipos de melón en estudio.

Cuadro 2.2. Eigenvalores del análisis de componentes principales entre variables agroclimáticas, fisiológicas y de rendimiento en 10 genotipos de melón (*Cucumis melo* L.), en invernadero.

| Valor | Eigenvalor | % Varianza total | Eigenval Acum. | % Acumulado |
|-------|------------|------------------|----------------|-------------|
| 1 | 6.375 | 33.554 | 6.375 | 33.554 |
| 2 | 4.147 | 21.829 | 10.523 | 55.383 |
| 3 | 2.954 | 15.547 | 13.477 | 70.930 |
| 4 | 2.380 | 12.525 | 15.857 | 83.455 |
| 5 | 1.259 | 6.627 | 17.116 | 90.082 |

Cuadro 2.3. Contribución relativa de las variables analizadas en los 3 primeros Componentes Principales en 10 genotipos de melón (*Cucumis melo* L.), en invernadero.

| | Componentes Principales | | |
|-----------------|-------------------------|--------------|--------------|
| | Componente 1 | Componente 2 | Componente 3 |
| DFFF | 0.103 | -0.587 | 0.094 |
| TAIR | 0.078 | -0.224 | -0.561 |
| THOJA | 0.105 | 0.097 | -0.183 |
| CO ₂ | -0.059 | 0.314 | -0.877* |
| HR | -0.035 | 0.117 | 0.263 |
| FOTO | 0.070 | -0.522 | -0.798* |
| CE | 0.468 | 0.238 | -0.081 |
| TRAN | -0.409 | -0.438 | 0.455 |
| UEA | -0.169 | -0.394 | -0.811* |
| %PCF | -0.347 | 0.854* | 0.191 |
| FRPTA | -0.395 | 0.799* | 0.103 |
| LECFTO | 0.908* | 0.121 | -0.008 |
| LPFTO | 0.857* | -0.272 | 0.130 |
| CLFMALLA | 0.731* | -0.023 | 0.329 |
| ESPLPA | 0.924* | -0.052 | -0.040 |
| LECS | 0.419 | 0.063 | -0.343 |
| LPCS | 0.909* | -0.135 | 0.036 |
| RTOPROM | 0.931* | -0.045 | -0.126 |
| RPARCE | 0.301 | 0.872* | 0.038 |

El primer componente explica el 33.5 % de la varianza, y se debe (Cuadro No 2.3) a las características de peso y tamaño de frutos, por lo que se puede llamar a este componente "Componente de Tamaño y Rendimiento por Planta del Fruto". El segundo componente, explica el 21.8% de la varianza, y se debe a las características de RPARCE, %PCF y FRPTA, por lo que se puede llamar "Componente de Rendimiento por Parcela". El tercer componente, explica el 15.4 % de la varianza, y se debe a las características fisiológicas de FOTO y UEA, y a la agroclimática de CO₂, por lo que se puede llamar "Componente de Producción Eficiente de Fotosintetizados". Se debe de resaltar el hecho de que en éste ACP, no se encontró contribución importante de TAIR, CE y HR, como en el análisis de correlaciones. Knight y Mitchell, (1998), Nederhoff y Vegter, (1994), e Ikada *et al.*, (1998), han estudiado el efecto de diferentes concentraciones de CO₂, luz y fotoperíodo, en cultivos de invernadero, encontrando, en general, mejor respuesta a concentraciones de 500 ppm de CO₂ y una DFFF de 1600 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, condiciones que no se tuvieron en este estudio, pues la cubierta es acrílica, con penetración de DFFF de 600 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, que es el 40% de la luz que reportan los anteriores investigadores. En la Figura 2.1, se presentan los componentes en 3 dimensiones, permitiendo una mejor discriminación entre variables.

En el Cuadro 2.4 y Figura 2.2 se presenta la posición relativa de los 10 genotipos en estudio, destacando la contribución positiva de los genotipos Primo y Cruiser para los componentes 1 y 2, siendo estos los de mayor rendimiento, no así en la actividad fotosintética, siendo el Durango y Laguna los que mayor contribución

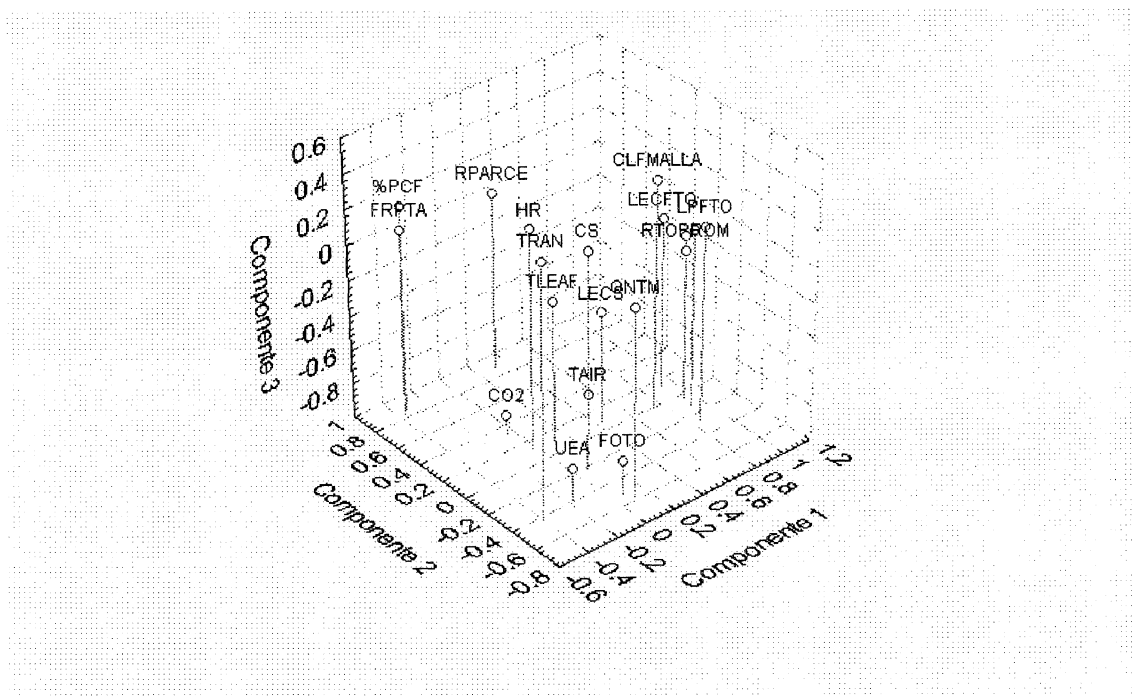


Figura 2.1. Posición de las variables analizadas en los 3 Componentes Principales, en 10 genotipos de melón (*Cucumis melo* L.) en invernadero.

Cuadro 2.4. Comportamiento de 10 genotipos de melón (*Cucumis melo* L.) en invernadero para tres Componentes Principales (positivo y negativo).

| Variedad | Componentes Principales | | |
|-----------|-------------------------|--------------|--------------|
| | Componente 1 | Componente 2 | Componente 3 |
| Primo | 1.117 | 1.601 | -1.015 |
| HoneyDew | -2.222 | 0.123 | -1.018 |
| Apache | -0.521 | -1.050 | -0.884 |
| Cruiser | 0.935 | 0.726 | -0.944 |
| Durango | -0.176 | -0.175 | 1.189 |
| Caravelle | -0.480 | 0.975 | 0.667 |
| Laguna | -0.163 | 0.272 | 1.706 |
| Veracruz | -0.056 | 0.332 | 0.626 |
| Laredo | 1.288 | -1.457 | 0.226 |
| TopMark | 0.278 | -1.348 | -0.552 |

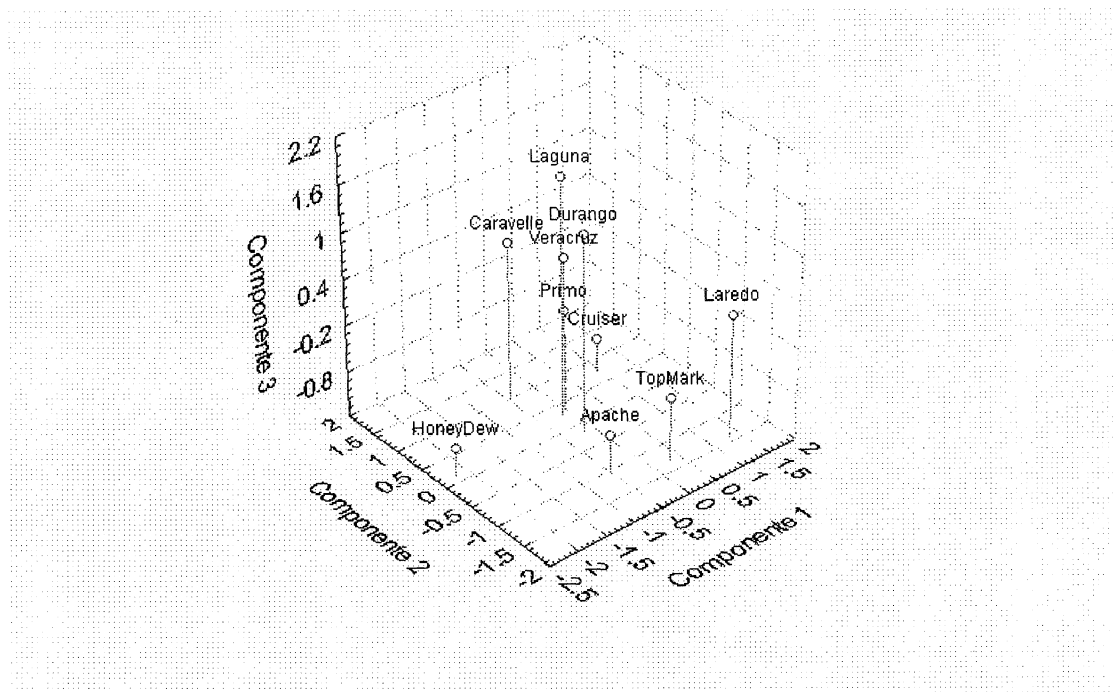


Figura 2.2. Posición relativa de 10 genotipos de melón (*Cucumis melo* L.) en invernadero, considerando los 3 Componentes Principales.

realizan a éste componente, por lo que puede decirse que para las condiciones del presente estudio, los genotipos que más fotosintetizaron no fueron los de mayor rendimiento, sino que estos fotosintetizados se trasladaron a otras estructuras vegetativas. Crosbie y Pearce (1982) encontraron la misma tendencia, en estudio de generaciones en ciclos de selección de maíz.

En la Figura 2.3, se presentan los resultados obtenidos para FOTO, TRAN, UEA y Rendimiento, en los genotipos en estudio. Destacan los genotipos Primo, Cruiser, Durango y Laguna. Los genotipos Top Mark, Apache y Honey Dew, presentan mayores valores de FOTO y UEA, pero con menor rendimiento, por lo que no son adecuados para un programa de mejoramiento.

Cuadro 2.5. Etapas sucesivas en el coeficiente de correlación y coeficiente de determinación múltiple, entre RPARCE y 8 variables en 10 genotipos de melón (*Cucumis melo* L.) en invernadero.

| | Múltiple R | Múltiple R ² | Cambio en R ² | F en Etapas | Nivel de Probab. |
|---------|------------|-------------------------|--------------------------|-------------|------------------|
| %PCF | 0.725 | 0.525 | 0.525 | 8.850 | 0.206 |
| RTOPROM | 0.959 | 0.920 | 0.395 | 34.765 | 0.107 |
| FRPTA | 0.990 | 0.979 | 0.059 | 17.139 | 0.151 |
| THOJA | 0.996 | 0.992 | 0.013 | 8.158 | 0.214 |
| TAIR | 0.997 | 0.994 | 0.002 | 1.656 | 0.421 |
| FOTO | 0.998 | 0.997 | 0.002 | 2.177 | 0.379 |
| CE | 0.999 | 0.997 | 0.000 | 0.258 | 0.701 |
| TRAN | 1.000 | 1.000 | 0.003 | 216.786 | 0.043 |

En la Figura 2.4, se presentan los valores observados y valores predichos, encontrándose valores muy bajos del residual, lo que cabía esperarse, por el coeficiente de determinación alto. La ecuación de predicción se puede simplificar con los coeficientes de regresión de las 4 variables ya mencionadas.

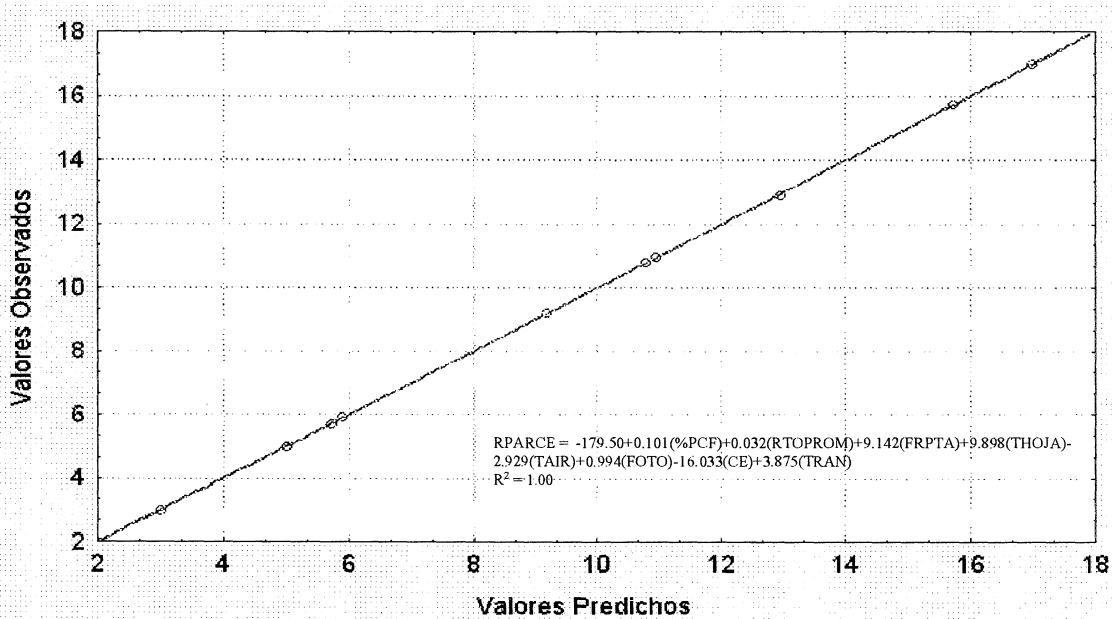


Figura 2.4. Valores Observados y Predichos por regresión lineal múltiple, en 10 genotipos de melón (*Cucumis melo* L.) en invernadero.

Para el estudio de melón en campo, en el cuadro 2.6, se presenta la correlación lineal entre las 25 variables en estudio, donde se destaca la relación negativa entre RTONHA y las características de precocidad; así como PPRMFTO y NOFTOS, indicándonos lo anterior, que genotipos precoces y con muchos frutos, rinden menos, en $t\ ha^{-1}$. Genotipos con muchos frutos, tienen menos peso promedio de frutos. También se encontró una relación negativa entre NOFTOS y longitudes del fruto, indicando que a mayor cantidad de frutos, estos son más pequeños. Las variables fisiológicas más relacionadas, fueron Fotosíntesis y Uso Eficiente del Agua. Este tipo de estudios, ha permitido desarrollar metodologías de cultivo para condiciones agronómicas específicas (Rinco *et al.*, 1998, Castilla *et al.*, 1998 y Martins *et al.*, 1998) por lo que se ha tratado de dilucidar mejor las causas del rendimiento, con metodologías más complejas. Dado que el rendimiento de un cultivo es la resultante de integración de gran cantidad de variables intrínsecas y extrínsecas de la planta, en el Cuadro 2.7 se presentan los Eigenvalores de los Principales Componentes de Variación conjunta entre los 12 genotipos en estudio. Hasta el componente 3, se explica el 65% de la varianza. Sin embargo, se presentan 6 componentes, debido a que todos tienen un Eigenvalor mayor a 1, y explican el 87% de la varianza, dejando un 13% de la variación a componentes menos importantes.

Cuadro 2.6. Correlaciones entre variables de rendimiento, agroclimáticas, fisiológicas y fenológicas en 12 genotipos de melón (*Cucumis melo* L.), en campo.

| | RTONHA | PPRMFTO | NOFTOS | LECFTO | LPOLFTO | EPULP | LECSEM | LPCSEM | GBRIX | MALL | DFFF | THOJA |
|---------|--------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|
| RTONHA | 1.000 | 0.109 | 0.222 | 0.276 | 0.018 | 0.497 | -0.252 | -0.004 | -0.279 | -0.104 | -0.302 | 0.211 |
| PPRMFTO | | 1.000 | -0.938* | 0.810* | 0.938* | 0.747* | 0.773* | 0.913* | -0.479 | -0.034 | 0.427 | 0.332 |
| NOFTOS | | | 1.000 | -0.668* | -0.904* | -0.522 | -0.868* | -0.877* | 0.404 | 0.036 | -0.470 | -0.170 |
| LECFTO | | | | 1.000 | 0.786* | 0.881* | 0.614* | 0.778* | -0.306 | 0.134 | 0.430 | 0.435 |
| LPOLFTO | | | | | 1.000 | 0.682* | 0.794* | 0.985* | -0.219 | 0.093 | 0.484 | 0.317 |
| EPULP | | | | | | 1.000 | 0.348 | 0.653 | -0.303 | 0.027 | 0.406 | 0.605* |
| LECSEM | | | | | | | 1.000 | 0.776* | -0.168 | 0.085 | 0.255 | -0.076 |
| LPCSEM | | | | | | | | 1.000 | -0.210 | 0.170 | 0.443 | 0.366 |
| GBRIX | | | | | | | | | 1.000 | 0.459 | 0.074 | -0.187 |
| MALL | | | | | | | | | | 1.000 | -0.167 | -0.233 |
| DFFF | | | | | | | | | | | 1.000 | 0.369 |
| THOJA | | | | | | | | | | | | 1.000 |

* = Significativo al 0.05 de probabilidad.

Continuación Cuadro 2.6.....

| | TAIR | CO2 | RH | FOTO | CE | TRANSP | UEA | DPRFTO | DFLMASC | DFLFEM | CENIC | ANTRAC | PULG |
|-----------------|--------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|--------|---------|--------|
| RTONHA | 0.466 | -0.181 | -0.199 | -0.321 | 0.310 | -0.132 | -0.113 | -0.733* | -0.744* | -0.744* | -0.472 | 0.297 | 0.485 |
| PPRMFTO | -0.161 | -0.580* | 0.731* | 0.369 | 0.104 | 0.517 | 0.395 | -0.256 | -0.274 | -0.274 | -0.455 | -0.260 | 0.220 |
| NOFTOS | 0.373 | 0.463 | -0.781* | -0.429 | -0.035 | -0.528 | -0.370 | 0.018 | 0.033 | 0.033 | 0.256 | 0.354 | -0.081 |
| LECFTO | 0.172 | -0.591* | 0.382 | 0.008 | 0.054 | 0.429 | 0.323 | -0.293 | -0.295 | -0.295 | -0.618 | -0.250 | 0.174 |
| LPOLFTO | -0.111 | -0.592* | 0.778* | 0.280 | 0.234 | 0.566 | 0.268 | -0.027 | -0.046 | -0.046 | -0.504 | -0.322 | 0.156 |
| EPULP | 0.297 | -0.721* | 0.414 | 0.199 | 0.037 | 0.417 | 0.478 | -0.444 | -0.459 | -0.459 | -0.622 | -0.205 | 0.412 |
| LECSEM | -0.247 | -0.347 | 0.511 | 0.196 | 0.187 | 0.165 | 0.074 | 0.156 | 0.147 | 0.147 | -0.261 | -0.265 | 0.053 |
| LPCSEM | -0.028 | -0.564 | 0.736* | 0.253 | 0.180 | 0.518 | 0.224 | 0.002 | -0.014 | -0.014 | -0.520 | -0.252 | 0.072 |
| GBRIX | 0.283 | 0.073 | -0.254 | -0.008 | 0.362 | -0.289 | -0.252 | 0.718* | 0.714* | 0.714* | 0.136 | -0.166 | -0.072 |
| MALL | 0.406 | 0.194 | -0.207 | -0.106 | 0.401 | -0.297 | -0.506 | 0.217 | 0.219 | 0.219 | 0.150 | -0.037 | -0.015 |
| DFFF | -0.120 | -0.312 | 0.441 | 0.369 | -0.142 | 0.695* | 0.712* | 0.285 | 0.284 | 0.284 | -0.034 | -0.786* | 0.051 |
| THOJA | 0.307 | -0.743* | 0.387 | 0.308 | -0.498 | 0.457 | 0.650* | -0.164 | -0.169 | -0.169 | -0.673 | 0.169 | -0.134 |
| TAIR | 1.000 | -0.105 | -0.432 | -0.217 | 0.123 | -0.439 | -0.197 | -0.173 | -0.167 | -0.167 | -0.194 | 0.131 | 0.362 |
| CO ₂ | | 1.000 | -0.645* | -0.481 | 0.086 | -0.411 | -0.549 | 0.153 | 0.173 | 0.173 | 0.758* | -0.120 | -0.142 |
| RH | | | 1.000 | 0.572 | 0.031 | 0.734* | 0.425 | 0.005 | -0.021 | -0.021 | -0.345 | -0.164 | 0.050 |
| FOTO | | | | 1.000 | -0.108 | 0.212 | 0.625* | 0.104 | 0.083 | 0.083 | 0.063 | -0.110 | 0.117 |
| CE | | | | | 1.000 | -0.174 | -0.536 | -0.064 | -0.081 | -0.081 | 0.018 | -0.114 | 0.484 |
| TRANSP | | | | | | 1.000 | 0.554 | -0.036 | -0.043 | -0.043 | -0.290 | -0.393 | -0.135 |
| UEA | | | | | | | 1.000 | -0.012 | -0.020 | -0.020 | -0.218 | -0.325 | -0.032 |
| DPRFTO | | | | | | | | 1.000 | 0.999* | 0.999* | 0.224 | -0.329 | -0.465 |
| DFLMASC | | | | | | | | | 1.000 | 1.000* | 0.234 | -0.326 | -0.484 |
| DFLFEM | | | | | | | | | | 1.000 | 0.234 | -0.326 | -0.484 |
| CENIC | | | | | | | | | | | 1.000 | -0.378 | 0.139 |
| ANTRAC | | | | | | | | | | | | 1.000 | -0.318 |
| PULG | | | | | | | | | | | | | 1.000 |

Cuadro 2.7. Análisis de Componentes Principales (Eigenvalores) entre variables en 12 genotipos de melón (*Cucumis melo* L.) en campo.

| Valor | Eigenvalor | % Varianza Total | Eigeneval. Acum. | % Acumulado |
|-------|------------|------------------|------------------|-------------|
| 1 | 8.291 | 33.164 | 8.291 | 33.164 |
| 2 | 4.972 | 19.888 | 13.263 | 53.052 |
| 3 | 2.988 | 11.950 | 16.251 | 65.002 |
| 4 | 2.309 | 9.238 | 18.560 | 74.240 |
| 5 | 1.895 | 7.581 | 20.455 | 81.821 |
| 6 | 1.280 | 5.121 | 21.736 | 86.943 |

En el Cuadro 2.8, se presentan los valores ponderados de las variables en estudio, para cada Componente Principal. En el componente 1, se encuentra un alto valor en las características cuantitativas del fruto (peso y tamaño), y con alto valor, pero negativo, el NOFTOS, por lo que este componente se llamaría “Características Cuantitativas del Rendimiento”. En el componente 2, el alto valor se encuentra en las características de DPRFTO, DFMASO y DFFEM, por lo que éste componente puede llamarse “Componente de Precocidad”. Para las variables fisiológicas, hasta el componente 6 se llamaría “Componente Fisiológico del Rendimiento”, siendo preponderante la Fotosíntesis (Matsuda *et al.*, 1997 y Ransmarck, 1995) puesto que es un proceso fisiológico complejo, que está determinado fuertemente por variables como la intensidad luminosa y concentración de CO₂, entre otras (Reddy *et al.*, 1994 y Acock *et al.*, 1990). En la Figura 2.5 se presentan los anteriores resultados, considerando 3 componentes.

