

ESTABILIDAD DE PRODUCCIÓN COMERCIAL Y AGRUPAMIENTO DE  
CLONES AVANZADOS DE PAPA EN EL NORESTE DE MÉXICO

VÍCTOR MANUEL GONZÁLEZ VÁZQUEZ

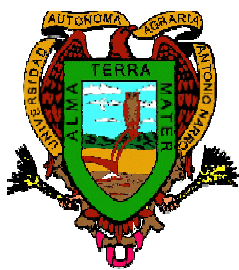
TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS

EN FITOMEJORAMIENTO



Universidad Autónoma Agraria Antonio

Narro

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista, Saltillo, Coahuila.

Diciembre de 2004

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO

ESTABILIDAD DE PRODUCCIÓN COMERCIAL Y AGRUPAMIENTO DE  
CLONES AVANZADOS DE PAPA EN EL NORESTE DE MÉXICO

TESIS

POR

VÍCTOR MANUEL GONZÁLEZ VÁZQUEZ

Tesis elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y  
aprobada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS, ESPECIALIDAD  
DE FITOMEJORAMIENTO

COMITÉ PARTICULAR

Asesor principal: \_\_\_\_\_  
M.C. Enrique Gustavo Charles Cárdenas

Asesor: \_\_\_\_\_  
M.C. Víctor Manuel Parga Torres

Asesor: \_\_\_\_\_  
Dr. Víctor Manuel Zamora Villa

\_\_\_\_\_  
Dr. Jerónimo Landeros Flores  
Subdirector de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila. Diciembre de 2004.

## AGRADECIMIENTOS

A la Inteligencia Suprema.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por brindarme la oportunidad de formarme como profesionista y superarme como persona.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por apoyo económico en la realización de mis estudios.

Al MC. Enrique Gustavo Charles Cárdenas, por su invaluable apoyo y atinadas sugerencias para la realización del presente trabajo.

Al Dr. Víctor Manuel Zamora Villa, maestro y amigo por su apoyo y orientación invaluable para la realización del presente trabajo.

Al MC. Víctor Manuel Parga Torres, por compartir su amplia y valiosa experiencia, así como su amistad y confianza brindada sin ninguna reserva.

## DEDICATORIA

A Dios nuestro Señor, por la vida, el amor y las grandes bendiciones que me da sin merecerlas.

A mis padres, Margarita Vázquez Rodríguez y Delfino González Moran, por haberme guiado y motivado para mi formación personal y profesional, por que sin importar los sacrificios que tuvieran que hacer siempre me motivaron a seguir adelante en mi formación profesional.

A mi esposa Gloria Liliana González Gallegos, gracias por haberme alentado, acompañado e impulsado en todos los instantes de mis estudios. Te Amo.

A mi hijo Víctor Manuel González González, el más grande tesoro que Dios me ha dado.

A mis hermanos Rigoberto, Maribel, Margarita y Dorie Elizabeth, por compartir grandes momentos felices, que Dios los bendiga.

A todos mis familiares, que aunque no los nombro uno a uno, saben que los quiero y siempre están en mi memoria.

COMPENDIO

ESTABILIDAD DE PRODUCCIÓN COMERCIAL Y AGRUPAMIENTO DE  
CLONES AVANZADOS DE PAPA EN EL NORESTE DE MÉXICO

Por

VÍCTOR MANUEL GONZÁLEZ VÁZQUEZ

MAESTRÍA

FITOMEJORAMIENTO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. DICIEMBRE 2004

M.C. Enrique Gustavo Charles Cárdenas --Asesor--

Palabras claves: Papa, *Solanum tuberosum* L., estabilidad, producción.

El cultivo de la papa ocupa el segundo lugar en la producción hortícola de México y se cultiva en la mayoría de los casos materiales

genéticos introducidos, seleccionados para y en condiciones agroecológicas diferentes a las de nuestro país, razón por la cual, al establecer estos materiales en las diferentes zonas productoras de papa en México, estos materiales no expresan su máximo potencial de rendimiento.