Cuadro 2.8. Contribución relativa de las variables analizadas en 6 Componentes Principales en 12 genotipos de melón (*Cucumis melo* L.) en campo.

| | Componentes Principales | | | | | |
|-----------------|-------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | Comp. 1 | Comp 2 | Comp. 3 | Comp. 4 | Comp. 5 | Comp. 6 |
| RTONHA | -0.073 | -0.744* | 0.344 | 0.295 | -0.118 | -0.212 |
| PPRMFTO | 0.892* | -0.249 | -0.050 | 0.161 | 0.163 | 0.142 |
| NOFTOS | -0.910* | 0.021 | 0.180 | 0.026 | -0.174 | -0.205 |
| LECFTO | 0.724* | -0.245 | 0.106 | 0.420 | 0.247 | -0.256 |
| LPOLFTO | 0.933* | -0.018 | 0.072 | 0.190 | 0.156 | 0.074 |
| EPULP | 0.526 | -0.426 | 0.216 | 0.563 | 0.302 | 0.010 |
| LECSEM | 0.876* | 0.148 | 0.013 | -0.130 | -0.017 | 0.016 |
| LPCSEM | 0.919* | 0.031 | 0.074 | 0.240 | 0.094 | 0.011 |
| GBRIX | -0.269 | 0.706* | 0.568 | 0.044 | 0.027 | 0.041 |
| MALL | 0.146 | 0.302 | 0.611 | -0.112 | -0.134 | -0.282 |
| DFFF | 0.305 | 0.234 | -0.120 | 0.247 | 0.822* | 0.154 |
| THOJA | 0.104 | -0.091 | -0.174 | 0.917* | 0.089 | 0.152 |
| TAIR | -0.250 | -0.134 | 0.680 | 0.445 | 0.011 | -0.256 |
| CO ₂ | -0.449 | 0.097 | -0.060 | -0.709* | 0.049 | -0.411 |
| RH | 0.700 | 0.015 | -0.229 | 0.153 | 0.064 | 0.512 |
| FOTO | 0.191 | 0.108 | -0.034 | 0.130 | 0.115 | 0.889* |
| CE | 0.259 | -0.092 | 0.704* | -0.388 | -0.105 | 0.019 |
| TRANSP | 0.446 | -0.028 | -0.451 | 0.256 | 0.449 | 0.103 |
| UEA | 0.099 | -0.040 | -0.398 | 0.502 | 0.523 | 0.445 |
| DPRFTO | -0.021 | 0.958* | 0.012 | -0.076 | 0.105 | 0.027 |
| DFLMASC | -0.036 | 0.961* | 0.000 | -0.078 | 0.108 | 0.001 |
| DFLFEM | -0.036 | 0.961* | 0.000 | -0.078 | 0.108 | 0.001 |
| CENIC | -0.415 | 0.147 | 0.001 | -0.748* | 0.302 | 0.135 |
| ANTRAC | -0.225 | -0.201 | -0.103 | 0.242 | -0.895* | 0.014 |
| PULG | 0.055 | -0.562 | 0.593 | -0.168 | 0.327 | 0.272 |

En el Cuadro 2.9, se presenta la puntuación relativa de cada genotipo en los 6 Componentes Principales. En la Figura 2.6, es la posición relativa en un espacio de 3 dimensiones, para los Componentes 1, 2 y 6, destacando los genotipos Primo, Cruiser, Durango y Laguna.

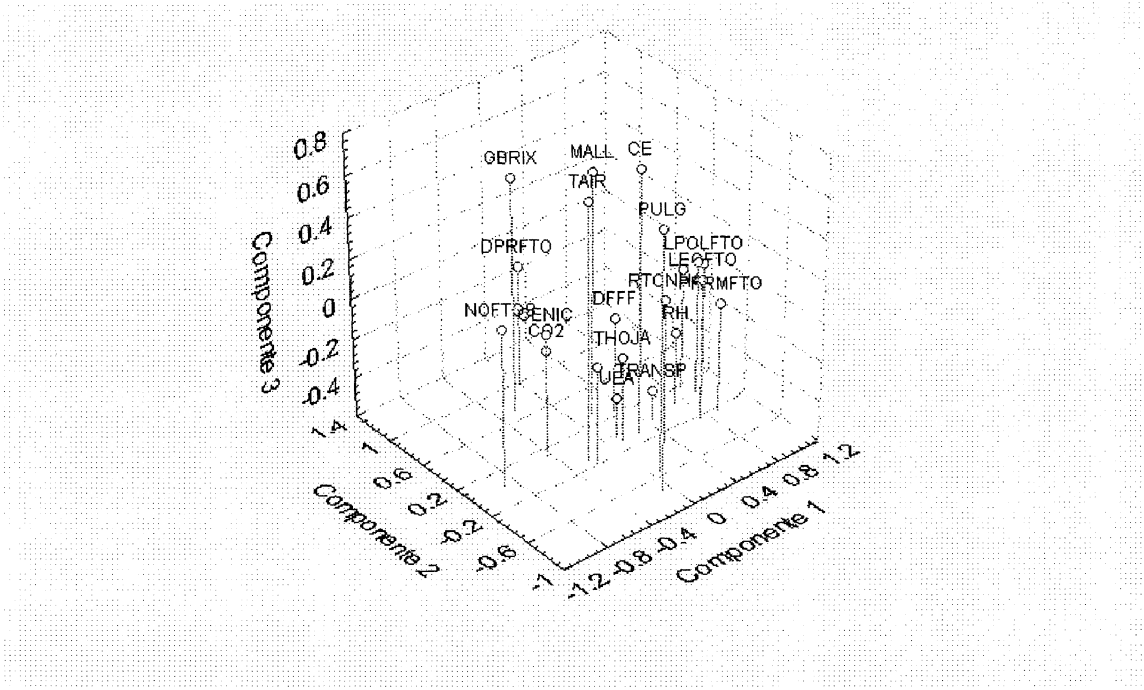


Figura 2.5. Posición de las variables analizadas en los 3 Componentes Principales, en 12 genotipos de melón (*Cucumis melo* L.) en campo

Al realizar el ARLM entre RTONHA y 10 variables, se encontró diferencias con $p < 0.057$, que, considerando la heterogeneidad y heterocigosidad del material genético, así como las condiciones de campo que influyeron en la expresión de todos los factores en estudio, se considera adecuado para ajustar los datos a una tendencia lineal. Dadas las características agroclimáticas presentes en el área de estudio, extremas en su temperatura y precipitación, se considera necesario avanzar más en el análisis estadístico de los datos, para estar en posibilidad de simular el rendimiento con la toma de datos rápidos y precisos (Ventura y Medlinger, 1998, Jenni *et al.*, 1998).

Cuadro 2.9. Comportamiento de 12 genotipos de melón (*Cucumis melo* L.) en campo, en 6 componentes principales.

| | Componentes Principales | | | | | |
|------------|-------------------------|--------|---------|---------|---------|---------|
| | Comp. 1 | Comp 2 | Comp. 3 | Comp. 4 | Comp. 5 | Comp. 6 |
| Primo | 1.735 | 0.985 | -0.071 | 1.535 | 1.219 | 0.764 |
| Pronto | 0.121 | -0.508 | -1.437 | 0.241 | 1.208 | 0.199 |
| Challenger | -0.882 | -0.776 | -1.437 | 0.193 | -0.139 | 1.264 |
| Cheyenne | -0.571 | 0.314 | 0.958 | 0.650 | -0.376 | -0.066 |
| HiLine | 0.931 | 0.375 | -0.248 | -0.455 | -0.798 | -1.444 |
| Cruiser | 0.450 | -1.988 | 1.957 | -0.932 | 0.965 | 0.568 |
| Durango | 1.489 | 0.700 | 0.338 | -0.675 | -0.692 | -0.245 |
| Apache | -0.718 | 0.356 | 0.562 | 0.900 | -1.185 | 1.161 |
| Laguna | 0.495 | -1.196 | -0.920 | -0.382 | -1.741 | -0.081 |
| Caravelle | -1.069 | -0.636 | 0.205 | 1.402 | 0.538 | -2.215 |
| TopMark | -0.716 | 0.926 | -0.680 | -1.930 | 1.169 | -0.283 |
| MainPak | -1.266 | 1.446 | 0.773 | -0.547 | -0.170 | 0.378 |

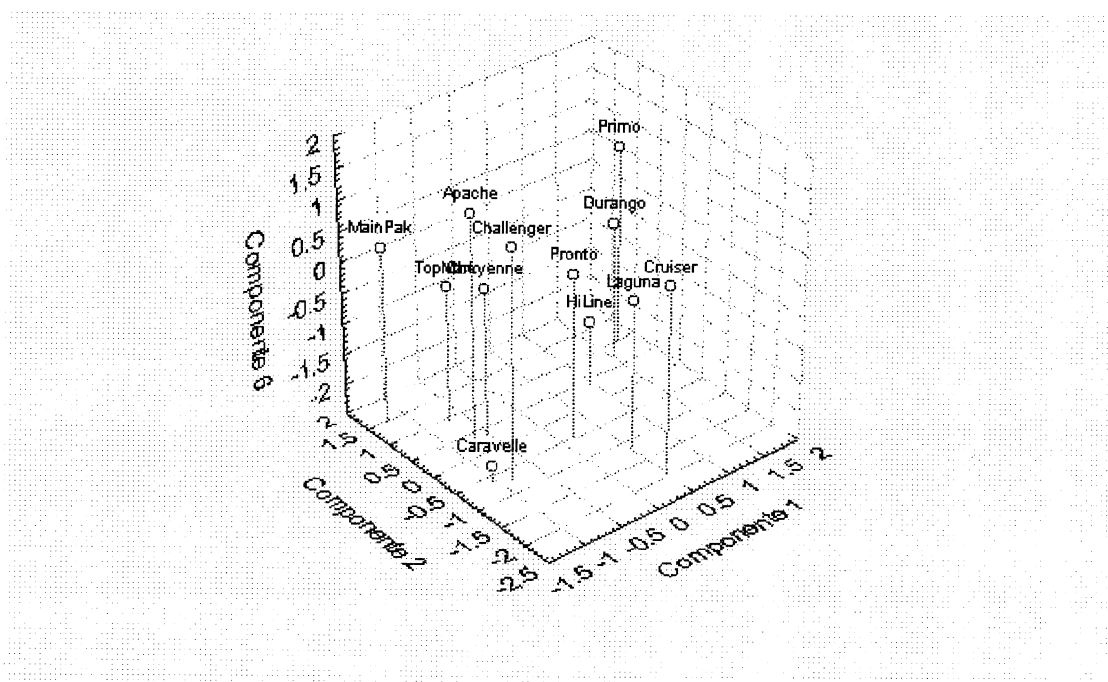


Figura 2.6. Posición de 12 genotipos de melón (*Cucumis melo* L.) en campo, considerando los componentes 1, 2 y 6

En el Cuadro 2.10, se presentan los resultados del análisis de Regresión Lineal Múltiple, considerando el Rendimiento en t ha⁻¹, debido a que esta variable es la de mayor interés comercial, así como atributos de precocidad, del fruto y fisiológicos.

Cuadro 2.10. Etapas sucesivas en el coeficiente de correlación y coeficiente de determinación múltiple, entre RTONHA y 10 variables en 12 genotipos de melón (*Cucumis melo* L.) en campo.

| | Múltiple R | Múltiple R ² | Cambio en R ² | F en Etapas | Nivel de Probab. |
|-----------------|------------|-------------------------|--------------------------|-------------|------------------|
| DPRFTO | 0.733 | 0.538 | 0.538 | 11.623 | 0.182 |
| TAIR | 0.810 | 0.656 | 0.119 | 3.104 | 0.329 |
| CE | 0.841 | 0.707 | 0.051 | 1.385 | 0.448 |
| FOTO | 0.856 | 0.733 | 0.026 | 0.688 | 0.559 |
| UEA | 0.893 | 0.797 | 0.064 | 1.905 | 0.399 |
| DFFF | 0.966 | 0.933 | 0.135 | 10.074 | 0.194 |
| TRANSP | 0.976 | 0.952 | 0.019 | 1.574 | 0.428 |
| CO ₂ | 0.984 | 0.968 | 0.016 | 1.504 | 0.435 |
| RH | 0.999 | 0.999 | 0.031 | 43.106 | 0.096 |
| NOFTOS | 1.000 | 0.999 | 0.001 | 1.674 | 0.419 |

Debe de incluirse la susceptibilidad a cenicilla polvorienta, ya que en la región norte de México, es la enfermedad de mayor peligrosidad en el cultivo del melón, puesto que sus biotipos pueden mutar rápidamente (Lemaire *et al.*, 1997). Se encontró un Coeficiente de Determinación alto de 0.952, hasta la 7^a variable (TRANS), habiendo un ajuste casi perfecto con otras tres variables, considerando las 10 variables mencionadas. En este análisis, se encontró mayor valor de R² en DPRFTO, TAIR y DFFF, y menor valor con RH y NOFTOS; en la figura 2.7, se presentan los valores observados y predichos, con un valor residual pequeño. Lo anterior es importante, si se considera que estas variables son relativamente fáciles de tomar (Jenni^b *et al.*, 1998, Boote y Pickering, 1994 y Taelk *et al.*, 1996).

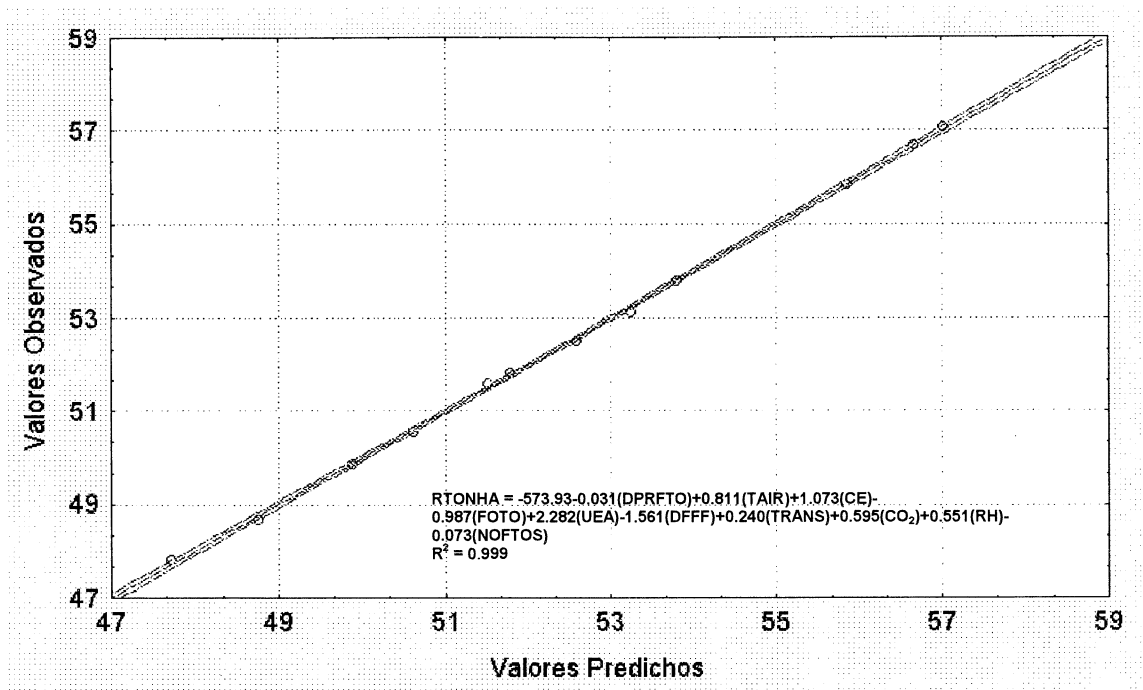


Figura 2.7. Valores observados y predichos por regresión lineal múltiple, en 12 genotipos de melón (*Cucumis melo* L.) en campo

En la figura 2.8, se presenta la posición relativa de los 12 genotipos de melón, entre el rendimiento y principales variables. Siendo el Fitomejoramiento tradicional un procedimiento importante para la obtención de poblaciones con amplia variabilidad genética y variedades superiores de melón (García *et al.*, 1998 y Weinhong, 1998) este tipo de análisis es útil para determinar los mejores genotipos, su siembra intensiva en principio, así como para ser utilizado en estudios posteriores como cultigenes para formar poblaciones sobresalientes de donde puedan derivarse estrategias específicas de Fitomejoramiento.

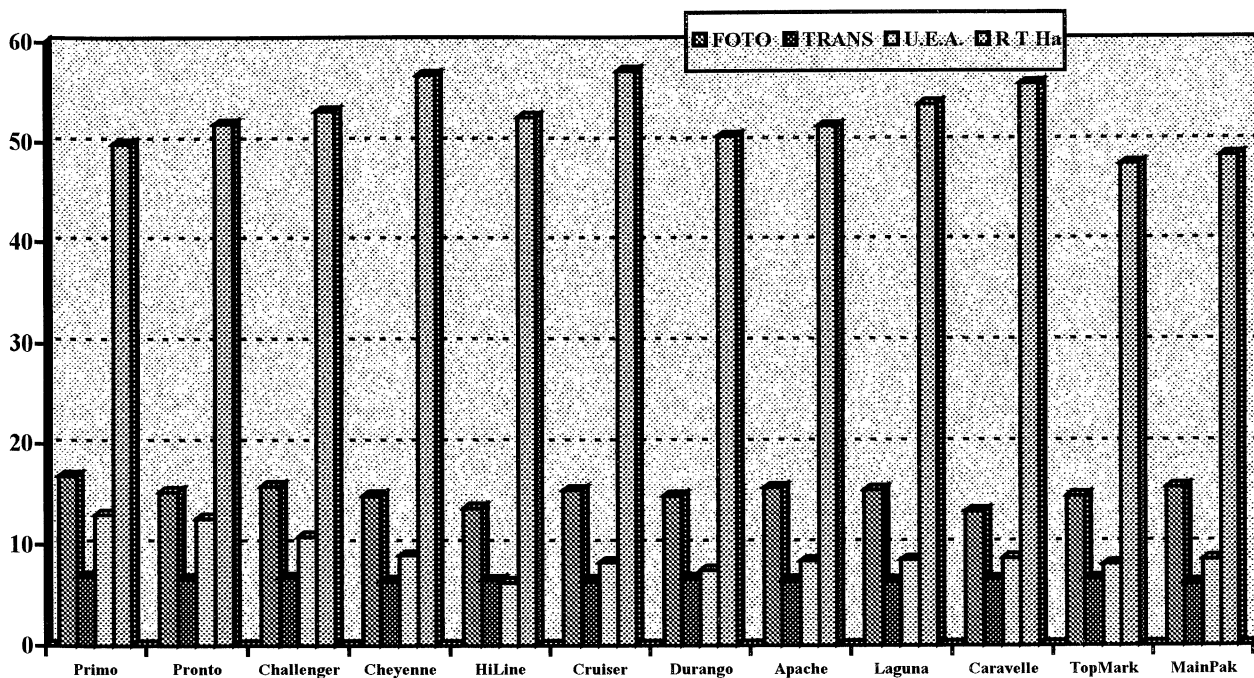


Figura 2.8 Comportamiento de 12 genotipos de melón (*Cucumis melo* L.) en campo, en las variables Fotosíntesis ($\mu \text{ mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), Transpiración ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), Uso Eficiente del Agua y Rendimiento (t ha^{-1})

Para el estudio de tomate en invernadero, en el Cuadro 2.11, se presentan los coeficientes de correlación entre las diferentes variables en estudio para los 11 genotipos, encontrándose correlaciones significativas ($p < 0.05$) entre las variables de Temperatura del Aire y Temperatura de la Hoja, indicando que al haber alta temperatura ambiental en el invernadero, no hay barreras o influencia de corrientes de aire, y también se calienta el tejido fotosintético; también se encontró alta correlación entre Fotosíntesis y Uso Eficiente del Agua, indicándonos que los genotipos que más fotosintetizan, son los que mejor utilizan el agua, (Allen y Rudich, 1978). Dado que para obtener el UEA también se toma en cuenta el valor de transpiración, y al haber poca correlación entre transpiración y UEA, se considera de mayor importancia, en esta variable, la Fotosíntesis. Para las características de rendimiento promedio por planta por corte y los frutos por planta por corte, se encontraron correlaciones

Cuadro 2.11. Correlaciones entre variables agroclimáticas, fisiológicas y de rendimiento, en 11 genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* M.) en invernadero.

| | DFFF | TAIR | THOJA | CO ₂ | HR | FOTO | CE | TRANSP | UEA | PPMFTO | RPMPTAC | FTPTAC | RDTOTPTA | RTOTONHA |
|-----------------|-------|--------|--------|-----------------|---------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|--------|----------|----------|
| DFFF | 1.000 | -0.213 | -0.173 | -0.449 | 0.376 | 0.458 | 0.533 | 0.162 | 0.442 | -0.133 | -0.030 | 0.055 | -0.030 | -0.030 |
| TAIR | | 1.000 | 0.756* | -0.048 | -0.228 | 0.174 | 0.004 | 0.480 | -0.010 | -0.709* | -0.452 | -0.333 | -0.451 | -0.451 |
| THOJA | | | 1.000 | 0.061 | -0.308 | 0.252 | -0.026 | 0.138 | 0.218 | -0.621* | -0.552 | -0.438 | -0.553 | -0.553 |
| CO ₂ | | | | 1.000 | -0.646* | -0.054 | -0.327 | -0.143 | -0.012 | 0.124 | 0.334 | 0.340 | 0.335 | 0.335 |
| HR | | | | | 1.000 | 0.245 | 0.330 | 0.021 | 0.280 | 0.229 | 0.269 | 0.229 | 0.267 | 0.267 |
| FOTO | | | | | | 1.000 | 0.600 | 0.458 | 0.922* | -0.064 | 0.037 | 0.049 | 0.037 | 0.037 |
| CE | | | | | | | 1.000 | 0.694* | 0.373 | 0.334 | -0.089 | -0.263 | -0.088 | -0.088 |
| TRANSP | | | | | | | | 1.000 | 0.079 | -0.077 | -0.220 | -0.273 | -0.218 | -0.218 |
| UEA | | | | | | | | | 1.000 | -0.038 | 0.132 | 0.168 | 0.132 | 0.132 |
| PPMFTO | | | | | | | | | | 1.000 | 0.499 | 0.189 | 0.500 | 0.500 |
| RPMPTAC | | | | | | | | | | | 1.000 | 0.936* | 1.000* | 1.000* |
| FTPTAC | | | | | | | | | | | | 1.000 | 0.935* | 0.935* |
| RDTOTPTA | | | | | | | | | | | | | 1.000 | 1.000* |
| RTOTONHA | | | | | | | | | | | | | | 1.000 |

* = Significativo al 0.05 de probabilidad.

significativas ($p < 0.05$), indicando que a mayor número de frutos, mayor rendimiento, (Swenney *et al.*, 1987). No se encontraron otras correlaciones entre las variables agroclimáticas y fisiológicas con rendimiento.

En las funciones fisiológicas, se encontró correlación significativa, ($p < 0.05$), entre Conductancia Estomática, y Transpiración, y con Fotosíntesis, alto valor (0.600) no significativo por el tamaño de muestra, reflejándose la dependencia de estas 2 funciones en el grado de apertura estomatal y mayor intercambio de CO_2 y H_2O , entre la cámara estomática y la atmósfera circundante.

La ausencia de correlación entre Fotosíntesis y las características de Rendimiento, indica que los genotipos más rendidores no son los que más acumulan fotosintetizados en los frutos, habiendo otras variables que influyen en la acumulación de fotosintetizados y el amarre y crecimiento de los frutos. Mayor fotosíntesis, puede acumular más fotosintetizados en otros órganos de crecimiento y sostén (Pearce *et al.*, 1993). Otro aspecto que hay que considerar, es que se tomaron los datos promediados para cada genotipo, por lo que son relativamente pocas observaciones, (9 grados de libertad para la correlación), aunque los datos agroclimáticos y fisiológicos promediados, son de 72 observaciones (4 repeticiones x 3 evaluaciones x 3 horas del día x 2 posiciones de hoja). Una manera de remediar lo anterior, es tomando los datos de cada repetición y cada genotipo (44 en la correlación) por lo que serían correlaciones genotípicas, y no fenotípicas. (si las demás condiciones permanecen constantes, y hay variación en un genotipo dado, de una repetición a otra, se debe principalmente, a la variabilidad genética inherente al genotipo).

Al no encontrarse correlaciones que permitan mejor entendimiento del rendimiento, se utilizó una técnica de Análisis Multivariado de Componentes Principales, en que se reduce la dimensionalidad de los datos, y es muy útil para discriminar variables tomadas en conjunto, así como para seleccionar los genotipos con mejores atributos, considerando el conjunto de variables en su totalidad. (Godshalk y Timothy, 1988).

En el Cuadro 2.12, se presentan los valores de la varianza que explica cada componente, como porcentaje de la varianza total. Se observa que los 3 primeros componentes explican el 72 % de la varianza total, por lo que estos son los 3 componentes principales. Sin embargo, los 5 componentes, tienen un Eigenvalor mayor a 1, por lo que se pueden seleccionar los 5 componentes.

Cuadro 2.12. Análisis de componentes principales (Eigenvalores) entre variables en 11 genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* M), en invernadero.

| Valor | Eigenvalor | % Varianza Total | Eigenval. Acum | % Acumulado |
|-------|------------|------------------|----------------|-------------|
| 1 | 4.991 | 35.653 | 4.991 | 35.653 |
| 2 | 3.154 | 22.525 | 8.145 | 58.178 |
| 3 | 1.962 | 14.013 | 10.107 | 72.191 |
| 4 | 1.335 | 9.532 | 11.441 | 81.723 |
| 5 | 1.037 | 7.405 | 12.478 | 89.128 |

En el Cuadro 2.13, se presenta la contribución relativa de cada variable en los 5 Componentes Principales, encontrando valores significativos, en el componente 1, en las características de rendimiento, por lo que se puede llamar "Componente del Rendimiento Total" en términos cuantitativos, puesto que el valor de PPMFTO es bajo. Para el componente 2, se encuentra alto valor en las características de CE y TRANSP, por lo que se puede llamar "Componente de Regulación Interna de

Temperatura", por el papel fisiológico que desempeña la transpiración (Bar-Tsur *et al.*, 1985). Para el componente 3, se encuentra alto valor en TAIR y THOJA, y, con signo contrario, PPMFTO, por lo que este componente puede llamarse "Componente de Disminución de Calidad del Fruto por Altas Temperaturas". Berry y Uddin (1988), Peet y Batholomew (1996) y Bunec (1998) han estudiado el efecto de las altas temperaturas en características fisiológicas del tomate, así como el amarre de frutos y la viabilidad de polen, encontrando diferencias genotípicas que permiten explotar la variabilidad genética en programas de mejoramiento para obtener variedades tolerantes al calor.

Cuadro 2.13. Contribución relativa de cada variable en 5 Componentes Principales en 11 genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* M.), en invernadero.

| | Componentes principales | | | | |
|-----------------|-------------------------|--------|---------|---------|--------|
| | Comp. 1 | Comp.2 | Comp.3 | Comp.4 | Comp.5 |
| DFFF | -0.068 | 0.041 | 0.150 | 0.568 | 0.561 |
| TAIR | -0.233 | 0.324 | -0.878* | -0.100 | -0.043 |
| THOJA | -0.428 | 0.002 | -0.689 | -0.262 | 0.249 |
| CO ₂ | 0.304 | -0.097 | 0.025 | -0.893* | 0.030 |
| HR | 0.286 | 0.097 | 0.122 | 0.814* | 0.154 |
| FOTO | 0.061 | 0.360 | -0.124 | 0.039 | 0.888* |
| CE | -0.151 | 0.762* | 0.281 | 0.247 | 0.424 |
| TRANSP | -0.122 | 0.921* | -0.210 | 0.036 | 0.090 |
| UEA | 0.118 | 0.005 | -0.048 | 0.041 | 0.953* |
| PPMFTO | 0.291 | 0.241 | 0.845* | -0.097 | -0.081 |
| RPMPTAC | 0.947* | -0.033 | 0.236 | -0.040 | 0.032 |
| FTPTAC | 0.945* | -0.201 | 0.004 | 0.006 | 0.085 |
| RDTOTPTA | 0.947* | -0.032 | 0.236 | -0.042 | 0.032 |
| RTOTONHA | 0.947* | -0.032 | 0.236 | -0.042 | 0.032 |

El componente 5 también se toma en cuenta en este estudio, puesto que las variables que mayor contribuyen a la varianza, son FOTO y UEA, por lo que se

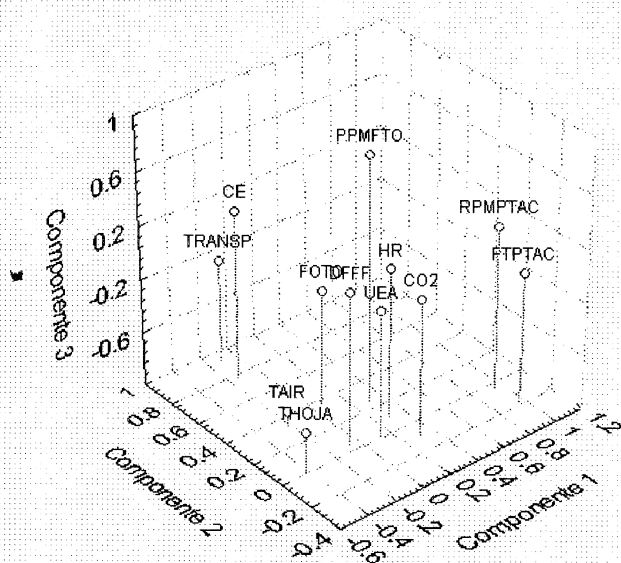


Figura 2.9. Posición de las variables analizadas en los 3 Componentes Principales, en 11 genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* M.) en invernadero.

Cuadro 2.14. Contribución relativa para los componentes principales de 11 genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* M.), en invernadero.

| | Componentes principales | | | | |
|------------|-------------------------|--------|--------|--------|--------|
| | Comp.1 | Comp.2 | Comp.3 | Comp.4 | Comp.5 |
| Contessa | -0.027 | -0.173 | -0.819 | -1.718 | 0.263 |
| SumFla5000 | 0.618 | 0.644 | 0.632 | 0.387 | -1.344 |
| SumFla6000 | 0.235 | 0.360 | -0.772 | 0.151 | 2.411 |
| Celebrity | 1.276 | 1.050 | 0.599 | -1.015 | -0.009 |
| Bonita | 0.424 | -1.885 | 0.473 | -1.288 | -0.504 |
| ShadyLady | 1.085 | 0.155 | 0.220 | 0.797 | 0.495 |
| Sunbolt | -0.899 | 1.716 | -1.117 | 0.050 | -0.871 |
| Sunny | 0.642 | -0.246 | 0.502 | 1.090 | -0.512 |
| Heatwave | -0.092 | -1.157 | -0.478 | 1.600 | 0.169 |
| Olympic | -2.056 | 0.245 | 2.096 | -0.062 | 0.655 |
| FloraDade | -1.206 | -0.708 | -1.336 | 0.010 | -0.752 |

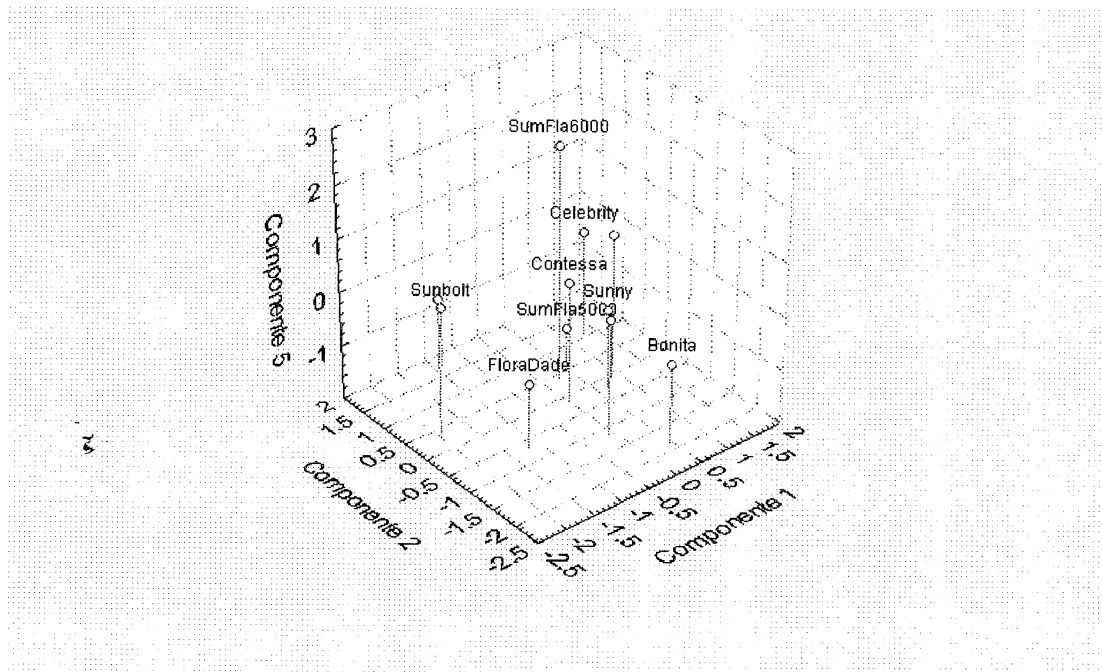


Figura 2.10. Posición de 11 genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* M.) en invernadero, considerando los componentes 1, 2 y 5

llamaría "Componente de la Producción Eficiente de Fotosintetizados". En la figura 2.9 se presentan los resultados obtenidos en 3 dimensiones.

En el Cuadro 2.14 y Figura 2.10, se presenta la contribución relativa de cada genotipo, para los Componentes Principales en estudio, sobresaliendo los genotipos Celebrity, Shady Lady, Sunny y Summer Flavor 6000.

En los resultados del ARLM entre el rendimiento en $t\ ha^{-1}$ (RTOTONHA) y 4 variables, se encontraron diferencias significativas ($p < 0.01$). Cabe mencionar que hay un alto ajuste ($r^2 = .985$) en la ecuación, lo que se puede observar en el Cuadro 2.15 y Figura 2.11, con los valores observados y predichos.

Cuadro 2.15. Etapas sucesivas en el coeficiente de correlación y coeficiente de determinación múltiple, entre RTOTONHA y 4 variables, en 11 genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* M.), en invernadero.

| | Múltiple R | Múltiple R ² | Cambio en R ² | F en Etapas | Nivel de Probab. |
|--------|------------|-------------------------|--------------------------|-------------|------------------|
| FTPTAC | 0.935 | 0.875 | 0.875 | 62.734 | 0.000 |
| PPMFTO | 0.991 | 0.982 | 0.108 | 49.002 | 0.000 |
| TRANSP | 0.992 | 0.985 | 0.002 | 1.006 | 0.355 |
| FOTO | 0.992 | 0.985 | 0.000 | 0.031 | 0.866 |

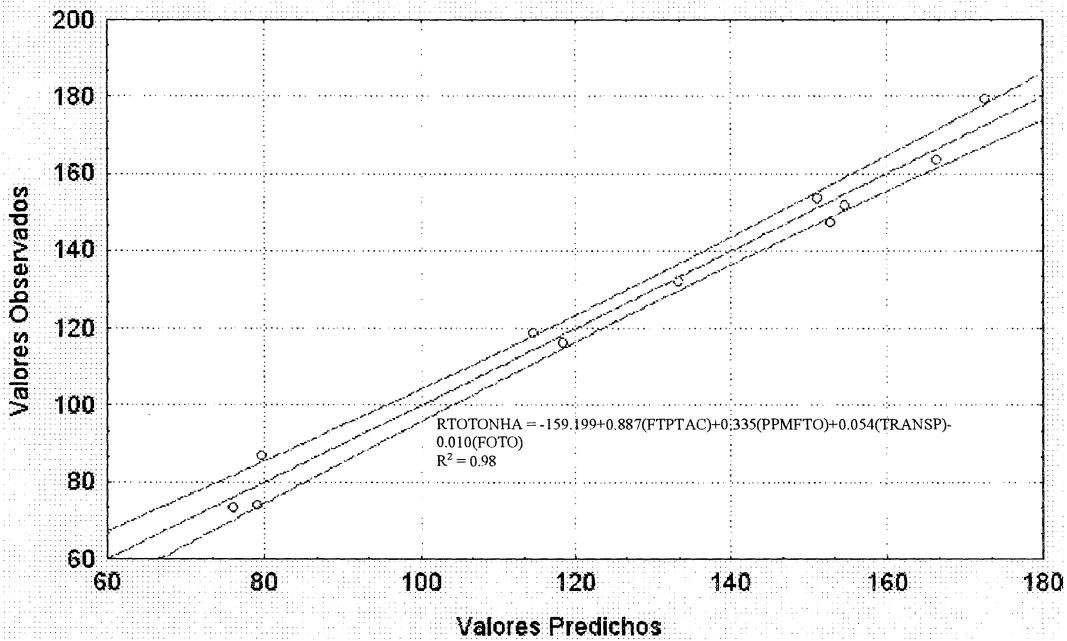


Figura 2.11. Valores observados y predichos por regresión lineal múltiple, en 11 genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* M) en invernadero

En la Figura 2.12, se presenta la posición de los 11 genotipos, considerando diferentes variables en estudio, y sobre todo, las variables que intervienen en la ecuación de predicción del rendimiento, sobresaliendo los genotipos mencionados, puesto que, a pesar de no tener altos valores de FOTO y UEA, presentan alto rendimiento (RTOTONHA). Será el criterio del investigador en tomate, (Long y Hallgren, 1993 y Reddy *et al.*, 1994), el conocimiento del cultivo y las prioridades del programa, los que determinen finalmente sobre los mejores genotipos a seleccionarse.

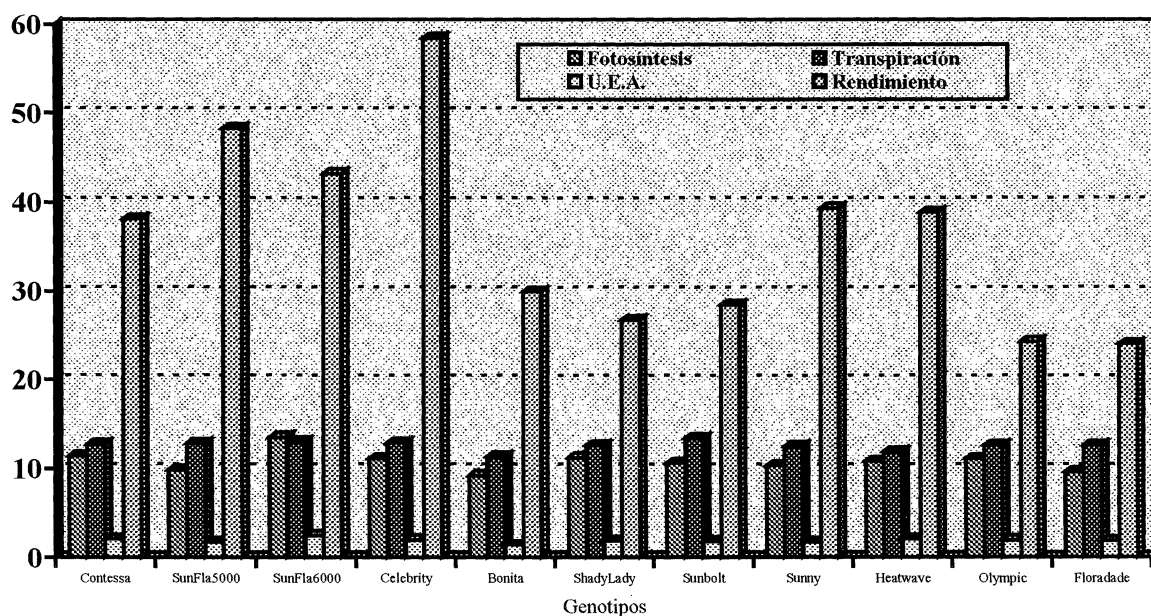


Figura 2.12. Comportamiento de 11 genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* M.) en las variables Fotosíntesis ($\mu \text{ mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), Transpiración ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), Uso Eficiente de Agua y Rendimiento ($\text{t ha}^{-1} \text{ 3}^{-1}$).

Para el estudio de tomate en campo, en el Cuadro 2.16, se presentan las correlaciones entre las variables en estudio, encontrándose significancia ($p < 0.05$) entre RTNHATOT y CLFFTO, con valor de 0.671, así como entre CLFFTO y PPROMFTO, con valor de 0.742; lo anterior nos indica que frutos seleccionados por su mejor calificación, contribuyeron a que se expresara mayor rendimiento por hectárea, así como mayor peso promedio de fruto. Entre los atributos de rendimiento y su relación con las variables fisiológicas, se encontró significancia entre FTPARC y FOTO, con $r = 0.775$, y con UEA, con $r = 0.918$, significando lo anterior, que los genotipos con mayor actividad fotosintética, y con mejor uso eficiente del agua, tuvieron mayor número de frutos, y mejor rendimiento, que se expresa con un valor de $r = 0.587$, que aunque no fue significativo, sí es directo y positivo. Lo anterior, puede ser sustentado un poco mejor, al observarse $r = -0.603$, entre CLFFTO y TRAN, lo que indica que las plantas con mayor transpiración, presentaron frutos de menor calidad. Allen y Rudich (1978) y Das *et al.*, (1998) encontraron que en tomate, determinar el genotipo adecuado es de importancia fundamental para generar un sistema de explotación adecuada, y la determinación de las variables correlacionadas, permite un mejor entendimiento de los procesos involucrados en la expresión del rendimiento, permitiendo además, el sobrepasar limitaciones fisiológicas al rendimiento; los resultados aquí obtenidos, concuerdan con los obtenidos por los investigadores mencionados. Otras correlaciones importantes, son las que se encontraron entre FOTO y TRAN, con $r = 0.653$, y entre FOTO y UEA, con $r = 0.861$. Lo anterior, nos indica que en tomate, la actividad fotosintética está

Cuadro 2.16. Correlaciones entre variables de rendimiento, agroclimáticas y fisiológicas en 11 genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* M.) en Campo.

| | RTNHATOT | FTPARC | PPROMFT | CLFFTO | DFFF | TAIR | THOJA | CO ₂ | HR | FOTO | TRAN | CE | UEA |
|-----------------|----------|--------|---------|--------|-------|--------|--------|-----------------|--------|--------|---------|--------|--------|
| RTNHATOT | 1.000 | 0.587 | 0.293 | 0.671* | 0.277 | -0.435 | -0.413 | 0.276 | -0.054 | 0.240 | -0.493 | -0.171 | 0.569 |
| FTPARC | | 1.000 | -0.512 | -0.075 | 0.026 | -0.136 | -0.250 | 0.025 | -0.224 | 0.775* | 0.152 | -0.138 | 0.918* |
| PPROMFT | | | 1.000 | 0.742* | 0.601 | -0.116 | 0.105 | 0.601 | 0.324 | -0.501 | -0.544 | 0.095 | -0.328 |
| CLFFTO | | | | 1.000 | 0.495 | -0.228 | -0.086 | 0.495 | 0.245 | -0.180 | -0.603* | -0.139 | 0.043 |
| DFFF | | | | | 1.000 | 0.267 | 0.512 | 1.000* | 0.447 | 0.077 | -0.169 | 0.118 | 0.236 |
| TAIR | | | | | | 1.000 | 0.857* | 0.270 | 0.150 | 0.199 | 0.627* | -0.170 | -0.130 |
| THOJA | | | | | | | 1.000 | 0.514 | 0.537 | -0.021 | 0.311 | -0.319 | -0.210 |
| CO ₂ | | | | | | | | 1.000 | 0.447 | 0.077 | -0.168 | 0.117 | 0.236 |
| HR | | | | | | | | | 1.000 | -0.187 | -0.229 | -0.427 | -0.103 |
| FOTO | | | | | | | | | | 1.000 | 0.653* | 0.094 | 0.861* |
| TRAN | | | | | | | | | | | 1.000 | 0.224 | 0.215 |
| CE | | | | | | | | | | | | 1.000 | 0.020 |
| UEA | | | | | | | | | | | | | 1.000 |

* = significativos al 0.05 de probabilidad

directamente relacionada con la actividad transpiratoria, y sobre todo con el uso eficiente del agua, puesto que es necesario que en las zonas semiáridas, la transpiración se realice adecuadamente, para que la anatomía interna de la planta se enfríe, y pueda llevarse adelante una fijación mayor de CO₂, con la utilización de menor cantidad de agua. Bar-Tsur *et al.*, (1985), y Cheema *et al.*, (1992) encontraron que, al buscar germoplasma de tomate tolerante al calor, es de importancia medir la tasa transpiratoria y la capacidad genotípica de mantener viables las inflorescencias, así como el amarre del fruto, lo que se puede lograr con una adecuada transpiración y uso eficiente del agua adecuados, mismos resultados encontrados en éste estudio.

Para profundizar en el entendimiento de la relación entre las variables estudiadas, así como el agrupamiento de las mismas en orden jerárquico, se realizó Análisis Multivariado de Componentes Principales de Variación. En el Cuadro 2.17, se presentan los Eigenvalores y el % de la varianza total que explica cada uno. Se encontraron 4 valores mayores a 1, explicando entre los 4, un 87.39 % de la varianza genotípica total; siendo los 3 primeros muy similares, explicando entre los 3, un 76.17% de la variación, por lo que podemos seleccionar sólo estos 3 componentes.

Cuadro 2.17. Análisis de Componentes Principales (Eigenvalores) entre variables en 11 genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* M.) en campo.

| Valor | Eigenvalor | % Varianza Total | Eigenval. Acum. | % Acumulado |
|-------|------------|------------------|-----------------|-------------|
| 1 | 3.794 | 29.184 | 3.794 | 29.184 |
| 2 | 3.208 | 24.674 | 7.002 | 53.858 |
| 3 | 2.901 | 22.312 | 9.902 | 76.170 |
| 4 | 1.458 | 11.218 | 11.361 | 87.389 |

En el Cuadro 2.18, se presenta la relación de las variables y su contribución relativa a cada componente. En el componente 1, se encuentra mayor contribución ($p < 0.05$) de PPROMFT, DFFF y CO₂, y no significativa, a CLFFTO. Estas características están relacionadas con la calidad del fruto, puesto que un criterio para la calificación, era que no tuvieran daño por quemaduras de sol, y que tuvieran tamaño grande y uniforme, por lo que los genotipos que más contribuyan a este componente, serán los que mejor calidad del fruto presentan, soportando alta iluminación, y con una mayor protección de los mismos por el follaje, o por actividad

Cuadro 2.18. Contribución relativa de cada variable en 4 Componentes Principales en 11 genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* M.) en campo.

| | Componentes principales | | | |
|-----------------|-------------------------|--------------|--------------|--------------|
| | Componente 1 | Componente 2 | Componente 3 | Componente 4 |
| RTNHATOT | 0.322 | 0.510 | -0.707* | 0.147 |
| FTPARC | -0.095 | 0.942* | -0.142 | 0.093 |
| PPROMFT | 0.731* | -0.465 | -0.354 | -0.044 |
| CLFFTO | 0.632 | -0.055 | -0.574 | 0.167 |
| DFFF | 0.956* | 0.108 | 0.097 | -0.002 |
| TAIR | 0.222 | -0.006 | 0.858* | 0.162 |
| THOJA | 0.446 | -0.158 | 0.753* | 0.391 |
| CO ₂ | 0.956* | 0.108 | 0.099 | -0.002 |
| HR | 0.453 | -0.192 | 0.139 | 0.622 |
| FOTO | -0.015 | 0.899* | 0.276 | -0.141 |
| TRAN | -0.235 | 0.335 | 0.792* | -0.283 |
| CE | 0.114 | -0.047 | 0.019 | -0.954* |
| UEA | 0.129 | 0.951* | -0.103 | -0.039 |

fisiológica acelerada (respiración y fotorespiración), como puede apoyarse de una manera indirecta, por el alto CO₂ detectado en las lecturas. Por lo anterior podemos llamar a este componente 1 “Componente de la Calidad del Fruto”. Lazic (1997)

encontró también correlación entre características morfológicas y bioquímicas de la calidad del fruto en tomate, mencionando de importancia un balance adecuado entre altura y cobertura de planta, para asegurar un patrón adecuado de distribución de follaje, para una protección adecuada del fruto, así como una mayor densidad de población por unidad de superficie.

En el componente 2, se encuentra mayor contribución ($p < 0.05$) en FTPARC, FOTO y UEA, y en el mismo sentido, aunque no significativo, RTNHATOT. Lo anterior, nos indica que los genotipos que mayor contribución hagan a este componente, serán los que tengan mayor rendimiento del fruto, así como mayor y más eficiente fijación de CO_2 , por lo que podemos llamar a este componente 2 “Componente de Rendimiento Eficiente”. Van de ~~dijk~~, (1985) y Nieuwhof *et al.*, (1997) encontraron de importancia las diferencias genotípicas en la eficiencia fotosintética y su relación con el desarrollo y rendimiento de genotipos de tomate, mencionando que es posible realizar mejormiento genético y selección indirecta de genotipos adecuados, para ser explotados en ambientes adversos.