En el presente estudio, se evaluaron cuatro clones avanzados del Programa de Papa del Campo Experimental Saltillo del INIFAP (91-25-4, 91-9-3, 91-10-1, 91-12-2) y como testigo las variedades comerciales Alpha y Atlantic, en 10 ambientes de la región, para determinar su estabilidad de producción, así como evaluar las siguientes características agronómicas y de calidad: Altura de planta, número de tallos, días de emergencia a desvare, por ciento de sólidos y calidad de fritura.

Los ensayos en cada ambiente se establecieron bajo un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones. Se utilizó semilla de segunda categoría y los experimentos se establecieron en lotes comerciales de productores cooperantes, por lo que el manejo agronómico y el control fitosanitario realizado, fue de acuerdo a las necesidades de cada lote y a la tecnología utilizada en la región.

Las características de rendimiento comercial, agronómicas y de calidad, fueron analizadas mediante análisis de conglomerados (cluster análisis) y la estabilidad de producción se determinó utilizando el método

propuesto por Eberhart y Russell (1966), y el modelo de efectos principales aditivos e interacción multiplicativa (AMMI).

El análisis de la interacción genotipo-ambiente (IGA) mediante las dos metodologías utilizadas, identificó al clon 91-10-1 como estable, éste además de los clones 91-25-4 y 91-9-3 por su gran potencial de rendimiento, se recomiendan para la región Noreste de México.

Dada la proporción de la IGA que explicó cada metodología, es más deseable el método AMMI para la cuantificación de estabilidad que el desarrollado por Eberhart y Russell (1966).

El análisis de conglomerados es una herramienta útil en el estudio preliminar de genotipos, proporcionando información valiosa acerca de ellos. De los genotipos evaluados, los clones en estudio tuvieron mejor comportamiento que los introducidos, sobresaliendo el clon 91-10-1 por su estabilidad y los clones 91-25-4 y 91-12-2 por su mayor potencial de rendimiento, agrupándose en el primer conglomerado.

Por medio de la hibridación entre variedades introducidas y variedades mexicanas, se obtienen materiales que se adaptan mejor a nuestras condiciones agroecológicas y por tanto, expresan un mayor potencial de rendimiento, y adecuada calidad.

## ABSTRACT

### COMMERCIAL STABILITY PRODUCTION AND ADVANCED GROUPING POTATO CLONES ON THE NORTHEAST OF MEXICO.

By

VICTOR MANUEL GONZALEZ VAZQUEZ

MASTER OF SCIENCE  
PLANT BREEDING

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. DECEMBER 2004

M.C. Enrique Gustavo Charles Cardenas -Adviser-

Key words: Potato, *Solanum tuberosum* L., stability, production.

Potato crop occupies the second place in Mexico's horticultural production and, in most cases introduced genetic materials are cultivated, selected for and in mexican agroecological conditions different from those of our country, meaning when establishing these materials on the different potato producing zones in Mexico, that do not express their maximum potential yield.

In this study, four advanced clones were evaluated from the Saltillo Potato Program Experimental Field of INIFAP (91-25-4, 91-9-3, 91-10-1 and 91-



12-2) and as control, commercial Alpha and Atlantic varieties in 10 regional environments to determine its production stability and, to evaluate the following agronomic and quality characteristics: Plant height, stems number, emergency days to clear, solids percent and fried quality.

Trials on every environment were established under a randomized complete-block design with three replications. A second category seed was used and experiments settled on cooperating producers commercial plots, phytosanitary control was done according to every lot needs and technology used in the region.

Commercial yield characteristics, agronomic and quality were analyzed by conglomerate analysis (Cluster Analysis) and, production stability was determined using the proposed method by Eberhart and Russell (1966) and, the additive main effects and multiplicative interaction (AMMI) method.

The genotype environment interaction analysis (IGA) by both used methodologies, identified as stable the clone 91-10-1 and also for its great potential yield the clones 91-25-4 and 91-9-3, are recommended for the Northeast region of Mexico.

Given the IGA proportion explained for each methodology, the AMMI method is desirable for stability quantification better than the one developed by Eberhart and Russell (1966).

Conglomerates analysis is a useful tool on the genotypes preliminary study, giving valuable information about them. From evaluated genotypes, clones studied had a better behavior than the introduced ones, heading stability the 91-10-1 clone and, for its higher potential yield clones 91-25-4 and 91-12-2, grouping on the first conglomerate.