En el componente 3, se encuentra contribución significativa ($p < 0.05$) de TAIR, THOJA y TRAN, y en sentido inverso, RTNHATOT, indicando lo anterior, que los genotipos que mayor contribución hagan a este componente, serán aquellos que sean más susceptibles, por su hábito de crecimiento, de recibir mayor iluminación y radiación infraroja, por lo que su temperatura foliar se incrementará, haciéndose necesario una mayor transpiración para que la planta pueda seguir realizando sus funciones a lo largo del ciclo del cultivo; la energía destinada a esta actividad de

transpiración disminuye la energía disponible para la fructificación, lo que se refleja en una disminución de rendimiento total, por lo que se puede llamar a este componente 3 “Componente de Mantenimiento Fisiológico y Disminución de Rendimiento”. Lo anterior, es posible afirmarlo con mayor exactitud con el análisis multivariado, que a partir de las correlaciones simples (Yang-Yong *et al.*, 1994; Amaral *et al.*, 1997), sobre todo en este componente, en que se puede detectar significancia entre variables que de otro modo hubiesen pasado desapercibidas. En la Figura 2.13, se puede observar que el rendimiento total por hectárea ocupa una posición intermedia en los primeros 2 componentes, y es el de menor valor en el componente 3, reflejando la tendencia descrita anteriormente.

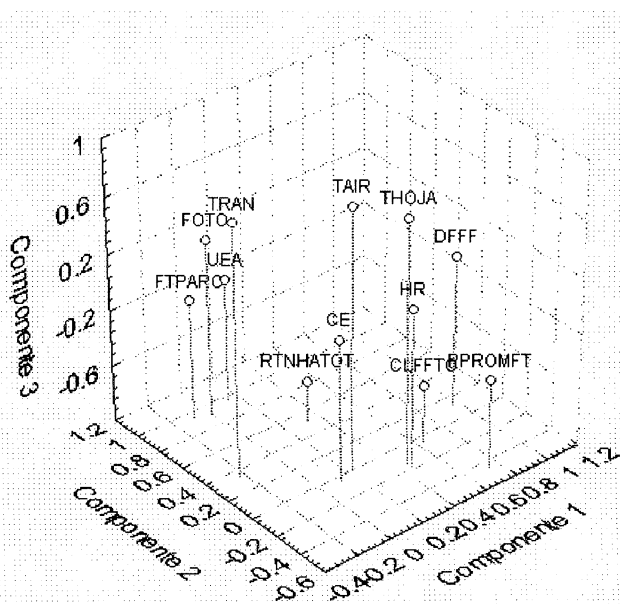


Figura 2.13. Posición de las variables analizadas en los 3 Componentes Principales, en 11 genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* M.) en campo.

Los genotipos en estudio en el presente trabajo, son híbridos y variedad comercial de diferente origen, que han sido estudiados por su tolerancia al calor, tanto en invernadero como en campo (Borrego y Murillo, 1994; Guerra, 1997, y Ramírez, 1998) a partir de una mayor variabilidad genotípica; en general, son de alto rendimiento, y han presentado variabilidad en los diferentes ambientes de evaluación. En el Cuadro 2.19 y Figura 2.14, se muestra tal variabilidad, siendo mejores los genotipos de mayor valor en los componentes 1 y 2, y de menor valor en el componente 3.

Cuadro 2.19. Contribución relativa de 11 genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* M.) en campo, para los 3 Componentes Principales de Variación.

| | Componentes principales | | | |
|-----------|-------------------------|--------|--------|--------|
| | Comp.1 | Comp.2 | Comp.3 | Comp.4 |
| Contessa | 0.298 | -0.340 | 2.106 | 1.185 |
| SmFlv5000 | -0.176 | -1.149 | 1.030 | -1.294 |
| SmFlv6000 | 0.991 | 1.078 | -0.403 | -1.275 |
| Celebrity | 0.896 | -0.949 | -0.959 | -0.682 |
| Bonita | 0.264 | 0.529 | -1.162 | 1.277 |
| ShadyLady | 0.670 | 0.043 | -0.571 | -0.532 |
| Sunbolt | 1.357 | -0.854 | 0.096 | 1.068 |
| Sunny | -0.139 | 1.683 | 0.422 | 0.670 |
| Heatwave | -1.134 | 1.221 | -0.019 | -0.271 |
| Olympic | -1.823 | -1.230 | -1.204 | 0.768 |
| FloraDade | -1.204 | -0.033 | 0.664 | -0.914 |

En la Figura 2.15, se presenta la posición de los diferentes genotipos en las variables de rendimiento y fisiológicas principales, siendo los mejores genotipos: Bonita, Summer Flavor 6000, Celebrity, Sunny, Heatwave y Shady Lady. Destaca que la variedad FloraDade es la de menores atributos, por lo que es necesario seguir

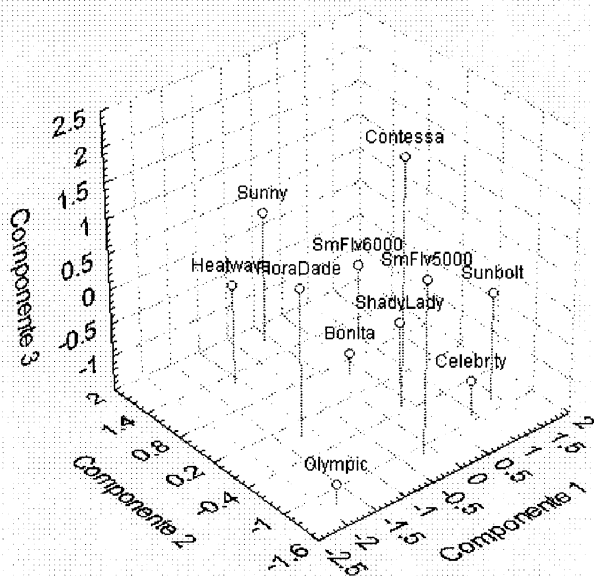


Figura 2.14 Posición de 11 genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* M.) en campo, considerando los componentes 1, 2 y 3.

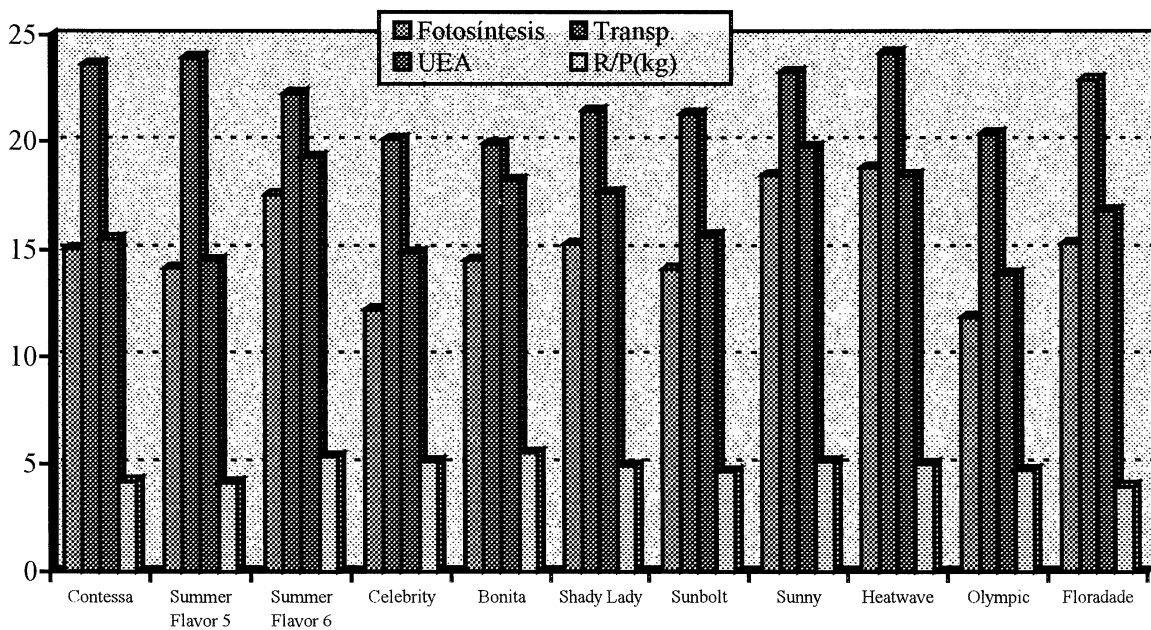


Figura 2.15. Comportamiento de 11 genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* M.) en las variables Fotosíntesis (µmol CO₂ m⁻² s⁻¹), Transpiración (mol H₂O m⁻² s⁻¹), Uso Eficiente del Agua y Rendimiento (kg por planta, promedio de 12 cortes).

realizando mejoramiento para factores adversos a partir de estos materiales genéticos, con mayor probabilidad de éxito (Ashcroft *et al.*, 1993; Mohamed, 1997; Dharmatti *et al.*, 1997; Lohar y Peat, 1998; y Peet *et al.*, 1998).

Para los cultivos de mayor importancia económica, es interés de los fitomejoradores encontrar características que reflejen lo mejor posible el potencial de rendimiento de los genotipos, para ser utilizados en selección indirecta, sobre todo si son de fácil lectura. En ese sentido, se realizó análisis de regresión lineal múltiple entre el rendimiento total por hectárea, y 7 variables, de las 13 consideradas inicialmente. En el Cuadro 2.20, se presentan los resultados de los coeficientes de correlación y coeficientes de determinación múltiple; se puede observar que en los primeros 4 pasos, se tiene un ajuste de casi 93% (R^2 de 0.928) a la ecuación de predicción, habiendo también una alta ganancia en exactitud al agregar otra variable, con la característica de DFFF, pues se tiene un ajuste del 98% (R^2 de 0.981). Al agregar las otras 2 variables, de UEA y HR, no se tiene mayor ganancia en el ajuste, por lo que la mejor ecuación de predicción se puede quedar con las variables de CLFFTO, FTPARC, FOTO, PPRMFT y DFFF. En la Figura 2.16, se presentan los valores observados y predichos en RTTNHATOT para los genotipos, de acuerdo con la mejor ecuación de predicción.

Cuadro 2.20. Etapas sucesivas en el coeficiente de correlación y coeficiente de determinación múltiple, entre RTNHATOT y 7 variables en 11 genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* M.) en campo.

| | Múltiple R | Múltiple R ² | Cambio en R ² | F en Etapas | Nivel de Probab. |
|---------|------------|-------------------------|--------------------------|-------------|------------------|
| CLFFTO | 0.671 | 0.451 | 0.451 | 7.379 | 0.073 |
| FTPARC | 0.927 | 0.859 | 0.408 | 23.126 | 0.017 |
| FOTO | 0.949 | 0.901 | 0.042 | 2.936 | 0.185 |
| PPROMFT | 0.964 | 0.928 | 0.028 | 2.341 | 0.223 |
| DFFF | 0.991 | 0.981 | 0.053 | 14.096 | 0.033 |
| UEA | 0.992 | 0.983 | 0.002 | 0.520 | 0.523 |
| HR | 0.992 | 0.984 | 0.000 | 0.024 | 0.887 |

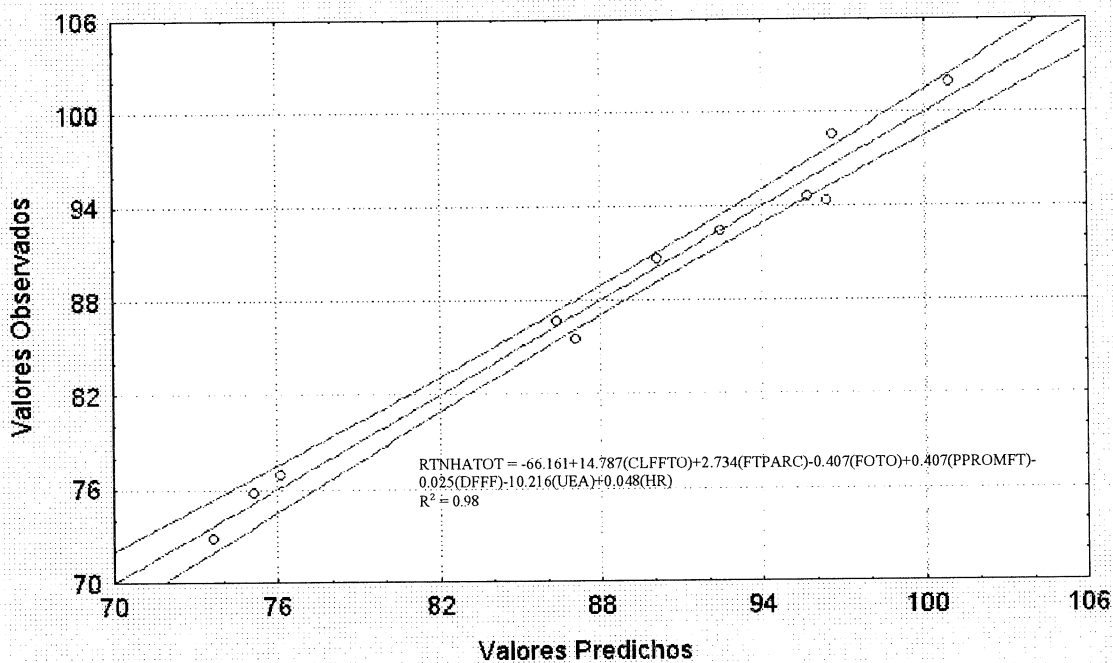


Figura 2.16. Valores observados y predichos por regresión lineal múltiple, en 11 genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* M.) en campo.

CONCLUSIONES

Para Melón en Invernadero:

- a) Hay correlación alta y positiva entre FOTO y TAIR y UEA, sin embargo, no se encontró correlación entre el rendimiento y variables fisiológicas y agroclimáticas.
- b) Se encontró que hay mayor contribución de las variables que determinan el "Componente de Tamaño y Rendimiento del Fruto por Planta", "Componente de Rendimiento por Parcela " y "Componente de Producción Eficiente de Fotosintetizados".
- c) De 8 variables seleccionadas para determinar la ecuación de regresión lineal múltiple que mejor explique el rendimiento, las variables de %PCF, RTOPROM, FRPTA y THOJA, son los que más contribuyen pues presentan un coeficiente de determinación de 0.992.
- d) Considerando los 3 Componentes Principales, los mejores genotipos para explotarse en invernadero son el Primo, Cruiser, Veracruz, Caravelle y Durango.

Para Melón en Campo:

- a) Las variables más relacionadas con el rendimiento son las características de atributos de precocidad y número, en sentido inverso, y de tamaño y eficiencia fisiológica en sentido directo.

- b) Los Principales Componentes de Rendimiento en melón son los correspondientes a “Componentes de Características Cuantitativas de Rendimiento”, “Componente de Precocidad” y “Componente Fisiológico del Rendimiento”.
- c) Los mejores genotipos de melón, con base en los Componentes Principales, son Primo, Pronto, Hi Line, Cruiser y Laguna.
- d) Se encontró una ecuación de Regresión Lineal Múltiple que explica el Rendimiento en $t\ ha^{-1}$ con un 99 por ciento de ajuste.

Para Tomate en Invernadero:

- a) Las variables más correlacionadas con rendimiento fueron Rendimiento promedio por planta por corte, y Frutos por planta por corte. No se encontraron correlaciones entre rendimiento y variables agroclimáticas y fisiológicas.
- b) Los Componentes Principales de Variación son los de "Componentes Cuantitativos del Rendimiento", "Componentes de Regulación Interna de Temperatura" y "Componente de Producción de Fotosintetizados".
- c) Los mejores genotipos con base en los Componentes Principales, fueron Celebrity, Bonita, Shady Lady y Sunny.
- d) Se encontró una ecuación de Regresión Lineal Múltiple con 4 variables, con ajuste de r^2 de 0.985.

Para Tomate en Campo:

- a) Se encontró correlación significativa entre el rendimiento en tomate, y variables fisiológicas, agroclimáticas y componentes del rendimiento, siendo las mas relacionadas con rendimiento, las de Calificación de Fruto y Peso Promedio de Fruto, así como de Fotosíntesis neta y Uso Eficiente del Agua.
- b) Los Principales Componentes de variación en tomate en campo, son los que determinan los “Componente de la Calidad del Fruto”, “Componente de Rendimiento Eficiente” y “Componente de Mantenimiento Fisiológico y Disminución de Rendimiento”
- c) Los mejores genotipos de tomate en campo, detectados por el Análisis de Componentes Principales, son Bonita, Summer Flavor 6000, Bonita, Shady Lady y Heatwave.
- d) Se encontró ecuación de Regresión Lineal Múltiple que explica el rendimiento en toneladas por hectárea, con un 98 por ciento de ajuste.

LITERATURA CITADA

- Acock, B., M.C. Acock and D. Pasternak. 1990. Interaction of CO₂ enrichment and temperature on carbohydrate production and accumulation in muskmelon leaves. *Jour. Am. Soc. Hort. Sci.* 115(4):525-529.
- Allen, S. M. and M. L. Rudich. 1978. Genetics potential for overcoming physiological limitation on adaptability, yield and quality in the tomato. *Hort Sci.* 14(2):114-117.
- Amaral Jr., A. T. do, V. W. D. Casali, C. D. Cruz and F. L. Finger. 1997. Simple and canonic correlation among morphological, agronomic and fruit quality characters in tomato. *Horticultura Brasileira* 15(1):49-52.
- Aserca – SAGAR. 1998. Reporte de comercialización y producción nacional e internacional de tomate. *Revista mensual.* México.
- Ashcroft, W. J., S. Gurban, R. J. Holland, C. T. Warers and H. Nirk. 1993. Arcadia and Goulburn: determinate fresh market tomatoes for arid production areas. *Hort Sci.* 28(8):854-857.
- Bar-Tsur, A., J. Rudich and B. Bravdo. 1985. Photosynthesis, transpiration and stomatal resistance to gas exchange in tomato plants under high temperature. *Jour. of Hort. Sci.* 60(3):405-410.
- Berry, S. Z. and M. Uddin. 1988. Effect of High Temperature on Fruit Set in Tomato Cultivars and Selected Germplasm. *Hort Science* 23(3):606-608.
- Boote, K.J. and N.B. Pickering. 1994. Modeling Photosynthesis of Row Crop Canopies. *Hort Science* 29(12):363-370.
- Borrego, E.F. y M. Murillo S. 1994. Efecto de Altas Temperaturas en el Rendimiento y Fenología de Genotipos de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Resúmenes, VI Congreso Latinoamericano de Botánica. Mar del Plata, Argentina. P. 622.
- Borrego, E. F. y M. Murillo S. 1999. Estudios Fisiotécnicos para Agricultura Sustentable en el Sur de Coahuila, México. I Seminario Regional de Investigación Agrícola para Productores. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Memorias.

- Branderberger, L. and B. Wiedenfeld. 1997. Physical characteristics of mulches and their impact on crop response and profitability in muskmelon production. *Horttechnology* 7(2):165-169.
- Broschat, K.T. 1979. Principal Component Analysis in Horticultural Research. *Hort Science* 14(2):114-117.
- Campbell, D.E., M. Lyman, J. Corse. and E. Hautala. 1986. On the Relationships of Net CO₂ Assimilation and Leaf Expansion to vegetative Growth in Tomato. *Plant Physiol.* 80:711-715.
- Cano, R. P. and F. Jiménez. 1996. Production of five hybrids of *Cucumis melo* L. through sowings dates. Reunión Científica y Tecnológica Forestal, Agrícola y Pecuaria (Memorias). Pp. 18. Saltillo, Coah. Méx.
- Castilla, N., A. Gallego, G. Cruz-Romero and R. Muñoz-Carpena. 1998. Greenhouse melon response to plastic mulch. *Acta Horticulturae* 458:263-267.
- Crosbie T.M., and R.B. Pearce. 1982. Effects of Recurrent Phenotypic Selection for High and Low Photosynthesis on Agronomic Traits in Two Maize Populations. *Crop Sci.* 22:809-813.
- Cheema, D. S., S. Sorjan, S. Singh and C. S. Kmo. 1992. Variability in heat tolerant tomato germplasm. Adaptation of food crops to temperature and water stress. Proceedings of an International Symposium, Taiwan, Formose. August 13-18. 316-320.
- Das, B., M. H. Hazarika and P. K. Das. 1998. Genetic variability and correlation in fruit characters of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Annals of Agricultural Research* 19(1):77-80.
- Dharmatti, P. R., B. B. Madalageri, V. C. Kanamadi, I. M. Mannikeri and G. Patil. 1997. Heterosis studies in summer tomato. *Advances in Agricultural Research In India* 7:159-165.
- FAO Agriculture Yearbook, 1995. United Nations Organization. Rome Italy.
- Fernández, M., M. Barnes., J. D., Ollerenshaw, J. H. and A.W. Davison. 1993. Physiological effects of ozone on cultivars of watermelon (*Citrullus lanatus*) and muskmelon (*Cucumis melo* L.) widely cultivated in Spain. *Environmental - Pollution.* 81 (3):199 - 206. Spain.
- Fisher, R.A., and N.C. Turner. 1978. Plant Productivity in the Arid and Semiarid Zones. *Anu. Rev. Plant Physiol.* 29:277-317.

- G.I.I.E.Z.A.P.- UAAAN. 1991. Diagnóstico del grupo interdisciplinario de investigación en especies de zonas aridas con potencial. Dirección de Investigación. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- García, E., M. Jamilena, J.I. Alvarez, T. Arnedo, J.L. Oliver and R. Lozano. 1998. Genetic relationship among melon breeding lines revealed by RAPD markers and agronomic traits. *Theoret. and Appl. Gen.* 96(6-7):878-885.
- Godshalk, B.E., and H.D. Timothy. 1988. Factor and Principal Component Analysis as Alternative to Index Selection. *Theor Appl. Genet.* 76:359-360.
- Guerra H. M. 1997. Evaluación de genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) considerando criterios fisiológicos y de rendimiento bajo condiciones de altas temperaturas, en invernadero. Tesis de maestría, UAAAN Saltillo, Coah. Méx.
- Hasoki, T., Y. Tsuchihashi. and T. Asahira. 1987. Differences in drought resistance in melons of different ecotypes. II. Physiological differences. *Journal Japanes., Soc. Hort. Sci.* 56 (3):306 – 312. Japan.
- Ikada, A., S. Nakayama, Y. Kitaya and K. Yabuki. 1998. Effects of Photoperiods, CO₂ Concentration and Light Intensity on Grown and Net Photosynthetic Rates of Lettuce and Turnip. *Acta Hort.* 229:273-282.
- Jenni, S., K.A. Stewart D.C. Cloutier, and G. Bourgeois. 1998. Chilling injury and yield of muskmelon grown with plastic mulches, row covers and thermal water tubes. *Hort Science* 33(2):215-221.
- Jenni, S., K.A. Stewart, G. Bourgeois and D.C. Cloutier. 1998. Predicting yield and time to maturity of muskmelons from weather and crop observations. *Jour. Am. Soc. Hort. Sci.* 123(2):195-201.
- Knight, S.L. and C.A. Mitchell. 1998. Effect of CO₂ and Photosynthetic Photon Flux on Yield, Gas Exchange and Growth Rate of *Lactuca sativa* "Waldmann's Green" *J. Expt. Bot.* 39:317-328.
- Lange, A.J. de, N.J. Combrink, and A.J. de Lange. 1998. The effects of soil mulch colour and nutrient solution concentration on the development of melon seedlings. *Jour. South. Af. Soc. Hort. Sci.* 8(1):10-11.
- Lazic, B. 1997. Correlation between the morphological characteristics and the biochemical components of tomato fruit quality. *Acta Horticulturae* 462:151-156.
- Lee, Tae. Ik., Jeong Cheon Soon and Yoo Keun Chang. 1996. Effects of light intensity and night temperature on sugar accumulation of muskmelon in warm season. *J. Korean. Soc. Hort. Sci.* 37 (6):741 – 745. Korea Republic.