By hybridization between introduced and Mexican varieties, better adaptative materials to our agroecological conditions are obtained and, for that, they express a higher potential yield and adequate quality.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CUADROS.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivos.....	4
Hipótesis.....	4
REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
Parámetros de estabilidad.....	5
Análisis de conglomerados.....	11
MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
Área de estudio.....	13
Material genético.....	14
Ambientes.....	14
Desarrollo de los experimentos.....	15
Variables registradas.....	16
Análisis estadístico.....	18
Análisis de estabilidad.....	20
Relación entre parámetros.....	24
Análisis de conglomerados.....	25
Comparación de medias.....	27
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	29
Rendimiento por ambiente.....	29
Estabilidad de producción.....	29
Análisis de conglomerados.....	40
CONCLUSIONES.....	43
RESUMEN.....	45
LITERATURA CITADA.....	48
APÉNDICE.....	52

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
3.1	Material genético y número de genotipo asignado para identificación en este trabajo.....	15
3.2	Identificación de ambientes de evaluación.....	15
3.3	Criterios para clasificar la papa, considerando su diámetro inferior y su forma.....	17
3.4	Forma de análisis de varianza de bloques completos al azar....	18
3.5	Forma de análisis de varianza de bloques completos al azar combinado sobre localidades.....	19
3.6	Forma de análisis de varianza para estabilidad de Eberhart y Russell (1966).....	21
3.7	Tabla de clasificación de variedades de acuerdo al valor que pueden tener los parámetros de estabilidad, Carballo y Márquez (1970).....	22
4.1	Cuadrados medios y significancia del análisis de varianza combinado sobre localidades .....	30
4.2	Rendimiento promedio $t ha^{-1}$ , índices ambientales de acuerdo al modelo de Eberhart y Russell y calificación asignada por el AMMI (CP1) a cada ambiente.....	32
4.3	Resultados del análisis de estabilidad de los seis genotipos en 10 ambientes de acuerdo al modelo de Eberhart y Russell (1966).....	33
4.4	Resultados del análisis de estabilidad mediante el método AMMI para los seis genotipos en 10 ambientes.....	36

4.5	Rendimiento promedio $t\ ha^{-1}$ , coeficiente de regresión (bi), desviaciones de regresión ( $S^2d$ ) y calificación asignada por el AMMI (CP1 y CP2) a cada genotipo (G) en los 10 ambientes.....	37
4.6	Características agronómicas, de calidad y estabilidad de grupos formados mediante el análisis de conglomerados. ....	42

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
4.1	Rendimiento predicho de clones y variedades de papa con base en el modelo de Eberhart y Russel (1966).....	34
4.2	Genotipos y ambientes con base en el rendimiento y el primer eje obtenido mediante componentes principales por el método AMMI.....	38
4.3	Genotipos y ambientes con base en los dos primeros componentes, obtenidos mediante el método AMMI.....	39
4.4	Agrupamiento de genotipos en base a características agronómicas y estabilidad de producción.	41

## INTRODUCCIÓN

El cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en la región sureste de Coahuila y Nuevo León, ocupa una superficie de 6,500 hectáreas, aportando el 12% de la producción nacional valuada en \$780 millones de pesos, por lo que es considerado uno de los cultivos predominantes y de importancia clave en la economía y la generación de empleos en la región, tanto en el campo (60 jornales/ha), industria y compañías ligadas al cultivo. El rendimiento medio comercial es de 35 t ha<sup>-1</sup> con un costo por hectárea de \$85,000.00 (Parga *et al.*, 2004).

A principios de los años 90, se iniciaron introducciones de variedades con características adecuadas para la industria, dado el auge de las comidas rápidas y el consumo de papa frita (hojuela). Sin embargo, las variedades introducidas (Atlantic, Snowden, Chipeta, Premiere, etc.), fueron seleccionadas para y en condiciones ecológicas diferentes a las de nuestro país, razón por la cual, al establecer estos materiales en las diferentes zonas productoras de papa en México, no expresan su máximo potencial de rendimiento, muestran alta susceptibilidad a las principales enfermedades (tizón tardío, tizón temprano, *Fusarium*, *Verticillium*, virus, etc.), a las temperaturas extremas adversas y al pH alcalino de la región. Aunado a lo anterior, en su importación se introdujeron

organismos dañinos, algunos de ellos cuarentenarios, por lo que el uso intensivo de agroquímicos representa hasta el 35% del gasto total del cultivo, siendo actualmente preocupante para el productor, trabajador, consumidor y la ecología regional.