- Lemaire, J.M., J. Beraud, G. Ginoux, M. Conus, H. Ferriere, R. Nicolas, and P. Mas. 1997. Powdery mildew of melon. Certain cultural practices can influence the development of epidemics. *Phytoma* 50(1):42-46.
- Lester, G.; H. Hyodo and A.E. Watada. 1995. Regulation of muskmelon fruit senescence by calcium. *Acta Horticulturae*. 398:41 – 45.
- Li-Cor, Inc. 1990. The LI-6200 Primer. An Introduction to Operating the LI-6200 Portable Photosynthesis System. Lincoln, Nebraska, U.S.A.
- Lohar, D. P. and W. E. Peat. 1998. Floral characteristics of heat-tolerant and heat-sensitive tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivars at high temperature. *Scientia Horticulturae* 73(1):53-60.
- Long, S.P., and V.E. Hallgren. 1993. Measurement of CO₂ Assimilation by Plants in the Field and The Laboratory. *In: Photosynthesis and Production in a Changing Environment*. Hall, D.O., J.M.O. Scurlock, H.R. Bolthar-Nordenkamat, P.C. Leegood, and S.P. Long (Eds.) Chapman & Hall, London. pp:129-167
- Lorenzo, P., C. Maroto. and N. Castilla. 1989. CO₂ in plastic greenhouse in Almeria (Spain). *Acta Horticulturae*. Proceedings of the 4th international symposium on CO₂ in protected cultivation. 268: 165 – 169. Wageningen, Netherlands.
- Martínez, M. P. 1999. Selección Fisiotécnica de genotipos sobresalientes de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en invernadero. Tesis de licenciatura, UAAAN. Saltillo, Coah. Méx.
- Martins, S.R., R.M. Peil, J.A. Schewengber, F.N. Assis and M.E.G. Mendez. 1998. Greenhouse melon production in different plant cultivation systems. *Horticultura Brasileira* 16(1):24-30.
- Matsuda, Y., H. Toyoda, A. Veda, S. Tamaki, Y. Hosoi and S. Orechi. 1997. Establishment of photosynthetic hairy roots in cultures of melon leaves (*Cucumis melo* L.). *Environment Control in Biology* 35(2):131-134.
- Miccolis, V. and M.E. Salveit Jr. 1991. Morphological and physiological changes during fruit growth and maturation of seven melon cultivars. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 116 (6):1025 – 1029.
- Mitchell, D. E., M.V. Gadus. and M.A. Madore. 1992. Patterns of assimilate production and translocation in muskmelon (*Cucumis melo* L.). I. Diurnal patterns. *Amer. Soc. Plant. Physiologists*. 99 (3):959 – 965.
- Mohamed, M. F. 1997. Field performance and analysis for genetic constitution of advanced tomato breeding lines tolerant to heat-stress. *Assiut Journal of Agricultural Sciences* 28(2):27-37.

- Nederhoff, E.M. and J.G. Vegter. 1994. Photosynthesis of stands of Tomato, Cucumber and Sweet Pepper Measured in Greenhouse under various CO₂ Concentrations. *Annals of Botany* 73(4):353-361.
- Nieuwhof, M., L. C. P. Keizer and J. C. Van Oeveren. 1997. Effects of temperature on growth and development of adult plants of genotypes of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) *Journal of Genetics and Breeding (Italy)* 51(3):185-193.
- Pearce, B.D., R.I. Grange. and K. Hardwick. 1993. The Growth of Young Tomato Fruit. I. Effect of Temperature and Irradiance on Fruit Grown under Controlled Environments. *Journal of Horticultural Science* 68(1):1-11.
- Peet, M. M. and M. Batholomew. 1996. Effect of night temperature on pollen characteristics, growth and fruit set in tomato. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 121 (3) 514-519.
- Peet, M. M., S. Sato and R. G. Gardner. 1998. Comparing heat stress effects on male fertile and male sterile tomatoes. *Plant, Cell and environment* 21(2):225-231.
- Ramírez, M.R. 1998. Evaluación fisiotécnica de genotipos sobresalientes de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo condiciones de suelo acolchado y sin acolchado, en una localidad de altas temperaturas. Tesis de Licenciatura, UAAAN. Saltillo, Coah., Méx.
- Ransmark, S.E. 1995. The influence of light intensity on photosynthetic yield. Report, Department of Agricultural Biosystems and Technology. Swedish University of Agricultural Sciences, Lund, Sweden.
- Reddy, V. R., L.B. Pachepsky and B. Acock. 1994. Response of crop photosynthesis to carbon dioxide, temperature and light: Experimentation and Modeling. *Hort. Sci.* 29 (2):1415-1422.
- Rinco-Sanchez, L., J. Saez-Sironi, J.A. Perez Crespo, R. Madrid and R. Muñoz Carpena. 1998. Growth and nutrient absorption by muskmelon crop under greenhouse conditions. *Acta Horticulturae* 458:153-159.
- SAGAR. 1997. Anuario estadístico de la producción agrícola de los Estados Unidos Mexicanos.
- Segura, M.L., C. Cadahia, M. Abad, A. López and R. Muñoz-Carpena. 1998. Fertigation of a melon crop grown in black sedge peat-based soilless media under saline conditions. *Acta Horticulturae* 458:369-375.
- Swenney, D.W. D.A. Graetz., A.B. Bochter., S.J. Locascio. and K.L. Campbell. 1987. Tomato Yield and Nitrogen Recovery as Influenced by Irrigation Method, Nitrogen Source, and Mulch. *Hort Science* 28(1):27-29.

- Taelk, L., J. Cheon Soon, Y. Keunchang, L. Ti, C.S. Jeong and K.C. Yoo. 1996. Effects of light intensity and night temperature on sugar accumulation of muskmelon in warm season. *Jou. Korean Soc. Hort. Sci.* 37(6):741-745.
- TCG. 1996. Comitte Report. In internet: www.arsgrin.gov.html.
- Trentini, L., and R. Piazza. 1998. Global Productions of melons. *Informatore Agrario Supplemento.* 54(3):7-12.
- Van de dijk, S. J. 1985. Differences between tomato genotypes in stomatal resistance and specific leaf fresh weight in relation to differences in net photosynthesis under low light intensity and low night temperatures. *Euphytica* 34:717-723.
- Ventura, Y., and S. Medlinger. 1998. Effects of suboptimal low temperatures on plant architecture and flowering muskmelons (*Cucumis melo* L). *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 73(5):640-646.
- Walker, A. J. and D. A. Baker. 1978. Carbon translocation in tomato: Pathways of carbon metabolism in the fruit. *Annals of Botany* 42:909-919.
- Weihong, G. 1998. Evaluation of main horticultural characters and selection of melon varieties. *Acta Agriculturae-Shangai*, 14(3):41-45
- Yang-Yong Gang, Song-Yuannim, Shao-Jinche, Yang-Yg, Song-Yn, Shao-Je, Dong-Cod and Meng-Ly. 1994. The factor analysis for early-maturing characters of tomato. *Adran Ces-in-horticulture.* 218-221.

DISCUSION

Considerando las necesidades de los sistemas agrícolas en los países en desarrollo y con el enfoque moderno de sustentabilidad agrícola (Combs *et al.*, 1997; Wagner, 1999; Serageldin, 1999; Tilman, 1999;), es deseable la implementación, bajo líneas de investigación bien establecidas y dependiendo de la disponibilidad de infraestructura y financiamiento, de experimentos factoriales que en menor tiempo permitan obtener información científica y tecnológica sobre prácticas de cultivo integradas. Otra implementación deseable en la investigación agronómica, para optimizar recursos y tener respuestas integradas en problemas de resistencia a patógenos, o de discriminación de genotipos por eficiencia fisiológica, es realizar evaluaciones en campo, invernadero y laboratorio (Kim *et al.*, 2000).

La evaluación de genotipos en los cultivos de papa, melón y tomate, considerando variables morfológicas, agroclimáticas, fisiológicas, fenológicas y de rendimiento, así como su análisis multivariado y determinación de la mejor ecuación lineal de predicción del rendimiento, para ser cultivados en agricultura sustentable en zonas semiáridas, es la parte fundamental de la presente discusión, relacionándose principalmente con literatura no considerada anteriormente. Primero se discuten los análisis univariados en papa, y la ganancia en exactitud al utilizar análisis multivariado, para discutir enseguida los estudios de melón y tomate, en invernadero y campo.

En papa, al considerar el análisis univariado para rendimiento y variables de laboratorio, se encontraron diferencias ($p < .01$) para la fuente de variación de genotipos para RDTO, CLORO, EHAZ y EENV (Cuadro 1.1), encontrándose mayor rendimiento en los genotipos (en orden descendente): Norteña, R. Burbank, Alpha y Atlantic, mayor CLORO en los genotipos Norteña, seguido de Atlantic, Snowden, Mondial, Alpha y R. Burbank, están incluidos en ésta variable (Figura 1.2), los 4 genotipos más rendidores; siendo la clorofila el pigmento más importante en las plantas, su continuidad metabólica activa es importante, mencionándose por Thomas y Howarth (2000), que el catabolismo de la clorofila se puede interrumpir, siendo uno de 5 métodos para retrasar la senescencia foliar y aumentar la productividad agrícola. Para la característica de EHAZ, presentan mayor cantidad los genotipos Norteña, R. Burbank y Atlantic, y para EENV, tuvieron mayor cantidad los genotipos Norteña y R. Burbank, siendo menor el Alpha (Figura 1.1) y al parecer, mayor EHAZ y EENV da mayor capacidad de intercambio gaseoso a los genotipos más rendidores. Los estomas ocupan una posición central en las rutas metabólicas para la pérdida del agua y el intercambio de CO_2 y O_2 , entre la planta y la atmósfera circundante, siendo necesario conocer (Jones, 1998) algunos modelos en el control de intercambio gaseoso en presencia de retroalimentación hidráulica para clarificar la naturaleza de la causalidad de tales sistemas, no bastando conocer el número de estomas (Bunec, 1998) como en el presente estudio.

Las características morfológicas en papa, algunas de fácil lectura, como ALT, COB y NTAL, presentaron diferencias ($p < .01$) para genotipos (Cuadro 1.2), encontrándose, para ALT, con mayor valor, consistente en los 120 días del ciclo del cultivo, el genotipo Norteña, siguiendo, con una tendencia parecida, aunque con

gran aumento a los 90 días, el genotipo Mondial, disminuyendo bastante posteriormente, presumiblemente por mayor susceptibilidad al acame. En 3^{er} lugar, se encuentra el genotipo Alpha (Figura 1.3). Para COB, se encontró una tendencia parecida, aunque el genotipo Atlantic presentó menor valor, lo que lo hace adecuado para ser explotado en altas densidades, siendo también una estrategia de cultivo el aumentar el rendimiento por unidad de superficie, al aumentar la densidad. Hellewell *et al.*, (2000) consideran, en cebada, la posibilidad de aumentar el rendimiento al bajar la altura de planta, no encontrando los resultados esperados, presumiblemente por el gene responsable del semienanismo, ligado a características indeseables. En soya, Ferris (1999) menciona que una mayor altura de planta, no incrementa consistentemente el rendimiento, siendo indeseable esta característica para mejorar adaptación para sistemas de cultivos múltiples. En cacahuate, Crawford *et al.*, (1999), encontraron que sembrar este cultivo a menor distancia entre surcos es una opción viable para los agricultores, pues reduce costos, manteniendo rendimientos y aumentando la rentabilidad agrícola.

Para las características fisiológicas en papa, se encontraron (Cuadro 1.4) diferencias para genotipos ($p < .05$) en FOTO y UEA, y en posiciones de hojas, diferencias ($p < .01$) en FOTO, CE, TRANSP Y UEA, no encontrándose una tendencia definida para genotipos específicos a mayores valores. En FOTO (Figura 1.6), el orden fue Snowden, Mondial, Norteña, Atlantic y R. Burbank, aunque en éste, no se presentó mucha diferencia entre la hoja superior e inferior. En TRANSP (Figura 1.7), el orden de genotipos fué Mondial, Norteña, Snowden, Atlantic y R. Burbank, presentándose un valor casi igual entre las hojas superiores e inferiores en los genotipos evaluados. Para UEA (Figura 1.8), el orden de los genotipos fue, en

hoja superior, Snowden, Mondial, Atlantic y el menor, R. Burbank; en hoja inferior, Alpha, Snowden, Mondial, Norteña, y el menor, R. Burbank; los genotipos mostraron una tendencia más o menos similar, de 1/3 menor valor las hojas inferiores que las superiores; la variación encontrada entre genotipos, nos indica que las variables fisiológicas pueden ser utilizadas en selección genética; el método tradicional, y muchas veces exitoso del fitomejoramiento, ha sido el de la selección basada en el comportamiento de los genotipos por su rendimiento, tolerancia a plagas, enfermedades o factores climáticos adversos, en lotes de evaluación (Sneep y Hendriksen, 1979). Para que sea apropiado para un mayor rango de adaptación, es necesario evaluar en diferentes ambientes y condiciones favorables y desfavorables, lo que consume tiempo y espacio (Tollenaar y Wu, 1999; Duvick y Cassman, 1999; Austin, 1999; Peng *et al.*, 1999 y Haussmann *et al.*, 2000). En algunos cultivos, la ganancia genética en el rendimiento, a través de ciclos de selección, ha estado asociada con mayor eficiencia en la morfología y fisiología de la planta (Loomis y Anthor, 1999) existiendo evidencia científica en maíz (Fakorede y Mock, 1980), trigo (Reynolds *et al.*, 1999) soya (Specht *et al.*, 1999; Morrison *et al.*, 1999) y cebada (Hellewell *et al.*, 2000). Este método es posible realizarlo mejor, si se detectan los progenitores mas adecuados por su morfología y fisiología (Richards, 2000) sobre todo si es en etapas tempranas del desarrollo (Morales *et al.*, 1999). El mejoramiento con estos criterios, puede derivar en un incremento en la biomasa de la planta o del cultivo, en la redistribución de asimilados hacia el rendimiento económico dentro de la planta, en tolerar o evadir un factor limitante, o la combinación de 2 o 3 de estos procesos. Kander *et al.*, (2000) estudiando los cambios ontogenéticos de plantas de papa durante la aclimatación a elevado CO₂,

encontró que se presentan cambios en intermediarios fosforilados en plantas transgénicas y normales, concluyendo que las vías de síntesis de almidón y sacarosa pueden reemplazarse sólo en tasas moderadas de flujo de carbono, puesto que las mediciones de fotosíntesis mostraron que la asimilación de CO₂ fueron estimulados en elevados CO₂, sólo en la segunda y tercer semanas. Bussis *et al.*, (1998) estudiaron, en hojas de plantas de papa, la aclimatación de fotosíntesis y metabolismo en respuesta al déficit hídrico, encontrando que las hojas ya desarrolladas, al inicio del déficit empezaron a marchitarse, incrementándose el contenido de ácido absísico (ABA) en el apoplasto, coincidiendo con una disminución en la conductancia estomatal; las hojas jóvenes, que crecieron bajo déficit, fueron más pequeñas que el control, teniendo una superficie enrollada, disminuyendo la eficiencia de carboxilación en fotosíntesis, permaneciendo sin cambio el uso eficiente del agua, indicando los datos metabólicos de las vías fotosintéticas una regulación del metabolismo cloroplástico, por lo que la fotosíntesis en hojas jóvenes está limitada por otros aspectos, y no por el estoma, y esta limitación no fue causada por el ABA. Saeed *et al.*, (1999) y Ueda *et al.*, (1999) también estudiaron la fotosíntesis en hojas de cultivos, bajo diferentes tratamientos, encontrando diferencias genotípicas. Pankovic *et al.*, (1999) estudiando la fotosíntesis en hojas de híbridos de girasol aclimatados al déficit hídrico, encontraron como respuesta una disminución de la fotosíntesis. Sin embargo, al estudiar el contenido relativo de algunas enzimas, encontraron que un mayor contenido de la Ribulosa Difosfato Carboxilasa podría ser un factor que confiera mayor aclimatación y mayor tolerancia a la sequía.

En el análisis de crecimiento en papa, se encontraron diferencias ($p < .01$) para genotipos en la RAF y IAF, además del Area foliar y Peso seco total (Cuadro 1.5). No se encontraron diferencias en la TAC, TCR, TCRF y TAN; no obstante lo anterior, se encontraron tendencias que, gráficamente, son más claras en la TAC y la TAN, así como en el IAF. En la TAC (figura 1.9), los mejores genotipos fueron el Norteña y R. Burbank hasta el 3° intervalo de muestreo, ocurriendo posteriormente, una disminución por senescencia y muerte del follaje de estratos inferiores. Los genotipos Mondial, R. Burbank, Alpha y Norteña, siguieron todos más o menos una misma tendencia. En la TCR (Figura 1.10), el mejor genotipo fue el R. Burbank, y desde el primer muestreo, se observa una tendencia heterogénea de Norteña y Atlantic, y el menor, en general, fue Snowden. En la TCRF, los genotipos siguen una tendencia más o menos similar, aunque las diferencias no son tan marcadas. La RAF es un parámetro que representa, a mayores valores, más área foliar por peso seco de biomasa, y el genotipo R. Burbank disminuye en mayor proporción este valor, del quinto al sexto muestreo. El IAF presenta mayores diferencias visuales (Figura 1.13), lo que permite mayor discriminación de los genotipos, siendo el mejor Norteña, y los de menor valor, Gigant y Mondial. La TAN presentó diferencias, sobre todo del 4° muestreo en adelante (Figura 1.14), donde se ve superioridad de Mondial, y en orden descendente, R. Burbank, Alpha y Norteña, presentando los genotipos Norteña y Atlantic, un menor valor, pero uniforme. Este parámetro presenta, hasta el 4° muestreo valor intermedio alto, descendiendo abruptamente; la acumulación de biomasa, nos da la tasa y el patrón de crecimiento, y está muy relacionado directa y recíprocamente con el arreglo de ramas y follaje, y al final del ciclo del cultivo, con rendimiento (Davis *et al.*, 2000),

siendo el balance fuente-demanda lo que da origen a la mayor parte de la fotosíntesis neta, y una traslocación adecuada, a una mayor acumulación de fotosintetizados al rendimiento, debido a la fotosíntesis neta de las hojas individuales, y al tamaño, arreglo y duración funcional del sistema fotosintético (Jarvis y Davies, 1998; Horton, 2000). Kmec *et al.*, (1998), mencionan que el análisis de Crecimiento en *Crambe abyssinica* es importante para utilizar prácticas adecuadas de producción y estrategias adecuadas de manejo de plagas, encontrando un máximo IAF, y en general, el máximo incremento de biomasa, en la floración. Royo y Blanco (1999) al realizar el análisis de crecimiento en triticale, encontraron que el IAF, junto con unidades calor acumuladas desde la siembra, fueron los parámetros más útiles para interpretar los resultados de experimentos de campo, y son pasos esenciales para el desarrollo de modelos de simulación del cultivo. Davies *et al.*, (2000) mencionan que, en tomate, el conocer el desarrollo vegetativo y reproductivo ayudan a entender mejor los mecanismos de señalización entre la raíz y el tallo, incrementos en la arquitectura del fruto, y pueden explicar aumentos observados en la calidad del fruto, los efectos diferenciales del riego parcial de la zona radical sobre la producción vegetativa y reproductiva, así como la incidencia de la pudrición apical de las inflorescencias. Ibarra *et al.*, (2001) encontraron en melón, que las plantas que crecían en acolchado negro cubierto con minitúneles de malla antiáfidos blanca, presentaron mayores valores de biomasa, Tasa de Crecimiento Relativo, Tasa de Asimilación Neta, así como Area Foliar Específica, encontrando de utilidad estos parámetros del análisis de crecimiento, para explicar el aumento en rendimiento y precocidad con el uso de las mallas antiáfidos. Los resultados del presente estudio en papa, no reflejan una superioridad de un genotipo

en particular, en todos los parámetros calculados; sin embargo, los genotipos Norteña, Russet Burbank, Alpha y Atlantic, son los que, en general, exhiben mejor comportamiento. Para determinar la utilidad de estos parámetros para aplicarse en fitomejoramiento, es necesario repetir el Análisis de Crecimiento, considerando genotipos, localidades y años, así como la determinación del tipo de acción génica involucrada en la expresión de estas características, conjuntamente con modelos de crecimiento (Gary *et al.*, 1998; Bernardo, 2001; y Mavromatis *et al.*, 2001).

Por lo que respecta a las correlaciones simples, se encontraron (Cuadro 1.6) un total de 34, con 19 variables involucradas, siendo las más abundantes, las de características morfológicas, destacando por su constancia, ALT, COB y NTAL, y de las agroclimáticas, DFFF y TAIR. RDTO tuvo valor alto con ALT, y correlación positiva, con PSH y CLORO. FOTO no tuvo correlación con RDTO, y sí presentó, aunque negativa, con DFFF, THOJA, CO₂ y UEA, reflejando en general la adaptación de este cultivo a regiones templadas con noches frescas. La información que dan las correlaciones de FOTO son limitadas, pues son hechas en muestreos específicos, y sobre hojas individuales del dosel, faltando relacionar esta asimilación individual, con el área foliar total de la planta y la duración del follaje, para presentar la fotosíntesis total por genotipo. La conducción de ensayos de campo, requiere un riguroso control de todos los factores que están considerados en la planeación del experimento, de manera que se minimice la variación no controlada, fuente de lo que se conoce como variabilidad entre parcelas experimentales con el mismo tratamiento, o error experimental. Para tener una mejor discriminación de genotipos, considerando las características cuantitativas y cualitativas de los componentes morfológicos y fisiológicos del rendimiento, se ha

utilizado el análisis conjunto y simultáneo de variables, o multivariado (Manly, 1986, Judez, 1989). El uso de las correlaciones simples y múltiples, permite comprender la acción pleiotrópica de genes, o en la expresión conjunta de genes ligados, para una mejor discriminación de genotipos (Das *et al.*, 1998; Amaral *et al.*, 1997; Domini y Moya, 1997; Ackerly y Reich, 1999). Dentro de los métodos multivariados, el análisis de factores es un método clásico para determinar la dimensionalidad de un espacio de datos, siendo un ensayo estadístico utilizado en las primeras etapas de mejoramiento (Fakorede, 1986). El Análisis de Componentes Principales (ACP) es una técnica exploratoria que nos ayuda a determinar las dimensiones de variabilidad y ayuda en la reformulación de hipótesis; esta prueba tiene diversidad de usos: a) la reducción del número de variables, por supresión de variables mínimas. b) la ordenación de variables en ayuda de interpretación de datos multivariados. c) el uso del ACP, en conjunto con análisis de regresión, para la identificación de variables biológicas para próximas experimentaciones (Broschat, 1979, Ghawas, 1985). Se ha comparado el Análisis de Factores con el ACP, empleados como una alternativa en los Índices de Selección (Godshalk y Timothy, 1988). El ACP tuvo la más alta correlación con los índices de selección, y tal correlación nos indica el potencial para usos de éste método estadístico empleados para el propósito de selección (Fariás *et al.*, 1983). Los Componentes Principales a seleccionar son los que cumplen alguna de las siguientes características: 1) que cada componente aporte al menos un 5 por ciento de la varianza total; 2) que expliquen al menos un 75 por ciento de la varianza total y 3), que tenga al menos un eigenvalor de 1.0; siendo también de utilidad este

análisis para determinar las principales variables para la formulación de modelos de crecimiento y fisiológicos (Lemaire y Millard, 1999; Pollman *et al.*, 2000).

El Análisis de Componentes Principales en este estudio de papa, disminuye el número de variables involucradas, a 13 (Cuadro 1.8), pero a diferencia de las correlaciones, las agrupa en orden a la mayor contribución a la variación, lo que permite una disminución del número de variables que más inciden en el rendimiento, lo que permite reducir a 5, en éste caso, las variables que participan en la mejor ecuación de predicción del rendimiento. La elección de las variables es en función de la frecuencia de la ocurrencia en las correlaciones y componentes principales, la facilidad de toma de datos y la importancia relativa que presenten, a juicio del investigador, respecto al rendimiento, por lo que se escogieron 4 del primer componente, ALT, COB, NTAL y DFFF y 1 del segundo componente, FOTO.

Al analizar la contribución relativa de cada genotipo, con todas las variables involucradas en el ACP, se seleccionan las que tengan contribución positiva, de preferencia en los 3 componentes, y si no es posible la anterior condición, los que presentan valor positivo en el CP1 y CP2, o positivo en el CP1 y de valor alto o intermedio en el CP2 y sobre todo en el CP3. En ese sentido (Cuadro 1.9), los mejores genotipos son, el Norteña, con valores positivos en los 3 componentes, R. Burbank, positivo en el primer componente, e intermedio, aunque negativo, en el CP3, aunque en éste último caso, lo que más contribuye al menor valor del CP3, es el menor valor del PSH, lo que da una imagen de una mayor eficiencia del cultivo, de mayor rendimiento a menor peso seco de hojas. Los genotipos Alpha y Atlantic también presentan valores adecuados.