Al respecto, en un diagnóstico sobre la calidad de agua de riego en la región, se encontraron niveles promedio de nitratos superiores a 11 ppm, que para fines de consumo son tóxicos (Covarrubias, 1997). En general, hay un parentesco cercano entre todos los materiales cultivados norteamericanos. Las variedades multiplicadas en Europa, también están estrechamente interrelacionadas, ya que no se ha hecho mayor esfuerzo por ampliar su base genética. Cuando se usan estos materiales en el mejoramiento, la progenie resultante tendrá cierto grado de endocria como resultado del grado de parentesco de sus progenitores; ésto podría reducir su rendimiento y su estabilidad (Estrada, 1999). Dado el alto grado de endocria, se requieren miles de clones para seleccionar al menos uno como variedad promisorio (Mendoza, 1984). Situación que contribuye a la alta dependencia de agroquímicos, por la baja resistencia a enfermedades y falta de adaptación a las condiciones adversas (Spiertz, *et al.*, 1996).

En México, el INIFAP ha liberado alrededor de 24 variedades con resistencia de campo a tizón tardío, tolerancia a otras enfermedades y condiciones abióticas adversas (Rubio, 1997); sin embargo, su adaptación está restringida a sierras y valles altos, por lo que al sembrarse en altitudes



menores y/o bajo condiciones restringidas de temperatura, su período y crecimiento vegetativo se incrementa.

Conciente de lo anterior, en 1991 en el Campo Experimental Saltillo, se inició el proceso de generación de germoplasma mediante el método de hibridación, seguida de la selección clonal (Pérez, 1972). Los progenitores utilizados en las cruzas fueron variedades introducidas por características agronómicas y de calidad, con variedades y clones avanzados del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, cuya característica más importante es su resistencia a la principal enfermedad de papa a nivel mundial, conocida como tizón tardío (*Phytophthora infestans*) y tolerantes a otras enfermedades y a condiciones abióticas adversas. Como resultado, se han seleccionado 4 clones promisorios en etapas avanzadas de evaluación.

En la medida en que se puedan conseguir clones con escasa interacción con el ambiente (IGA) o de reacción gradual y favorable a la mejora del ambiente, se habrá conseguido lo que el técnico pueda recomendar con seguridad, el clon más apropiado para el agricultor (Wissar y Ortiz, 1987).

La interacción genotipo-ambiente es un fenómeno al que cada genotipo, dependiendo de su constitución genética, responderá de manera diferente a los cambios ambientales; por tal razón es necesario someter los nuevos materiales a ensayos regionales por más de un año para determinar su estabilidad y así poder recomendar el mejor genotipo.

## Objetivos

Este trabajo se desarrolló en coordinación por el Programa de Papa del Campo Experimental Saltillo del INIFAP y el Programa de Papa de la UAAAN. Los objetivos planteados fueron los siguientes:

- 1.- Determinar la estabilidad de rendimiento de cuatro clones avanzados de papa en 10 ambientes del Noreste de México; en comparación con dos testigos comerciales (Alpha y Atlantic).
- 2.- Evaluar características agronómicas y de calidad de los genotipos.
- 3.- Establecer similitudes entre los genotipos evaluados.

## Hipótesis

El material mejorado está conformado genéticamente por material importado por características agronómicas y de calidad, por otro lado cuenta con germoplasma mexicano ampliamente adaptado y con características de resistencia a plagas, enfermedades, así como a características climáticas adversas; por lo que se planteó la hipótesis de que al menos uno de los materiales mejorados expresara menor interacción genotipo ambiente, mayor rendimiento y características de calidad igual o mejor a los testigos.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### Parámetros de estabilidad

La interacción genotipo-ambiente (IGA), se produce por la respuesta diferencial de un genotipo a diferentes condiciones del medio ambiente, su efecto es limitar la precisión de estimaciones de rendimiento y complicar la identificación de genotipos específicos para ambientes específicos, Crossa *et al.*, (1990), para facilitar la identificación de genotipos con buena adaptación y rendimiento a través de varios ambientes, se han desarrollado diversos métodos que permiten caracterizar los genotipos en base a su estabilidad.