A lo largo de todos los análisis univariados, el genotipo Norteña es, en general, el que presenta los mayores valores, lo que se refleja en el ACP. Los demás genotipos, presentan resultados heterógeneos, aunque, en general, el ACP discrimina y jerarquiza los genotipos que se presentan en las mejores posiciones del análisis univariado, pero con las ventajas de disminuir el número de variables involucradas en la evaluación, y dando oportunidad de una detección adecuada de genotipos eficientes, como el R. Burbank. Además, permite seleccionar las variables (Cuadro 1.12) que mejor expliquen el rendimiento, necesario para futuras proposiciones de modelos de rendimiento. En este estudio se encontró que con las 3 principales variables morfológicas, hay una R^2 de 0.972, lo que indica un alto ajuste a la predicción lineal.

En melón en invernadero, al comparar la respuesta de los genotipos de acuerdo con la técnica de ACP, se encontró que, al tomar en cuenta 19 variables, se determinaron 27 correlaciones, de las que 23 son positivas (Cuadro 2.1). Con el ACP, se reducen a 12 variables, siendo las más importantes, en el CP1, las variables de rendimiento promedio y las que determinan el tamaño del fruto; en el CP2, características que determinan el amarre de frutos, debido a que en sistemas cerrados, la presencia de polinizadores es prácticamente nula, y el éxito en la polinización en estos cultivos se reduce considerablemente, por lo que el número de plantas con fruto indica alta frecuencia de flores hermafroditas. En el CP3, se encuentra, con valores negativos, a las variables CO_2 , FOTO y UEA (Cuadro 2.3). Al revisar la contribución relativa de los genotipos a cada CP, y en función de las variables que están en cada CP (Cuadro 2.4), se deben seleccionar los genotipos con valores positivos o cercanos a cero en los CP1 y CP2, y negativos en el CP3, por lo

que los genotipos más adecuados bajo estas condiciones, son el Primo, Cruiser, Veracruz, Caravelle y Durango. Al efectuar el ARLM, con 4 variables, de las que componen los CP, se encontró una explicación del rendimiento del 99.2 por ciento, indicándonos alta eficiencia en la detección de variables adecuadas, y puede efficientizar el mejoramiento genético. Yang y Zhou (1998), utilizaron el análisis de la segregación de poblaciones híbridas de melón, para requerir menos generaciones para llegar a líneas avanzadas. Hao y Papadopoulos, 1999, en pepino bajo diferentes cubiertas de invernadero, encontraron poca diferencia en tasas de fotosíntesis foliar.

Para melón en campo, al tomar en cuenta 25 variables en la evaluación, se determinaron (Cuadro 2.6) 45 correlaciones, de las que 27 son positivas. Con el ACP, se redujo el número de variables a 12 (cuadro 2.8) dando el CP1, las variables que determinan el tamaño y peso de frutos, el CP2, las variables de precocidad inversamente con el rendimiento, y hasta el CP6, se encuentra de importancia FOTO. En el Cuadro 2.9 se presenta la contribución relativa de cada genotipo a los CP, por lo que, de acuerdo con las variables consideradas, se seleccionan los genotipos que tengan valores positivos o menos negativos en el CP1, negativo en el CP2 y positivo en el CP6. En ese sentido, se seleccionan los genotipos Primo, Pronto, Hi Line, Cruiser y Laguna. El ARLM en este cultivo, determinó que el rendimiento se explica con un 95 por ciento de aproximación, con 7 variables, de las que destaca, por aparecer por primera vez, la DFFF, pues en este tipo de cultivos, es muy importante una alta iluminación. Hao y Papadopoulos, encontraron, en pepino en invernadero, que al suplementar 16 h de luz, hubo mayor desarrollo de la planta, e incrementó la clorofila foliar, fotosíntesis foliar, biomasa y

producción temprana de frutos comerciales. Riedell y Blackmer (1999) en trigo, así como Purcell (2000) en soya, también encontraron importante la influencia de la DFFF bajo condiciones de campo. Mavrogianopoulos *et al.*, 1999, encontraron que el melón en invernadero se ve afectado por la interacción de CO₂ y salinidad, un alto CO₂ incrementa el rendimiento de frutos, siendo mayor este incremento bajo condiciones no salinas, también se incrementa el crecimiento foliar y el contenido de clorofila de las hojas, lo que afecta más a la fotosíntesis neta.

En tomate en invernadero, se evaluaron 14 variables de rendimiento, agroclimáticas y fisiológicas. El análisis de correlaciones (Cuadro 2.11) detectó 12 correlaciones significativas, de las cuales 9 fueron positivas. Según el ACP, las variables más importantes fueron 12, aunque en 5 CP, indicando menor variabilidad entre genotipos y variables en estas condiciones de cultivo (Cuadro 2.13), el CP1 detectó significativas la variación en RPMPTAC, FTPTAC, RDTOTOTPTA y RTOTONHA; el CP2, CE y TRANSP, y hasta el CP5, FOTO y UEA. Por lo anterior, se debe seleccionar aquellos genotipos que presenten valores altos del CP1, bajos en el CP2 y altos en el CP5, por lo que al analizar la contribución relativa de los genotipos a cada CP (Cuadro 2.14), Celebrity, Bonita, Shady Lady y Sunny son los genotipos más sobresaliente. De los genotipos recomendados para condiciones de altas temperaturas (Summer flavor 5000 y 6000, Sunbolt, Sunny y Heatwave) sólo Sunny fue adecuado para condiciones de invernadero, resaltándose la necesidad de evaluar bajo condiciones de baja DFFF, como en el presente estudio. El ARLM, utilizando 4 variables, fue efectivo en predecir el RTOTONHA, con un 98.5 por ciento de ajuste. En Canadá, en época fría y en tomate de invernadero, Ayari *et al.*,(2000) encontraron que la quinta y décima hoja tuvieron

fotosíntesis baja en condiciones de poca iluminación; a un incremento en febrero, de la actividad fotosintética, siguió una disminución durante marzo, abril y mayo, acompañado por un aumento en las concentraciones de sacarosa y almidón, y altos y constantes niveles de hexosa, lo que se puede considerar como una autoregulación *in situ* de fotosíntesis, sugiriendo que en invernadero, las plantas de tomate desarrollan una estrategia adaptativa y de protección conforme se incrementa la DFFF, en primavera. Xu *et al.*, (1995) encontraron en tomate de invernadero, que la variación en conductividad eléctrica resultó en mayor capacidad fotosintética, uso eficiente de luz y producción de materia seca y rendimiento, bajo alto potencial hídrico del suelo, en comparación con el testigo, así como en menor potencial hídrico del suelo, concluyéndose que la evapotranspiración potencial, dependiente de la variación en conductividad eléctrica, incrementó la actividad fotosintética, crecimiento y rendimiento. Cramer y Richards (1999) encontraron que el enriquecer la rizósfera con carbón inorgánico disuelto ($CID = CO_2 + HCO_3^-$) aumenta la biomasa cuando hay condiciones de baja iluminación (menos de $100 \mu mol m^{-2} s^{-1}$); así mismo, el carbón orgánico derivado de la incorporación del CID y traslocado al xilema, de la raíz al tallo, puede proveer una fuente de carbono para el crecimiento, especialmente bajo condiciones en que se puede presentar una baja conductancia estomatal, tal como salinidad, altas temperaturas y baja intensidad luminosa. Hetherington *et al.*, (1998), encontraron que a altas DFFF, los tejidos contenían un mecanismo regulatorio para disipar el exceso de energía en forma de calor; los tejidos verdes no foliares de tomate a una DFFF de $185 \mu mol m^{-2} s^{-1}$, como se encuentran en invernadero, aportan hasta 29 por ciento de la actividad fotosintética,

correspondiendo al fruto un 15 por ciento. Smillie *et al.*, (1999), estudiando la fotosíntesis del fruto en 7 cultivares de tomate, reportan que la formación de hombros verdes, aparente como pigmentación intensa del hombro proximal del pericarpio, se relacionó positivamente al grado de sombreo del fruto durante el desarrollo; apareciendo como una característica adaptativa para incrementar la capacidad autotrófica del fruto al crecer a baja iluminación; el hombro verde contiene 17-57 por ciento del contenido de clorofila total del pericarpio, sugiriendo que la fotosíntesis del fruto influye la relación acidez-azúcar. También con estudios básicos, Orfila y Knox (2000), Quiroga *et al.*, (2000), Catalá *et al.*, (2000), Sivasankar *et al.*, (2000), Rose *et al.*, (2000), Llop-Toues *et al.*, (2000) y Sharp *et al.*, (2000) respaldan la importancia del cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero a nivel mundial.

En tomate bajo condiciones de campo, al estudiar la correlación entre 13 variables, se encontraron 10 correlaciones (Cuadro 2.16), de las que 9 fueron positivas. Al realizar el ACP, se encontraron 9 variables de importancia (Cuadro 2.18), siendo en el CP1, PPROMFT, DFFF y CO₂, en el CP2, FTPARC, FOTO y UEA, y en el CP3, TAIR, THOJA y TRAN. Lo anterior, nos indica que los genotipos en estudio expresaron variación considerable, bajo condiciones de altas temperaturas e iluminación, en las características que determinan el amarre y peso promedio del fruto, así mismo las características agroclimáticas y fisiológicas que influyen en el uso eficiente del agua. Al analizar la contribución relativa de los genotipos a cada CP (Cuadro 2.19), se deben seleccionar los genotipos que tengan valores más altos en los 2 primeros CP, y bajo en el CP3, siendo estos el Summer Flavor 6000, Bonita, Shady Lady y Celebrity. De los genotipos recomendados

como tolerantes al calor, sólo el Summer Flavor 6000 es sobresaliente; los genotipos Bonita, Shady Lady y Celebrity, son sobresalientes tanto en invernadero como en campo, por lo que por su capacidad adaptativa, constituyen buena fuente de genes favorables. El ARLM consideró, con un ajuste de 98.1 por ciento, la ecuación de predicción del RDTOTONHA con 5 variables, incluyéndose la de CLFFTO, que, aunque no tuvo mucha variación en los genotipos, sí es muy importante, puesto que proporciona un índice visual y rápido de los frutos con calidad comercial; además, el experimento aquí discutido fué establecido para que las altas temperaturas del verano coincidieran con la floración, amarre y desarrollo del fruto, y cosecha a fines de verano y principios de otoño, por lo que estaba ubicado al final de la temporada de crecimiento, donde también influyen las temperaturas nocturnas bajas; Jones *et al.*, (1998) encontraron que la exposición a bajas temperaturas nocturnas inhibe la fotosíntesis en tomate y pepino, hasta en un 60 por ciento, por lo que en tratamiento de frío a plantas de tomate, se puede retrasar el patrón circadiano de 2 enzimas que controlan el metabolismo de carbono y nitrógeno en células vegetales. El uso de acolchados plásticos en tomate en campo tiene múltiples ventajas, y el color del mismo influye preponderantemente en la expresión del potencial de rendimiento; Kasperbauer y Hunt (1998) encontraron un incremento en el rendimiento al utilizar acolchado rojo, debido a la radiación infraroja a plantas en crecimiento, y su subsecuente regulación mediada por el fitocromo, de la movilización de fotosintetizados a frutos en desarrollo; Alba *et al.*, (2000) encontraron que, en frutos de tomate, el ARNm del fitocromo A aumenta 11 veces durante la maduración, la relación rojo-infrarojo se incrementa 4 veces en los tejidos del pericarpio durante la maduración, y un breve tratamiento de luz roja de

frutos verdes antes de punto de corte (veteado rojo) estimuló la acumulación de licopeno en 2.3 veces, independiente de la producción de etileno. Al considerar la discriminación de genotipos de tomate por su uso eficiente del agua, Martin *et al.*, (1999) reportan que la utilización de isótopos de Carbono puede ser un auxiliar adecuado en incrementar el UEA, aunque si se utiliza solo, puede identificar una población de plantas pequeñas, utilizando mejor métodos tradicionales de mejoramiento para incrementar el peso seco. Scholberg *et al.*, (2000) mencionan que el peso seco de plantas de tomate es útil para estimar el uso eficiente de radiación (UER), promediando 1.05 g peso seco MJ⁻¹m⁻², con 50 a 60 por ciento de intercepción de la luz a valores de IAF de 4 a 5; la relación entre grados día, estimación de la radiación interceptada acumulada y el rendimiento en fruto son variables responsables de la variabilidad en rendimiento para localidades y años en Florida, por lo que las evaluaciones de campo son primordiales para estimar adecuadamente la interacción con patógenos, así como la variación en características vegetativas y de fructificación. En tomate, Hartman y St. Clair (1998) encontraron de importancia la interacción de genotipos x año para estudios de incorporación de resistencia genética a plagas, necesario para no sobreestimar los efectos genéticos aditivos y que no se presenten diferencias marcadas entre ganancias genéticas observadas y predichas. Una aplicación subyacente a la utilización de instrumental de alta precisión, es el mejor entendimiento de la interacción del microclima de las plantas y su fisiología, y una mejor representación del valor genotípico real para una mejor selección de progenitores, mismos resultados encontrados en el presente estudio.

CONCLUSIONES

1. Se encontraron genotipos de papa, melón y tomate, con capacidad de adaptación a las condiciones de cultivo en zonas semiáridas, que por su tolerancia a factores adversos, son adecuados para su cultivo intensivo en Agricultura Sustentable.
2. No existe un patrón definido de correlación entre variables de rendimiento, agroclimáticas y fisiológicas, en los diferentes cultivos del presente estudio. En papa, las variables morfológicas fueron las más relacionadas con rendimiento, y de las fisiológicas, sólo el contenido de Clorofila. En melón en invernadero, las variables más relacionadas con rendimiento fueron las que determinan el tamaño y enmallado del fruto, y en campo, las de precocidad, en sentido inverso. En tomate en invernadero, las variables más relacionadas con rendimiento, son las que determinan el amarre y cosecha del fruto por corte, en campo, los de calificación del fruto, que determinan la aceptación comercial.
3. El Análisis de Componentes Principales fue útil en una mejor discriminación de variables y en la detección de genotipos sobresalientes. En papa, las principales variables fueron Altura, Cobertura y Número de tallos por planta, y la Densidad de flujo de fotones fotosintéticos, siendo los mejores genotipos Norteña, Russet Burbank, Alpha y Atlantic. En melón en invernadero, las principales variables fueron Porcentaje de plantas con fruto, Peso promedio por fruto, Frutos por planta y Temperatura de la hoja, siendo los mejores genotipos, Primo, Cruiser,

Veracruz, Caravelle y Durango. En melón en campo, las principales variables fueron Días a primer fruto, Tamaño de fruto, Fotosíntesis, Uso Eficiente del Agua, Densidad de flujo de fotones fotosintéticos, y los mejores genotipos, Primo, Pronto, Hi Line, Cruiser y Laguna. Para tomate en invernadero, las principales variables son las de Frutos por planta por corte, Peso promedio de fruto, Transpiración y Fotosíntesis, siendo los mejores genotipos, Celebrity, Bonita, Shady Lady y Sunny. En tomate en campo, las principales variables fueron Calificación de frutos, Frutos por parcela, Fotosíntesis, Peso promedio de frutos y Densidad de flujo de fotones fotosintéticos, siendo los mejores genotipos Summer Flavor 6000, Bonita, Shady Lady y Celebrity.

4. En los 5 estudios se determinó ecuación de predicción del rendimiento con las principales variables, con un ajuste mínimo de 95 por ciento.

LITERATURA CITADA

- Ackerly, D.D. and P.B. Reich. 1999. Convergence and correlation among leaf and function in seed plants: a comparative test using independent contrast. *Am. J. Bot.* 86:1272.
- Acock, B., M.C. Acock and D. Pasternak. 1990. Interaction of CO₂ enrichment and temperature on carbohydrate production and accumulation in muskmelon leaves. *Jour. Am. Soc. Hort. Sci.* 115(4):525-529.
- Alba, R., M.M. Cordonnier-Pratt and L.H. Pratt. 2000. Fruit-Localized Phytochromes Regulate Lycopene Accumulation Independently of Ethylene Production in tomato. *Plant Physiol.* 123:363-370.
- Allen, S. M. and M. L. Rudich. 1978. Genetics potential for overcoming physiological limitation on adaptability, yield and quality in the tomato. *Hort Sci.* 14(2):114-117.
- Amaral Jr., A. T. do, V. W. D. Casali, C. D. Cruz and F. L. Finger. 1997. Simple and canonic correlation among morphological, agronomic and fruit quality characters in tomato. *Horticultura Brasileira* 15(1):49-52.
- Aserca – SAGAR. 1998. Reporte de comercialización y producción nacional e internacional de tomate. *Revista mensual.* México.
- Ashcroft, W. J., S. Gurban, R. J. Holland, C. T. Warers and H. Nirk. 1993. Arcadia and Goulburn: determinate fresh market tomatoes for arid production areas. *Hort Sci.* 28(8):854-857.
- Austin, R.B. 1999. Yield of Wheat in the United Kingdom: recent Advances and Prospects. *Crop Sci.* 39:1604-1610.
- Ayari, O., M. Dorais and A. Gosselin. 2000. Daily variations of photosynthetic efficiency of greenhouse tomato plant during winter and spring. *Hort Sci.* 125(2):235-241.
- Baker, R.J. 1994. Breeding Methods and Selection Indices for Improved Tolerance to Biotic and Abiotic Stress in Cool Season Food Legumes. *Euphytica.* 73:67-72.

- Bar-Tsur, A., J. Rudich and B. Bravdo. 1985. Photosynthesis, transpiration and stomatal resistance to gas exchange in tomato plants under high temperature. *Jour. of Hort. Sci.* 60(3):405-410.
- Beadle, C.F. 1988. Análisis del crecimiento vegetal. En: Coombs, J., D.O. Hall, S.P. Long y J.M. Scurlock (Eds.). *Técnicas en fotosíntesis y bioproductividad*. Colegio de postgraduados. Chapingo, Edo. de México, México.
- Bernardo, R. 2001. What if Knew All the Genes for Quantitative Trait in Hybrid Crops?. *Crop Sci.* 41: 1-4.
- Berry, S. Z. and M. Uddin, 1988. Effect of High Temperature on Fruit Set in Tomato Cultivars and Selected Germplasm. *Hort Science* 23(3):606-608.
- Bethenod, O., J.P. Lhomme, N. Katerji, P. Quetin, and J.M. Bertolini. 1991. Water Use Efficiency of Potato (*Solanum tuberosum* L.), 2: Application to a Crop Photosynthesis Model. *Photosynthetica* 25(4):545-555.
- Boote, K.J. and N.B. Pickering. 1994. Modeling Photosynthesis of Row Crop Canopies. *Hort Science* 29(12):363-370.
- Borlaug, N.E. 1996. Food Production, The Human Population Monster, and The Morale and Professional Responsibilities of Agricultural Scientists. *Memorias, Curso Internacional de Actualización en Fitomejoramiento y Agricultura Sustentable*. Septiembre 9-13, Saltillo, Coah. México. 232-246.
- Borrego, E. F. y M. Murillo S. 1999. Estudios Fisiotécnicos para Agricultura Sustentable en el Sur de Coahuila, México. I Seminario Regional de Investigación Agrícola para Productores. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". *Memorias*.
- Borrego, E.F. y M. Murillo S. 1994. Efecto de Altas Temperaturas en el Rendimiento y Fenología de Genotipos de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Resúmenes, VI Congreso Latinoamericano de Botánica*. Mar del Plata, Argentina. P. 622.
- Bouma, J. 1997. Precision agriculture: introduction to the spatial and temporal variability of environmental quality. *Ciba Found Symp.* 210:5-13.
- Bowden, R.L., D.I. Rouse, and T.D. Sharkey. 1991. Mechanism of Photosynthesis Decrease by *Verticillium dahliae* in Potato. *Plant Physiol.* 94:1048-1055.
- Branderberger, L. and B. Wiedenfeld. 1997. Physical characteristics of mulches and their impact on crop response and profitability in muskmelon production. *Horttechnology* 7(2):165-169.

- Broschat, K.T. 1979. Principal Component Analysis in Horticultural Research. Hort Science 14(2):114-117.
- Bunec, J.A. 1998. Non stomatal inhibition of photosynthesis by water stress. Reduction in photosynthesis at high transpiration rate without stomatal closure in field grown tomato. Photosynthesis Research. 18(3):357-362.
- Bussis, D., F. Kander and D. Heineke. 1998. Acclimation of potato plants to polyethylene glycol induced water deficit I. Photosynthesis and metabolism. J. Exp. Bot. 49:1349-1360.
- Campbell, D.E., M. Lyman, J. Corse. and E. Hautala. 1986. On the Relationships of Net CO₂ Assimilation and Leaf Expansion to vegetative Growth in Tomato. Plant Physiol. 80:711-715.
- Cano, R. P. and F. Jiménez. 1996. Production of five hybrids of *Cucumis melo* L. through sowings dates. Reunión Científica y Tecnológica Forestal, Agrícola y Pecuaria (Memorias). Pp. 18. Saltillo, Coah. Méx.
- Castilla, N., A. Gallego, G. Cruz-Romero and R. Muñoz-Carpena. 1998. Greenhouse melon response to plastic mulch. Acta Horticulturae 458:263-267.
- Catalá, C., J.K.C. Rose and A.B. Bennett. 2000. Auxin-Regulated Genes Encoding Cell Wall-Modifying Proteins are Expressed during Early Tomato Fruit Growth. Plant Physiol. 122: 527-534.
- Combs, G.F. Jr. 1997. Food systems for improved health: linking agricultural production and human nutrition. Eur. J. Clin. Nutr. 51 (4): 532-533.
- Cramer, M. and M. Richards. 1999. The effect of rhizosphere dissolved inorganic carbon gas exchange characteristics and growth rates of tomato seedlings. J. Exp. Bot. 50:79-87.
- Crawford, P.Q., T.R. Wheeler, R.H. Ellis, R.J. Summerfield and J.H. Williams. 1999. Effect of Temperature and Water Deficit on Water-Use Efficiency, Carbon Isotope Discrimination, and Specific Leaf Area in Peanut. Crop Sci. 39:136-142.
- Crosbie T.M., and R.B. Pearce. 1982. Effects of Recurrent Phenotypic Selection for High and Low Photosynthesis on Agronomic Traits in Two Maize Populations. Crop Sci. 22:809-813.
- Cheema, D. S., S. Sorjan, S. Singh and C. S. Kmo. 1992. Variability in heat tolerant tomato germplasm. Adaptation of food crops to temperature and water stress. Proceedings of an International Symposium, Taiwan, Formose. August 13-18. 316-320.

- Das, B., M. H. Hazarika and P. K. Das. 1998. Genetic variability and correlation in fruit characters of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Annals of Agricultural Research* 19(1):77-80.
- Davies, W.J., M.A. Bacon, D.S.Thompson, W. Sobeihm, and L. González-Rodríguez. 2000. Regulation of leaf and fruit growth in plants growing in drying soil. Increase the efficiency of water use in agriculture. *J. Exp. Bot.* 51:1627-1634.
- Dharmatti, P. R., B. B. Madalageri, V. C. Kanamadi, I. M. Mannikeri and G. Patil. 1997. Heterosis studies in summer tomato. *Advances in Agricultural Research In India* 7:159-165.
- Díaz, S.H. 1995. Comportamiento Productivo y Valor Nutritivo de Mezclas de Especies Forrajeras bajo Riego. Tesis de Doctor en Philosophia. Facultad de Zootecnia , Univ. Aut. de Chihuahua, México.
- Domini, M. R. and C. Moya. 1997. Correlation and path coefficient estimates at different tomato seedlings stages. *Cultivos Tropicales* 18(3):63-65.
- Duvick, D.N. and K.G. Cassman. 1999. Post-Green Revolution Trends in Yield Potential of Temperature Maize in the North-Central United States. *Crop Sci.* 39:1622-1629.
- Dwelle, R.B., G.E. Kleinkopf, and J.J. Pavek. 1981. Stomatal Conductance and Gross Photosynthesis of Potato (*Solanum tuberosum* L.) as influenced by Irradiance, Temperature, and Growth Stage. *Potato Res.* 24:49-59.
- Dwelle, R.B., G.E. Kleinkopf, R.K. Steinhorst, J.J. Pavek, and P.J. Hurley. 1981. The Influence of Physiological Processes on Tuber Yield of Potato Clones (*Solanum tuberosum* L.): Stomatal Diffusive Resistance, Stomatal Conductance, Gross Photosynthetic Rate, Leaf Canopy, Tissue Nutrient Levels, and Tuber Enzyme Activities. *Potato Res.* 24:33-47.
- Evans, L.T. 1980. *Crop Physiology*. Second Edition. Cambridge University Press. London. U.K.
- Evans, L.T. and R.A. Fischer. 1999. Yield Potential: its Definition, Measurement, and Significance. *Crop Sci.* 39:1544-1551.
- Fakorede, M.A.B. 1986. Factor analysis of genotype environment interaction in maize. *Maydica* XXXI, 315-324.
- Fakorede, M.A.B., and J.J. Mock. 1980. Growth Analysis of Maize Variety Hybrids from Two Recurrent Selection Programmes for Grain Yield. *New Phytol.* 85:393-408.