En México según Cruz (1992), el método de Eberhart y Russell, conocido entre los fitomejoradores como el método de los parámetros de estabilidad, es uno de los procedimientos más utilizados. Por otro lado, en los últimos años, en el ámbito internacional, y parte de los fitomejoradores Mexicanos, están evaluando sus materiales por medio del método AMMI “Análisis de los efectos principales aditivos y las interacciones multiplicativas” denominado así por sus siglas en inglés (Additive Main Effects and Multiplicative Interaction), propuesto por Zobel *et al.* (1988).

Para estimar la estabilidad de un cultivar en distintos ambientes, Eberhart y Russell (1966), propusieron que la estabilidad de producción sería más apropiadamente medida por el cuadrado medio de las desviaciones de regresión; también sugirieron que es más deseable un índice independiente de las variedades experimentales que puede obtenerse de los factores ambientales, y que las variedades deben sembrarse en un número adecuado de ambientes que cubran el rango completo de todas las posibles condiciones ambientales. Definieron también una variedad estable, como aquella con un coeficiente de regresión igual a uno y cuyas desviaciones de regresión son iguales o cercanas a cero.

Carballo y Márquez (1970), proponen una clasificación de variedades de acuerdo al valor que pueden tener los parámetros de estabilidad, definieron cinco situaciones más, aparte de la descrita por Eberhart y Russell (1966), usando el término "consistencia" para indicar un valor igual a cero en las desviaciones de regresión y considerando "inconsistente" a una variedad cuando éstas son diferentes de cero. Respecto a los coeficientes de regresión, establecieron que valores mayores que la unidad, indican que la variedad responde bien bajo condiciones favorables, pero con pobre comportamiento en ambientes desfavorables, contrario a cuando se tienen valores menores que la unidad en dicho parámetro; definiendo como ambientes favorables aquellos en que la respuesta varietal sea superior al promedio de todas las variedades en todos los ambientes.

Flores (1985), estimó los parámetros de estabilidad para rendimiento total, comercial y no comercial de 16 clones experimentales de papa, utilizó datos de evaluaciones efectuadas en zonas productoras de papa en México y concluye que solo las desviaciones de regresión fueron buenos indicadores de la adaptación de los clones, no encontró asociación entre el rendimiento medio y los parámetros de estabilidad.

Zamora (1990), usó siete genotipos de triticale evaluados en ocho ambientes diferentes para comparar 17 estadísticos de estabilidad de producción, concluye que el procedimiento de Eberhart y Russell (1966), fue el más sensitivo. Otros investigadores utilizaron este método en diferentes especies, entre las que se puede citar, Maíz (Castañón y Tosquy, 1996, Mejía y Molina, 2003) Algodón (Palomo *et al.*, 1996, Palomo *et al.*, 1998).

El Modelo de Efectos Principales Aditivos e Interacción Multiplicativa (AMMI) propuesto por Zobel *et al.* (1988), consiste básicamente en combinar dos técnicas de análisis de datos (análisis de componentes principales (ACP), desarrollado por Pearson (1901) y el análisis de varianza (ANVA), desarrollado por Fisher (1918)).

El AMMI consiste en realizar un ANVA de la manera usual y obtener las medias de variedades, ambientes y la general del experimento, entonces la interacción genotipo ambiente (residual no aditivo del modelo aditivo del ANVA), se ajusta a un modelo multiplicativo del ACP, cuya finalidad es reducir la

dimensionalidad de los datos de tal manera que se manejen solo dos o tres ejes para representarlos.

Gauch (1987) realizó el paquete estadístico MATMODEL, el cual utiliza el modelo AMMI y adicionalmente realiza la regresión lineal de acuerdo a la metodología de Finlay y Wilkinson (1963). Este paquete ha sido usado por diversos investigadores (Crossa *et al.*, 1990; Ebdon *et al.*, 1998; Quemé, 2000), debido a su gran facilidad de uso e interpretación gráfica de los datos y a que, normalmente explica mayor cantidad de la variación con los dos o tres componentes principales que aquella explicada por el ANVA en su fuente de variación correspondiente, razón por la cual se le considera mejor modelo que aquel planteado por Eberhart y Russell (1966), además señalan que el ANVA identifica dicha fuente (Genotipo X Localidad), pero no lo analiza, mientras que AMMI sí.

Salmerón *et al.*, (1996), evaluaron diez genotipos de avena en diez ambientes de temporal, durante tres ciclos de producción. Usaron el modelo AMMI para diferenciar en su caso, grupos homogéneos de genotipos y localidades. Estos autores concluyen que la clasificación gráfica de genotipos con base en el modelo AMMI indicó una posibilidad más para visualizar la interacción genotipo-ambiente y la agrupación de sitios para el mejoramiento de la avena.

Nachit, *et al.* (1992), evaluaron la estabilidad de rendimiento de grano de 21 genotipos de trigo duro en 22 localidades del Mediterráneo, utilizaron la técnica de regresión lineal propuesta por Finlay y Wilkinson, (1963) y modelo AMMI propuesto por Gauch (1988) y concluyen que el modelo AMMI fue más eficaz separando la interacción en la suma de cuadrados (SS) que la técnica de regresión lineal. La SS contenida en el modelo de AMMI fue superior 6 veces que la SS para las tres regresiones juntas (regresiones ambientales, genotípicas y combinadas).

Ebdon y Gauch (2002), utilizaron el modelo AMMI para entender los factores que están involucrados en la IGA y porque los genotipos de pasto azul de Kentucky (*Poa pratensis* L.) y el ryegras perenne (*Lolium perenne* L.), actúan recíprocamente con los ambientes, Ebdon y Gauch, (2002a) para recomendar los mejores cultivares de los pastos antes mencionados, compararon el modelo AMMI contra el método de celdas medias y concluyen que si la meta es recomendar el genotipo más confiable, entonces debe darse la prioridad al método AMMI.

Zamora (2001) evaluó 20 líneas y dos variedades de triticale forrajero en dos fechas de siembra, en dos localidades y realizando dos cortes durante tres ciclos en cuatro localidades, con el fin de estimar la estabilidad de producción mediante la metodología de Eberhart y Russell (1966) y el modelo de efectos aditivos principales e interacción multiplicativa (AMMI), para la producción de cada corte y de ambos cortes. Encontró que la clasificación de estabilidad de

acuerdo al método de Eberhart y Russell (1966), fue muy diferente a la clasificación hecha por el método AMMI, concluye que de los dos métodos resulto mejor el AMMI con base en el tratamiento que da a la interacción, la proporción explicada y la excelente separación de los tipos de triticales evaluados.

Silva *et al.* (1998), compararon estimaciones de interacción genotipo-ambiente (GE), la interacción fue obtenida usando el modelo (AMMI) y el análisis de regresión lineal (LR), para comparar la estabilidad del rendimiento de genotipos de papa (*Solanum tuberosum*). Evaluaron diez genotipos en 34 ambientes (las combinaciones de localidad, período del cultivo y años) en Río Grande do Sul, Brasil, en 1994 y 1995. La suma de cuadrados (SS) para las regresiones consideró sólo 19.5% de la interacción SS, considerando que el primer componente principal (CP1) del análisis consideró el 44.6% de la interacción SS. La SS de CP1 era más de dos veces que la SS combinada de las tres regresiones (articulado, genotípico y ambiental). Así, el análisis de AMMI fue más eficaz describiendo las interacciones de GE que el LR.

Kevin y Magni, (2002) trabajando con maíz de alta calidad proteínica (QPM), evaluaron 18 cruzas simples, 18 triples, 18 híbridos dobles, y ocho cultivares de polinización abierta (OPCs), cultivados en 13 localidades tropicales en cuatro continentes. Usaron análisis de regresión lineal simple para estimar los parámetros de estabilidad genotípica de cultivares por ambientes, de acuerdo al método de Eberhart y Russell (1966). La interacción genotipo-