- FAO Agriculture Yearbook, 1995. United Nations Organization. Rome Italy.
- Farías, F.J.M., N. Thomas y H.M. Quiroga. 1983. Utilización del análisis de componentes principales en la selección de líneas y variedades introducidas de Ballico anual (*Lolium multiflorum* L.). Agricultura Técnica en México 9(2):125-140.
- Fernández, M., M. Barnes., J. D., Ollerenshaw, J. H. and A.W. Davison. 1993. Physiological effects of ozone on cultivars of watermelon (*Citrullus lanatus*) and muskmelon (*Cucumis melo* L.) widely cultivated in Spain. Environmental - Pollution. 81 (3):199 - 206. Spain.
- Ferris, R., T.R. Wheeler, R.H. Ellis and P. Hadley. 1999. Seed Yield After Environmental Stress in Soybean Grown Under Elevated CO₂ . Crop Sci. 39:710-718.
- Fisher, R.A., and N.C. Turner. 1978. Plant Productivity in the Arid and Semiarid Zones. Anu. Rev. Plant Physiol. 29:277-317.
- Frey, K.J. 1981. Plant Breeding II. The Iowa State University Press. Ames, Iowa. U.S.A.
- G.I.I.E.Z.A.P.- UAAAN. 1991. Diagnóstico del grupo interdisciplinario de investigación en especies de zonas áridas con potencial. Dirección de Investigación. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- García, E., M. JAMILENA, J.I. Alvarez, T. Arnedo, J.L. Oliver and R. Lozano. 1998. Genetic relationship among melon breeding lines revealed by RAPD markers and agronomic traits. Theoret. and Appl. Gen. 96(6-7):878-885.
- Gawronska, H., R.B. Dwelle, and J.J. Pavek. 1990. Partitioning of Photoassimilates By Potato Plants (*Solanum tuberosum* L.) as Influenced by Irradiance: II. Partitioning Patterns by Four Clones Grown Under High and Low Irradiance. American Potato Journal. 67:163-177.
- Ghawas, E.A. 1985. Analysis of Components of Plant Yield Variation in Maize. Maize Abstracts 1(1):16.
- Godshalk, B.E., and H.D. Timothy. 1988. Factor and Principal Component Analysis as Alternative to Index Selection. Theor Appl. Genet. 76:359-360.
- Guerra H. M. 1997. Evaluación de genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) considerando criterios fisiológicos y de rendimiento bajo condiciones de altas temperaturas, en invernadero. Tesis de maestría, UAAAN Saltillo, Coah. Méx.

- Gunther, J.F., A.E. Levi, and B.H. Lin. 1991. Factors that Affect the Demand for Potato Products in the United States. *American Potato Journal*. 68:569:579.
- Hao, X. and A. P. Papadopoulos. 1999. Effects of supplemental lighting and cover materials on growth, photosynthesis, biomass partitioning, early yield and quality of greenhouse cucumber. *Scientia Hort.* 80(1-2):1-18.
- Hartman, J.B. and D.A. St. Clair. 1998. Variation for Insect Resistance and Horticultural Traits in Tomato Inbred Backcross Populations Derived From *Lycopersicon pennelli*. *Crop Sci.* 38:420-425.
- Hasoki, T., Y. Tsuchihashi. and T. Asahira. 1987. Differences in drought resistance in melons of different ecotypes. II. Physiological differences. *Journal Japanese Soc. Hort. Sci.* 56 (3):306 – 312. Japan.
- Hausmann, B.I.G., A.B. Obilana, P.O. Ayiecho, A. Blum, W. Schipprack and H.H. Geiger. 2000. Yield and Yield Stability of Four Population Types of Grain Sorghum in a Semi-Arid Area of Kenya. *Crop Sci.* 40:319-328.
- Hay, R.K.M. and A.J. Walker. 1989. *An Introduction to the Physiology of Crop Yield*. Longman Scientific & Technical. New York. USA.
- Helachkar, J.S.H. 1990. Evaluación de Genotipos de Papa (*Solanum tuberosum* L.) por el Método de Análisis de Componentes Principales en Diferentes Localidades en el Sur de Coahuila y Nuevo León. Tesis Profesional, Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, Saltillo, Coahuila, México.
- Hellewell, K. B., D.C. Rasmusson and M. Gallo-Meagher. 2000. Enhancing Yield of Semidwarf Barley. *Crop Sci.* 40:352-357.
- Hetherington, S., R. Smillie and W. Davies. 1998. Photosynthetic activities of vegetative and fruiting tissues of tomato. *J. Exp. Bot.* 49:1173-1181.
- Horton, P. 2000. Prospects for crop improvement through the genetic manipulation of photosynthesis: morphological and biochemical aspects of light capture. *J. Exp. Bot.* 51:475-485.
- Hunt, R. 1978. *Plant Growth Analysis*. By Edward Arnold (Publishers Inc.). The Institute of Biology's. Studies in Biology N° 96. London, England. 67 p.
- Ibarra, L., J. Flores and J.C. Díaz-Pérez. 2001. Growth and yield of muskmelon in response to plastic mulch and row covers. *Scientia Horticulturae.* 87: 139-145.

- Ikada, A., S. Nakayama, Y. Kitaya and K. Yabuki. 1998. Effects of Photoperiods, CO₂ Concentration and Light Intensity on Grown and Net Photosynthetic Rates of Lettuce and Turnip. *Acta Hort.* 229:273-282.
- Iritani, W.M. 1991. Advances in Potato Physiology from 1916 to 1991. *American Potato Journal.* 68: 231-232.
- Jarvis, A., and W. Davies. 1998. The coupled response of stomatal conductance to photosynthesis and transpiration. *J. Exp. Bot.* 49:399-406.
- Jenni, S., K.A. Stewart D.C. Cloutier, and G. Bourgeois. 1998. Chilling injury and yield of muskmelon grown with plastic mulches, row covers and thermal water tubes. *Hort Science* 33(2):215-221.
- Jeréz, E., W. Torres y A. Estevéz. 2000. Crecimiento y Desarrollo de Nuevas Variedades de Papa Introducidas en la Producción. Memorias, XIX Congreso de la Asociación Latinoamericana de Papa. 28 Febrero-3 Marzo del 2000. La Habana, Cuba. Pp 138.
- Jones, H. 1998. Stomatal control of photosynthesis and transpiration. *J. Exp. Bot.* 49:387-398.
- Jones, T.L. D.E. Tucker and D.R. Ort. 1998. Chilling Delays Circadian Pattern of Sucrose Synthase and Nitrate Reductase Activity in Tomato. *Plant Physiol* 118:149-158.
- Judez, A.L. 1989. Técnicas de Análisis de Datos Multidimensionales. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España.
- Kander, F., F. Ludewig and D. Heineke. 2000. Ontogenetic changes of potato plants during acclimation to elevated carbon dioxide. *J. Exp. Bot.* 51:429-437.
- Kasperbauer, M.J. and P.G. Hunt. 1998. Far-Red Light Affects Photosynthate Allocation and Yield of Tomato Over Red Mulch. *Crop Sci.* 38:970-974.
- Khedher, B.M., and E.E. Ewing. 1985. Growth Analysis of Eleven Potato Cultivars Grown in the Greenhouse under Long Photoperiods With and Without Heat Stress. *American Potato Journal.* 62:537-554.
- Kim, H.S., G.L. Hartman, J.B. Manandhar, G.L. Graef, J.R. Steadman and B.W. Diers. 2000. Reaction of soybean Cultivars to *Sclerotinia* Stem Rot in Field, Greenhouse, and Laboratory Evaluations. *Crop Sci.* 40:665-669.
- Kmec, P., M.J. Weiss, L.R. Milbrath, B.G. Schatz, J.Hanzel, B.K. Hanson, and E.D. Eriksmoen. 1998. Growth Analysis of Crambe. *Crop Sci.* 38:108-112.

- Knight, S.L. and C.A. Mitchell. 1998. Effect of CO₂ and Photosynthetic Photon Flux on Yield, Gas Exchange and Growth Rate of *Lactuca sativa* "Waldmann's Green" J. Expt. Bot. 39:317-328.
- Lange, A.J. de, N.J. Combrink, and A.J. de Lange. 1998. The effects of soil mulch colour and nutrient solution concentration on the development of melon seedlings. Jour. South. Af. Soc. Hort. Sci. 8(1):10-11.
- Lazic, B. 1997. Correlation between the morphological characteristics and the biochemical components of tomato fruit quality. Acta Horticulturae 462:151-156.
- Lee, Tae. Ik., Jeong Cheon Soon and Yoo Keun Chang. 1996. Effects of light intensity and night temperature on sugar accumulation of muskmelon in warm season. J. Korean. Soc. Hort. Sci. 37 (6):741 – 745. Korea Republic.
- Lemaire, G. and P. Millard. 1999. An ecophysiological approach to modelling resource fluxes in competing plants. J. Exp. Bot. 50:15-28.
- Lemaire, J.M., J. Beraud, G. Ginoux, M. Conus, H. Ferriere, R. Nicolas, and P. Mas. 1997. Powdery mildew of melon. Certain cultural practices can influence the development of epidemics. Phytoma 50(1):42-46.
- Lester, G.; H. Hyodo and A.E. Watada. 1995. Regulation of muskmelon fruit senescence by calcium. Acta Horticulturae. 398:41 – 45.
- Lewandowski, I., M. Hardtlein and M. Kaltschmitt 1999. Sustainable Crop Production: Definition and Methodological Approach for Assessing and Implementing Sustainability. Crop Sci. 39:184-193.
- Li, P.H. 1985. Potato Physiology. Academic Press Inc. Harcourt Brace Jovanovich, Publishers. U.S.A.
- Li-Cor, Inc. 1990. The LI-6200 Primer. An Introduction to Operating the LI-6200 Portable Photosynthesis System. Lincoln, Nebraska, U.S.A.
- Lohar, D. P. and W. E. Peat. 1998. Floral characteristics of heat-tolerant and heat-sensitive tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivars at high temperature. Scientia Horticulturae 73(1):53-60.
- Long, S.P. and V.E. Hallgren. 1993. Measurement of CO₂ Assimilation by Plants in the Field and The Laboratory. In: Photosynthesis and Production in a Changing Environment. Hall, D.O., J.M.O. Scurlock, H.R. Bolthar-Nordenkamat, P.C. Leegood, and S.P. Long (Eds.) Chapman & Hall, London. pp: 129-167.

- Loomis, R.S. and J.S. Amthor. 1999. Yield Potential, Plant Assimilatory Capacity, and Metabolic Efficiencies. *Crop Sci.* 39:1584-1596.
- Lorenzo, P., C. Maroto and N. Castilla. 1989. CO₂ in plastic greenhouse in Almeria (Spain). *Acta Horticulturae* 268: 165-169.
- Loreto, F., D. Tricoli and M. Centritto. 1999. Short-term Effect of Fumigation with Gaseous Methanol on Photosynthesis in Horticultural Plants. *Hort Sci.* 124(4):377-380.
- Llop-Tous, I., C.S. Barry and D. Grierson. 2000. Regulation of Ethylene Biosynthesis in Response to Pollination in Tomato Flowers. *Plant Physiol.* 123:971-978.
- Ma, B.F., M.J. Morrison and H.D. Voldeng. 1995. Leaf greenness and photosynthetic rates in soybean. *Crop Sci.* 35:1411-1414.
- Manly, B.F.I. 1986. *Multivariate Statistical Methods*. Chapman and Hall. London.
- Manrique, L.A. and D.P. Batholomew. 1991. Growth and Yield Performance of Potato Grown at Three Elevations in Hawaii: II. Dry Matter Production and Efficiency of Partitioning. *Crop Sci.* 31:367-372.
- Martin, B., Ch. G. Tauer and R. K. Lin. 1999. Carbon Isotope Discrimination as a tool to Improve Water-Use Efficiency in tomato. *Crop Sci.* 39:1775-1783.
- Martin, R.B. 1994. Genetic Engineering of Potatoes. *American Potato Journal.* 71: 347-358.
- Martínez, M. P. 1999. Selección Fisiotécnica de genotipos sobresalientes de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en invernadero. Tesis de licenciatura, UAAAN. Saltillo, Coah. Méx.
- Martins, S.R., R.M. Peil, J.A. Schewengber, F.N. Assis and M.E.G. Mendez. 1998. Greenhouse melon production in different plant cultivation systems. *Horticultura Brasileira* 16(1):24-30.
- Matsuda, Y., H. Toyoda, A. Veda, S. Tamaki, Y. Hosoi and S. Orechi. 1997. Establishment of photosynthetic hairy roots in cultures of melon leaves (*Cucumis melo* L.). *Environment Control in Biology* 35(2):131-134.
- Mauney, J.R., K.E. Fry, and G. Guinn. 1978. Relationship of Photosynthetic Rate to Growth and Fruiting of Cotton, Soybean, Sorghum and Sunflower. *Crop Sci.* 18:259-263.

- Mavrogianopoulos, G.N., J. Spanakis and P. Tsikalas. 1999. Effect of Carbon Dioxide Enrichment and Salinity on Photosynthesis and Yield in Melon. *Scientia Horticulturae* 79 (1-2):51-63.
- Mavromatis, T., K.J. Boote, J.W. Jones, A. Irmak, D. Shinde and G. Hoogenboom. 2001. Developing Genetic Coefficients for Crop Simulation Models with Data from Crop Performance Trials. *Crop Sci.* 41: 40.51.
- Mehta H. and K.R. Sarkar. 1992. Heterosis for Leaf Photosynthesis, Grain Yield and Yield Components in Maize. *Euphytica* 60:161-168.
- Miccolis, V. and M.E. Salveit Jr. 1991. Morphological and physiological changes during fruit growth and maturation of seven melon cultivars. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 116 (6):1025 – 1029.
- Mitchell, D. E., M.V. Gadus. and M.A. Madore. 1992. Patterns of assimilate production and translocation in muskmelon (*Cucumis melo* L.). I. Diurnal patterns. *Amer. Soc. Plant. Physiologists.* 99 (3):959 – 965.
- Mohamed, M. F. 1997. Field performance and analysis for genetic constitution of advanced tomato breeding lines tolerant to heat stress. *Assiut Journal of Agricultural Sciences* 28(2):27-37.
- Mora, A. R. y J. Ortíz. C. 2000. Comportamiento Fisiológico de Variedades de Papa en Temporal. *Memorias XIX Congreso de la Asociación Latinoamericana de Papa.* 28 Febrero-3 Marzo del 2000. La Habana, Cuba. Pp 139.
- Morales, A., M. Ortega-Delgado, J. Molina-Galan and E. Sanchez de Jimenez. 1999. Importance of Rubisco activase in maize productivity based on mass selection procedure. *J. Exp. Bot.* 50:823-829.
- Moreno, U. 1985. Environmental effects on growth and development of potato plants. In: Li, P.H. (Ed.) *Potato Physiology.* Academic Press Inc. U.S.A.
- Morrison, M.J., H.D. Voldeng and E.R. Cober. 1999. Physiological Changes in 58 Years of Genetic Improvement of Short Season Soybean Cultivars in Canada. *Agron. J.* 91: 685-689.
- Murillo, P.G. 1973. Contribuciones de la ESAAN a la Agricultura Regional y Nacional. Propuestas de cambio a Universidad Agraria, a la Presidencia de la República. Inédito. Escuela Superior de Agricultura “Antonio Narro”. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Nederhoff, E. M. and J. G. Vegter. 1994. Photosynthesis of stands of tomato, cucumber and sweet pepper measured in greenhouses under various CO₂ concentrations. *Annals of Botany* 73(4):353-361.

- Nieuwhof, M., L. C. P. Keizer and J. C. Van Oeveren. 1997. Effects of temperature on growth and development of adult plants of genotypes of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Journal of Genetics and Breeding (Italy) 51(3):185-193.
- Orfila, C. and J. P. Knox. 2000. Spatial Regulation of Pectic Polisaccharides in Relation to Pit Fields in Cell Walls of Tomato Fruit Pericarp. Plant Physiol. 122: 775-782.
- Padrón, E., I. López, R. Deroneelé, N. Zamora y E. Rodríguez 2000. Caracterización Fisiológica de 6 Variedades de Papa. Memorias XIX Congreso de la Asociación Latinoamericana de Papa. 28 Febrero-3 Marzo del 2000. La Habana, Cuba. Pp 137.
- Pankovic, D., Z. Sakac, S. Kevresan and M. Plesnicar. 1999. Acclimation to long-term water deficit in the leaves of two sunflower hybrids: photosynthesis, electron transport and carbon metabolism. J. Exp. Bot. 50:127-138.
- Parga T.V. 1991. Recomendaciones para el Cultivo de la Papa en la Sierra de Arteaga. Día de demostración, Campo Agrícola Experimental Sierra de Arteaga (CESIA), Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIFAP). Saltillo, Coahuila, México.
- Parga, T.V. 1989. Influencia de la temperatura y de la longitud del día en el crecimiento y desarrollo de la papa. Boletín Agrometeorológico. Vol. 14. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Saltillo, Coahuila, México.
- Parga, V., E. Rodríguez e I. Sanchez. 2000. Resultados de Mejoramiento Genético de Papa en el Norte de México. Memorias XIX Congreso de la Asociación Latinoamericana de Papa. 28 Febrero-3 Marzo del 2000. La Habana, Cuba. Pp. 93.
- Pearce, B.D., R.I. Grange. and K. Hardwick. 1993. The Growth of Young Tomato Fruit. I. Effect of Temperature and Irradiance on Fruit Grown under Controlled Environments. Journal of Horticultural Science 68(1):1-11.
- Peet, M. M. and M. Batholomew. 1996. Effect of night temperature on pollen characteristics, growth and fruit set in tomato. Journal of the American Society for Horticultural Science 121 (3) 514-519.
- Peet, M. M., S. Sato and R. G. Gardner. 1998. Comparing heat stress effects on male fertile and male sterile tomatoes. Plant, Cell and Environment 21(2):225-231.

- Peng, S., K.G. Cassman, S.S. Virman, J. Sheehy and G.S. Khush. 1999. Yield Potential Trends of Tropical Rice since the release of IR8 and the Challenge of Increasing Rice Yield Potential. *Crop Sci.* 39:1552-1560.
- Pollman, M.G., D.A. Fell and S. Thomas. 2000. Modelling photosynthesis and its control. *J. Exp. Bot.* 51:319-328.
- Quiroga, M. C. Guerrero, M.A. Botella, A. Barceló, I. Amaya, M.I. Medina, F.J. Alonso, S. M. de Forchetti, H. Tigier and V. Valpuesta. 2000. A Tomato Peroxidase Involved in the Synthesis of Lignin and Suberin. *Plant Physiol.* 122: 1119-1128.
- Radford, P.J. 1967. Growth analysis formulae - their use and abuse. *Crop Sci.* 7(3): 171-175.
- Ramírez, M.R. 1998. Evaluación fisiotécnica de genotipos sobresalientes de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo condiciones de suelo acolchado y sin acolchado, en una localidad de altas temperaturas. Tesis de Licenciatura, UAAAN. Saltillo, Coah., Méx.
- Ransmark, S.E. 1995. The influence of light intensity on photosynthetic yield. Report, Department of Agricultural Biosystems and Technology. Swedish University of Agricultural Sciences, Lund, Sweden.
- Rehcgil, M. Jr. 1982. Handbook of Agricultural Productivity. CRC Series in Nutrition and Food. CRC Press Incorporation. Boca Raton, Florida. U.S.A.
- Reddy, V. R., L.B. Pachepsky and B. Acock. 1994. Response of crop photosynthesis to carbon dioxide, temperature and light: Experimentation and Modeling. *Hort. Sci.* 29 (2):1415-1422.
- Reeves, T.G. 1996. Hacia Una Agricultura Sustentable. Memorias, Curso Internacional de Actualización en Fitomejoramiento y Agricultura Sustentable. Septiembre 9-13, Saltillo, Coah. México. Pp 66-72.
- Reynolds, M.P., S. Rajaram and K.D. Sayre. 1999. Physiological and Genetic Changes of Irrigated Wheat in the Post-Green Revolution Period and Approaches for Meeting Projected Global Demand. *Crop Sci.* 39:1611-1621.
- Richards, R.A. 2000. Selectable traits to increase crop photosynthesis and yield of grain crops. *J. Exp. Bot.* 51:447-458.
- Riedell, W.E. and T.M. Blackmer. 1999. Leaf Reflectance Spectra of Cereal Aphid-Damaged Wheat. *Crop Sci.* 39:1835-1840.

- Rinco-Sanchez, L., J. Saez-Sironi, J.A. Perez- Crespo, R. Madrid and R. Muñoz-Carpena. 1998. Growth and nutrient absorption by muskmelon crop under greenhouse conditions. *Acta Horticulturae* 458:153-159.
- Rose J.K.C., D.J. Cosgrove, P. Albersherim, A.G. Darvill and A.B. Bennett. 2000. Detection of Expansin Proteins and Activity during Tomato Fruit Ontogeny. *Plant Physiol.* 123:1583-1592.
- Royo, C. and R. Blanco. Growth Analysis of Five Spring and Five Winter Triticale Genotypes. *Agron. J.* 90: 305-311.
- Ruttan, V.W. 1999. The transition to agricultural sustainability. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 96(11): 5960-5967.
- Saeed, I.A.M., E. MacGuidwing, D.I. Rouse, and T.D. Sharkey. 1999. Limitation to Photosynthesis in *Pratylenchus penetrans*-and *Verticillium dahliae*-Infected Potato. *Crop Sci.* 39:1340-1346.
- SAGAR. 1997. Anuario estadístico de la producción agrícola de los Estados Unidos Mexicanos.
- Schittenhelm, S. 1999. Agronomic Performance of Root Chicori, Jerusalem Artichoke, and Sugarbeet in Stress and Nonstress Environments. *Crop. Sci.* 39:1815-1823.
- Scholberg, J., B.L. McNeal, J.W. Jones, K. J. Boote, C. D. Stanley and T. A. Obreza. 2000. Growth and Canopy Characteristics of Field-Grown Tomato. *Agron. J.* 92:152-172.
- Segura, M.L., C. Cadahia, M. Abad, A. López and R. Muñoz-Carpena. 1998. Fertigation of a melon crop grown in black sedge peat-based soilless media under saline conditions. *Acta Horticulturae* 458:369-375.
- Sharp, R.E., M.E. LeNoble, M. A. Else, E.T. Thorne and F. Gherardi. 2000. Endogenous ABA maintains shoot growth in tomato independently of effects on plant water balance: evidency for an interaction with ethylene. *J. Exp. Bot.* 51(350):1575-1584.
- Sivansankar, S. B. Sheldrick and S.J. Rothstein. 2000. Expression of Allene Oxide Synthase Determines Defense Gene Activation in tomato. *Plant Physiol.* 122: 1335-1342.
- Smillie, R., S. Hetherington and W. Davies. 1999. Photosynthesis activity of the calyx, green shoulder, pericarp, and locular parenchyma of tomato fruit. *J. Exp. Bot.* 50:707-718.

- Sneep, J. and A.J.T. Hendriksen. 1979. Plant Breeding Perspectives. Center for Agricultural Publishing and Documentation. Wageningen, The Netherlands.
- Soto G. L.F. 1997. Evaluación De Variedades De Papa (*Solanum tuberosum* L.) con Criterios Morfológicos, Fisiológicos y de Rendimiento. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.
- Specht, J.E., D.J. Hume and S.V. Kumudini. 1999. Soybean Yield Potential – A Genetic and Physiological Perspective. *Crop Sci.* 39:1560-1570.
- Steel R.G.D. and J.H. Torrie. 1980. Principles and procedures of statistics, a biometrical approach. Mc. Graw Hill Book Co. Inc. New York, U.S.A.
- Swenney, D.W. D.A. Graetz., A.B. Bochter., S.J. Locascio. and K.L. Campbell. 1987. Tomato Yield and Nitrogen Recovery as Influenced by Irrigation Method, Nitrogen Source, and Mulch. *Hort Science* 28(1):27-29.
- Taelk, L., J. Cheon Soon, Y. Keunchang, L. Ti, C.S. Jeong and K.C. Yoo. 1996. Effects of light intensity and night temperature on sugar accumulation of muskmelon in warm season. *Joue. Korean Soc. Hort. Sci.* 37(6):741-745.
- Tapia, A.C., W. Rodríguez y J. Avilés 2000. Análisis Funcional del Crecimiento de 4 Variedades de Papa (*Solanum tuberosum* L.). Memorias XIX Congreso de la Asociación Latinoamericana de Papa. 28 Febrero-3 Marzo del 2000. La Habana, Cuba. Pp 141.
- TCG. 1996. Comittee Report. In internet: www.arsgrin.gov.html.
- Thomas, H., and C.J. Howarth. 2000. Five ways to stay green. *J. Exp. Bot.* 51:329-337.
- Thönnissen, C., D.J. Midmore, J.K. Ladha, R.J. Holmer and U. Schmidhalter. 2000. Tomato Crop Response to Short-Duration Legume Green Manures in Tropical Vegetable Systems. *Agron. J.* 92:245-252.
- Tilman, D. 1999. Global environmental impacts of agricultural expansion: the need for sustainable and efficient practices. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 25;96(11): 5995-6000.
- Tollenaar, M. and J. Wu. 1999. Yield Improvement in Temperate Maize is Attributable to Greater Stress Tolerance. *Crop Sci.* 39:1597-1603.
- Torres, de la N.W. 2000. Limitaciones Biológicas de la Alta Temperatura en el Desarrollo de Plantas de Papa. Memorias XIX Congreso de la Asociación Latinoamericana de Papa. 28 Febrero-3 Marzo del 2000. La Habana, Cuba. Pp 145.

- Trentini, L., and R. Piazza. 1998. Global Productions of melons. *Informatore Agrario Supplemento*. 54(3):7-12.
- Ueda, Y., S. Nishihara, H. Tomita and Y. Oda. 2000. Photosynthetic response of Japanese rose species *Rosa bracteata* and *Rosa rugosa* to temperature and light. *Scientia Horticulturae* 84 (3-4):365-371.
- Valverde, E. y M.V. Sáenz. 1985. Análisis de crecimiento de chayote (*Sechium edule* Sw.) Turrialba 35: 395-402.
- Van de dijk, S. J. 1985. Differences between tomato genotypes in stomatal resistance and specific leaf fresh weight in relation to differences in net photosynthesis under low light intensity and low night temperatures. *Euphytica* 34:717-723.
- Ventura, Y., and S. Medlinger. 1998. Effects of suboptimal low temperatures on plant architecture and flowering muskmelons (*Cucumis melo* L.). *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 73(5):640-646.
- Wagner, W.C. 1999. Sustainable agriculture: how to sustain a production system in a changing environment. *Int. J. Parasitol.* 29(1):1-5.
- Walker, A. J. and D. A. Baker. 1978. Carbon translocation in tomato: Pathways of carbon metabolism in the fruit. *Annals of Botany* 42:909-919.
- Weihong, G., 1998. Evaluation of main horticultural characters and selection of melon varieties. *Acta Agriculturae-Shangai*, 14(3):41-45.
- Welch, R.M. 1997. Agronomic problems related to provitamin A carotenoid-rich plants. *Eur. J. Clin. Nutr.* 4: 534-538.
- Wilson, D. 1981. Breeding for Morphological and Physiological Traits. *In*: Frey, K.J. (Ed). *Plant Breeding II*. Iowa State University Press. Ames, Iowa. U.S.A.
- Wilson, J.W. and M.A. Hannah. 1992. Light interception and photosynthetic efficiency in some glasshouse crops. *J. Exp. Bot.* 43(248):363-373.
- Wissar, R., y R. Ortiz. 1987. Mejoramiento de la papa en el CIP por adaptación a climas cálidos tropicales. *Doc. de Tecnología Especializada* N° 22. Lima, Peru.
- Xu, H., L. Gauthier and A. Gosselin. 1995. Effects of fertigation on management on growth and photosynthesis of tomato plants grown in peat, rockwool and NFT. *Scientia Horticulturae* 63(1-2):11-20.

- Yang, V.G. and Z.A. Zhou. 1998. Rapid Stabilization of The Hybrid Populations and Use of Selected Strains in Muskmelon by Cluster Analysis. *Journal of Fruit Science* 11(3):183-185.
- Yang-Yong Gang, Song-Yuannim, Shao-Jinche, Yang-Yg, Song-Yn, Shao-Je, Dong-Cod and Meng-Ly. 1994. The factor analysis for early-maturing characters of tomato. *Adran Ces-in-horticulture*. 218-221.
- Zechendorf, B. 1999. Sustainable development: how can biotechnology contribute?. *Trends Biotechnol.* 17(6):219-225.

APENDICE

Cuadro A1. Promedios Genotípicos en Papa (*Solanum tuberosum* L.) para Area Foliar Total en cm² y Peso Seco Total en g, en 6 Muestras Durante el Ciclo del Cultivo.

| AREA FOLIAR | | | | | | |
|-------------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| Genotipo | M1 | M2 | M3 | M4 | M5 | M6 |
| Norteña | 2769.981 | 4970.504 | 8638.041 | 17957.901 | 15110.166 | 17742.163 |
| Gigant | 1648.146 | 2554.244 | 6437.519 | 10105.056 | 12435.021 | 10234.499 |
| Mondial | 3589.784 | 5660.864 | 8422.304 | 13384.266 | 9069.516 | 10234.499 |
| Snowden | 2122.769 | 3244.604 | 7473.059 | 14808.134 | 14117.773 | 8336.009 |
| Alpha | 2899.424 | 4064.406 | 6739.551 | 15369.051 | 15843.673 | 15627.936 |
| Atlantic | 2338.506 | 4150.701 | 8810.631 | 14376.658 | 11615.219 | 9069.516 |
| R.Burbank | 2122.769 | 3546.636 | 6049.191 | 17181.246 | 11054.301 | 13254.823 |

| PESO SECO | | | | | | |
|-----------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|
| Genotipo | M1 | M2 | M3 | M4 | M5 | M6 |
| Norteña | 15.750 | 36.500 | 78.500 | 188.000 | 179.750 | 195.250 |
| Gigant | 6.650 | 13.250 | 45.750 | 86.750 | 113.250 | 89.750 |
| Mondial | 23.000 | 43.750 | 73.250 | 143.250 | 109.250 | 151.250 |
| Snowden | 10.000 | 19.500 | 60.000 | 139.000 | 126.500 | 85.500 |
| Alpha | 15.750 | 24.250 | 46.000 | 135.500 | 138.250 | 173.250 |
| Atlantic | 12.250 | 30.000 | 73.000 | 137.000 | 114.000 | 106.500 |
| R.Burbank | 9.500 | 20.500 | 45.000 | 157.250 | 113.500 | 154.750 |

Cuadro A2. Promedios Genotípicos en Papa (*Solanum tuberosum* L.) para Variables Agroclimáticas, Fisiológicas y de Rendimiento.

| Genotipo | ALT | COB | NTAL | PFH | PSH | PFT | PST | RDTO | COLORO | EHAZ |
|------------|--------|-------|------|--------|-------|--------|-------|------|--------|------|
| Norteña | 110.00 | 63.00 | 5.25 | 213.75 | 98.00 | 532.50 | 97.25 | 1.30 | 1.26 | 5.80 |
| Gigant | 73.75 | 63.00 | 3.25 | 166.25 | 54.50 | 306.50 | 35.25 | 0.61 | 0.56 | 4.50 |
| Mondial | 94.25 | 70.75 | 4.75 | 308.50 | 54.50 | 453.25 | 96.75 | 0.73 | 0.89 | 4.00 |
| Snowden | 50.00 | 43.00 | 2.00 | 113.00 | 43.50 | 103.00 | 42.00 | 0.73 | 0.93 | 3.80 |
| Alpha | 86.25 | 57.25 | 4.00 | 215.75 | 85.75 | 398.25 | 87.50 | 0.92 | 0.83 | 3.40 |
| Atlantic | 75.25 | 60.75 | 5.25 | 259.00 | 47.75 | 409.75 | 58.75 | 0.84 | 0.99 | 4.90 |
| R. Burbank | 99.00 | 68.00 | 5.00 | 275.50 | 72.00 | 423.00 | 82.75 | 0.93 | 0.81 | 5.10 |

| Genotipo | EENV | DFFF | TAIR | THOJA | CO2 | HR | FOTO | CE | TRANS | UEA |
|------------|-------|---------|-------|-------|--------|-------|------|------|-------|------|
| Norteña | 40.00 | 1345.45 | 32.09 | 31.50 | 246.04 | 32.07 | 6.82 | 0.85 | 9.13 | 1.79 |
| Gigant | 31.90 | 1384.34 | 32.26 | 33.97 | 276.24 | 29.40 | 5.23 | 0.78 | 8.28 | 1.52 |
| Mondial | 32.10 | 1449.42 | 32.24 | 31.53 | 238.91 | 33.24 | 7.34 | 1.08 | 9.96 | 1.77 |
| Snowden | 31.90 | 1107.38 | 31.63 | 31.11 | 245.77 | 35.50 | 7.41 | 0.87 | 8.63 | 2.06 |
| Alpha | 20.30 | 1468.53 | 32.67 | 32.39 | 254.73 | 28.52 | 5.65 | 0.82 | 8.34 | 1.63 |
| Atlantic | 30.70 | 1413.10 | 32.64 | 32.34 | 248.65 | 32.10 | 5.78 | 1.01 | 9.24 | 1.50 |
| R. Burbank | 39.10 | 1563.15 | 32.87 | 32.43 | 259.46 | 34.60 | 4.11 | 0.92 | 9.55 | 1.03 |

Cuadro A3. Promedios Genotípicos en Melón (*Cucumis melo* L.) Bajo Condiciones de Invernadero, Para Variables Agroclimáticas, Fisiológicas y de Rendimiento.

| Genotipo | DFFF | TAIR | THOJA | CO ₂ | HR | FOTO | CE | TRAN | UEA | %PCF |
|-----------|--------|-------|-------|-----------------|-------|------|------|------|------|-------|
| Primo | 138.58 | 25.28 | 22.58 | 500.19 | 44.05 | 3.47 | 1.08 | 2.41 | 2.58 | 91.67 |
| HoneyDew | 140.98 | 25.36 | 22.37 | 492.38 | 43.63 | 3.75 | 0.95 | 2.82 | 2.89 | 91.67 |
| Apache | 154.63 | 25.18 | 22.38 | 482.56 | 45.97 | 4.38 | 1.11 | 3.03 | 2.92 | 45.83 |
| Cruiser | 145.1 | 25.24 | 22.28 | 481.52 | 45.31 | 3.81 | 1.15 | 2.86 | 2.17 | 79.17 |
| Durango | 145.84 | 24.97 | 22.34 | 462.6 | 44.75 | 2.78 | 1.02 | 3.05 | 2.02 | 79.17 |
| Caravelle | 124.74 | 24.82 | 21.96 | 468.96 | 43.84 | 2.86 | 0.99 | 2.97 | 1.84 | 87.5 |
| Laguna | 157.02 | 25.15 | 22.42 | 459.98 | 45.97 | 2.84 | 1.07 | 2.96 | 1.64 | 95.83 |
| Veracruz | 149.77 | 25.26 | 22.49 | 472.65 | 45.5 | 3.19 | 1.12 | 2.86 | 1.69 | 70.84 |
| Laredo | 147.04 | 25.27 | 22.25 | 469.88 | 43.38 | 3.82 | 1.02 | 2.78 | 2.38 | 29.17 |
| Top Mark | 155 | 25.29 | 22.33 | 475.86 | 43.58 | 4.07 | 0.99 | 2.9 | 2.82 | 41.67 |

| Genotipo | FRPTA | LECFTO | LPFTO | MALL | ESPLPA | LECS | LPCS | RTOPROM | RPARCE |
|-----------|-------|--------|-------|------|--------|------|------|---------|--------|
| Primo | 2.32 | 10.09 | 11.94 | 4.99 | 2.03 | 4.87 | 8.3 | 659.22 | 16.97 |
| HoneyDew | 2.36 | 7.37 | 8.1 | 0.25 | 1.1 | 4.57 | 5.49 | 250.53 | 5.9 |
| Apache | 2.07 | 9.12 | 10.83 | 5 | 1.39 | 4.83 | 7.14 | 487.85 | 5.72 |
| Cruiser | 2.29 | 10.6 | 11.61 | 4.96 | 1.98 | 5.44 | 7.55 | 726.66 | 15.72 |
| Durango | 2.02 | 9.32 | 10.96 | 4.98 | 1.42 | 4.92 | 7.38 | 500.08 | 9.19 |
| Caravelle | 2.91 | 9.5 | 8.83 | 4.92 | 1.52 | 4.34 | 6.19 | 366.25 | 10.78 |
| Laguna | 2.31 | 9.2 | 11.85 | 4.95 | 1.66 | 4.69 | 7.33 | 508.85 | 12.91 |
| Veracruz | 2.33 | 9.32 | 10.88 | 4.95 | 1.7 | 4.82 | 7.08 | 533.77 | 10.96 |
| Laredo | 1.5 | 9.84 | 13.17 | 4.75 | 2.33 | 4.59 | 8.46 | 668.59 | 2.99 |
| Top Mark | 1.7 | 9.74 | 11.35 | 5 | 1.78 | 4.92 | 7.29 | 574.94 | 5.01 |

Cuadro A4. Promedios Genotípicos en Melón (*Cucumis melo* L.) Bajo Condiciones de Campo, para Variables Agroclimáticas, Fisiológicas y de Rendimiento.

| Genotipo | RTONHA | PPRM FTO | NO FTOS | LEC FTO | LPOL FTO | EPULP | LEC SEM | LPC SEM | GBRIX | MALL | DFFF | THOJA |
|----------|--------|-------------|------------|------------|-------------|-------|------------|------------|-------|------|---------|-------|
| Primo | 49.86 | 1.62 | 39.75 | 14.49 | 17.70 | 3.66 | 6.06 | 11.20 | 12.01 | 5.00 | 1391.19 | 31.20 |
| Pronto | 51.83 | 1.35 | 50.00 | 13.72 | 15.08 | 3.42 | 5.89 | 8.72 | 11.11 | 4.86 | 1265.94 | 30.67 |
| Challeng | 53.12 | 1.15 | 60.50 | 12.30 | 14.14 | 3.09 | 4.92 | 8.17 | 11.34 | 4.87 | 1204.87 | 30.79 |
| Cheyenne | 56.69 | 1.14 | 64.00 | 12.88 | 14.55 | 3.32 | 5.19 | 8.48 | 12.86 | 4.97 | 1133.83 | 30.58 |
| HiLine | 52.52 | 1.31 | 52.00 | 13.23 | 15.93 | 3.13 | 5.98 | 9.90 | 11.62 | 4.96 | 1124.62 | 30.46 |
| Cruiser | 57.08 | 1.41 | 52.50 | 13.70 | 15.76 | 3.54 | 5.64 | 9.34 | 11.59 | 4.99 | 1188.56 | 30.34 |
| Durango | 50.58 | 1.35 | 49.00 | 13.85 | 16.20 | 3.26 | 6.18 | 9.68 | 12.54 | 5.00 | 1183.74 | 30.23 |
| Apache | 51.60 | 1.08 | 62.25 | 12.59 | 14.22 | 3.23 | 5.21 | 8.37 | 12.55 | 4.98 | 1079.20 | 30.83 |
| Laguna | 53.78 | 1.37 | 51.50 | 13.38 | 14.87 | 3.30 | 5.68 | 8.98 | 10.54 | 4.99 | 1018.73 | 30.52 |
| Caravell | 55.84 | 1.07 | 67.75 | 13.84 | 13.86 | 3.42 | 4.89 | 8.21 | 11.95 | 5.00 | 1183.96 | 30.87 |
| MainPak | 47.82 | 1.04 | 59.50 | 12.14 | 13.81 | 2.93 | 5.15 | 7.92 | 12.26 | 5.00 | 1210.15 | 30.04 |
| TopMark | 48.67 | 0.98 | 64.25 | 12.23 | 13.20 | 2.91 | 5.45 | 7.69 | 13.04 | 5.00 | 1161.23 | 30.28 |

| Genotipo | TAIR | CO2 | RH | FOTO | CE | TRANSP | UEA | DPR FTO | DFL MASC | DFL FEM | CENIC | ANTRAC | PULG |
|----------|-------|--------|-------|-------|------|--------|-------|------------|-------------|------------|-------|--------|------|
| Primo | 32.67 | 313.16 | 64.49 | 16.81 | 5.23 | 6.83 | 12.97 | 90.75 | 36.50 | 39.50 | 0.30 | 1.25 | 0.30 |
| Pronto | 32.51 | 330.33 | 61.93 | 15.19 | 4.54 | 6.58 | 12.58 | 88.00 | 35.00 | 38.00 | 0.90 | 1.33 | 0.48 |
| Challeng | 32.50 | 339.60 | 62.80 | 15.76 | 5.45 | 6.70 | 10.81 | 86.25 | 34.00 | 37.00 | 0.98 | 1.93 | 0.30 |
| Cheyenne | 32.69 | 339.38 | 60.90 | 14.81 | 6.34 | 6.38 | 8.93 | 90.00 | 36.00 | 39.00 | 0.30 | 1.75 | 0.40 |
| HiLine | 32.69 | 353.09 | 61.97 | 13.59 | 5.80 | 6.45 | 6.22 | 89.75 | 36.00 | 39.00 | 0.65 | 1.75 | 0.30 |
| Cruiser | 32.81 | 341.75 | 61.87 | 15.34 | 7.04 | 6.42 | 8.22 | 83.75 | 32.50 | 35.50 | 1.58 | 1.33 | 1.08 |
| Durango | 32.48 | 331.99 | 62.79 | 14.76 | 6.85 | 6.59 | 7.42 | 89.75 | 36.00 | 39.00 | 0.48 | 1.65 | 0.30 |
| Apache | 32.75 | 321.33 | 62.39 | 15.58 | 5.28 | 6.40 | 8.35 | 89.00 | 35.50 | 38.50 | 0.80 | 2.08 | 0.48 |
| Laguna | 32.55 | 345.62 | 61.58 | 15.37 | 5.19 | 6.36 | 8.47 | 84.50 | 33.00 | 36.00 | 0.90 | 2.25 | 0.23 |
| Caravell | 32.89 | 346.67 | 59.45 | 13.25 | 5.18 | 6.51 | 8.63 | 86.00 | 34.00 | 37.00 | 0.48 | 1.75 | 0.30 |
| MainPak | 32.45 | 376.93 | 61.31 | 14.73 | 5.52 | 6.59 | 8.04 | 91.50 | 37.00 | 40.00 | 3.00 | 1.15 | 0.30 |
| TopMark | 32.77 | 359.61 | 59.44 | 15.62 | 5.62 | 6.11 | 8.50 | 92.25 | 37.50 | 40.50 | 2.15 | 1.68 | 0.30 |

Cuadro A5. Promedios Genotípicos en Tomate (*Lycopersicon esulentum* M.), Bajo Condiciones de Invernadero, para Variables Agroclimáticas, Fisiológicas y de Rendimiento.

| Genotipo | DFFF | TAIR | THOJA | CO2 | HR | FOTO | CE | TRANS | UEA | PPM FTO | RPM PTAC | FT PTAC | RDTO TPTA | RTO TONHA |
|------------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|------|-------|------|------------|-------------|------------|--------------|--------------|
| Contessa | 224.12 | 28.94 | 26.30 | 499.31 | 42.67 | 11.41 | 2.96 | 12.68 | 2.16 | 118.39 | 380.86 | 3.18 | 4.19 | 116.36 |
| SumFla5000 | 234.35 | 28.73 | 26.00 | 477.47 | 44.82 | 9.76 | 3.31 | 12.80 | 1.83 | 139.27 | 482.65 | 3.54 | 5.31 | 147.47 |
| SumFla6000 | 259.36 | 28.90 | 26.41 | 476.59 | 44.33 | 13.53 | 3.71 | 12.96 | 2.51 | 117.19 | 432.20 | 3.57 | 4.75 | 132.05 |
| Celebrity | 242.62 | 28.81 | 26.01 | 492.76 | 42.84 | 11.08 | 3.53 | 12.89 | 2.06 | 140.67 | 584.69 | 4.00 | 6.45 | 179.22 |
| Bonita | 228.58 | 28.69 | 26.27 | 495.10 | 42.75 | 9.18 | 2.81 | 11.30 | 1.95 | 134.63 | 502.18 | 3.73 | 5.52 | 153.44 |
| ShadyLady | 256.16 | 28.75 | 26.10 | 481.99 | 45.65 | 11.16 | 3.55 | 12.57 | 2.13 | 130.36 | 535.13 | 4.11 | 5.89 | 163.50 |
| Sunbolt | 231.37 | 29.12 | 26.47 | 469.39 | 43.94 | 10.63 | 3.66 | 13.36 | 1.91 | 123.29 | 284.62 | 2.04 | 3.13 | 86.97 |
| Sunny | 248.50 | 28.68 | 25.98 | 465.99 | 44.56 | 10.32 | 3.23 | 12.51 | 1.98 | 129.86 | 496.58 | 3.82 | 5.46 | 151.72 |
| Heatwave | 244.97 | 28.87 | 26.18 | 459.52 | 45.71 | 10.83 | 3.11 | 11.93 | 2.18 | 119.94 | 389.87 | 3.11 | 4.29 | 119.14 |
| Olympic | 252.57 | 28.63 | 26.12 | 473.33 | 43.64 | 11.12 | 3.77 | 12.63 | 2.11 | 142.10 | 242.79 | 1.67 | 2.67 | 74.19 |
| FloraDade | 250.42 | 29.00 | 26.32 | 478.79 | 42.19 | 9.55 | 3.02 | 12.59 | 1.82 | 96.48 | 240.27 | 2.61 | 2.64 | 73.42 |

Cuadro A6. Promedios Genotípicos en Tomate (*Lycopersicon esculentum* M.), Bajo Condiciones de Campo, para Variables Agroclimáticas, Fisiológicas y de Rendimiento.

| Genotipo | RTNHA TOT | FT PARC | PPROM FTO | CLF FTO | DFFF | TAIR | THOJA | CO2 | HR | FOTO | TRAN | CE | UEA |
|-----------|--------------|------------|--------------|------------|---------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|------|------|
| Contessa | 76.96 | 30.17 | 135.57 | 3.80 | 1318.23 | 35.33 | 34.46 | 452.45 | 57.54 | 15.04 | 23.67 | 4.57 | 1.53 |
| SmFlv5000 | 75.77 | 24.65 | 160.10 | 3.83 | 1203.57 | 34.82 | 32.63 | 414.07 | 51.68 | 14.15 | 23.98 | 7.58 | 1.45 |
| SmFlv6000 | 98.61 | 35.52 | 151.14 | 4.23 | 1386.97 | 34.38 | 32.08 | 475.19 | 51.34 | 17.56 | 22.28 | 8.06 | 1.89 |
| Celebrity | 94.63 | 28.98 | 176.90 | 4.19 | 1358.86 | 34.23 | 32.22 | 465.76 | 52.02 | 12.22 | 20.13 | 6.88 | 1.49 |
| Bonita | 101.95 | 35.85 | 156.03 | 4.04 | 1304.85 | 34.02 | 32.14 | 447.64 | 56.11 | 14.53 | 19.92 | 3.89 | 1.82 |
| ShadyLady | 90.69 | 31.42 | 157.81 | 4.10 | 1331.20 | 34.06 | 31.82 | 456.45 | 57.14 | 15.29 | 21.47 | 7.69 | 1.77 |
| Sunbolt | 85.51 | 26.29 | 176.05 | 4.30 | 1409.20 | 34.47 | 33.40 | 482.66 | 58.79 | 14.11 | 21.32 | 4.30 | 1.57 |
| Sunny | 94.34 | 39.04 | 130.76 | 4.00 | 1264.10 | 34.78 | 32.64 | 434.29 | 52.05 | 18.47 | 23.29 | 4.11 | 1.98 |
| Heatwave | 92.42 | 36.33 | 130.76 | 3.86 | 1089.16 | 34.22 | 31.60 | 375.75 | 52.50 | 18.81 | 24.19 | 6.00 | 1.85 |
| Olympic | 86.70 | 27.98 | 138.66 | 4.06 | 964.50 | 34.01 | 31.36 | 334.19 | 52.51 | 11.87 | 20.38 | 4.40 | 1.39 |
| FloraDade | 72.80 | 32.29 | 120.11 | 3.54 | 1161.93 | 34.16 | 32.16 | 399.88 | 52.11 | 15.31 | 22.92 | 7.40 | 1.68 |