ambiente y sumas de cuadrados para las desviaciones de la regresión lineal ( $S^2d$ ), para el rendimiento de grano y concentración de la proteína en el grano fue más grande (indicando la menor estabilidad) para el híbrido de cruza simple, seguido por el triple, doble, y el cultivar de polinización abierta (OPCs), consecutivamente. Observaron una tendencia inversa para el nivel de modificación de endospermo, sugiriendo que los cultivares más homogéneos tenían la estabilidad mayor por este rasgo. El análisis AMMI, lo usaron para investigar la naturaleza agronómica de la interacción genotipo X ambiente. Indicó que esta interacción afectó para el rendimiento de grano y nivel de modificación de endospermo y será diferente para el híbrido que OPCs; ciertos ambientes favorecieron híbridos u OPCs. Concluyendo que: La calidad de la proteína y nivel de modificación de endospermo, siempre estaban dentro del valor esperado para QPM; La concentración del triptofano en la proteína fue el rasgo más estable, seguido por la concentración de la proteína en el grano, después el nivel de modificación de endospermo y finalmente el rendimiento de grano.

#### Análisis de conglomerados

Manly (1986), señala que el análisis de conglomerados (Cluster Análisis), se diseñó para resolver el siguiente problema: Dada una muestra de  $n$  objetos, cada una de las cuales tiene una caracterización sobre  $p$  variables, diseñar un esquema para agrupar los objetos dentro de clases, de tal manera que objetos similares estén dentro de una misma clase. El método debe ser completamente

numérico y el número de clases es desconocido. Dentro de sus ventajas se señalan que puede ser útil para reducción de datos y encontrar grupos verdaderos, en caso de que el análisis de conglomerados genera agrupamientos inesperados, entonces podría ser útil para sugerir las relaciones que podrían ser investigadas. Así mismo menciona que existen dos tipos de análisis de conglomerados: Jerárquicos y no jerárquicos, dentro de los cuales son más utilizados los de primer tipo. Los datos para el análisis de conglomerados, usualmente consisten de los valores de  $p$  variables  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_p$  medidas en  $n$  objetos. Mediante algoritmos jerárquicos, estas variables son usadas para producir un arreglo de distancias entre los individuos en un plano de dos ejes (o variables), que puede extenderse a más de dos.

El análisis de conglomerados (AC), se ha usado principalmente para agrupar individuos con características fenotípicas, bioquímicas o genotípicas similares; García y Steiner (2003), en un trabajo realizado para determinar la diversidad genética del trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.), utilizaron el AC mediante el método de Ward (1963), para hacer grupos de similitud en base a datos de morfología de la planta y análisis de polimorfismos aleatorios amplificados de ADN (RAPDs), por otro lado Zamora *et al.* (2002), utilizaron AC y Análisis de Componentes Principales para establecer relaciones entre variables, reducir dimensionalidad de datos, analizar dispersión de materiales y agrupar genotipos semejantes de Triticales (*X. Triticococale* Witt.) forrajeros.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de Estudio

El presente trabajo se realizó en seis localidades de la zona papera de Coahuila y Nuevo León, donde se incluyeron las localidades de Emiliano Zapata, San Antonio y El Tunal, localizadas en los cañones de la sierra de Arteaga del municipio de Arteaga, Coahuila; y las localidades de Navidad, La Biznaga y Cerro de Agua, pertenecientes al valle de Navidad, municipio de Galeana N. L. Las características agroecológicas del área de estudio se describen a continuación.

Galeana, N. L. está ubicado a una latitud Norte de  $24^{\circ} 05'$  y longitud Oeste de  $100^{\circ} 36'$ , la altitud varía de 1895 a 2000 msnm. El clima es semiseco, templado, muy extremo, con lluvia todo el año. Siendo los meses de mayo, junio y julio los más lluviosos. Las primeras heladas aparecen en octubre, aunque pueden adelantarse desde septiembre y terminan en marzo, pero frecuentemente se prolongan hasta abril. El suelo es de tipo xerosol, litosol, regosol, castañozem y rendzina, el potencial de uso es agrícola, forestal y pecuario.

Los cañones de la sierra de Arteaga, están ubicados a una latitud Norte de 25 ° 14 ' y longitud Oeste de 100 ° 35 ', la altitud varía de 2000 a 2800 msnm. El clima es templado sub-húmedo con precipitaciones todo el año, los meses más lluviosos son julio y agosto. Las heladas pueden presentarse en cualquier época del año, pero son más frecuentes de octubre a marzo con temperaturas de -8 °C. Pueden considerarse como libres de heladas los meses de junio, julio y agosto. El suelo es del tipo feozem calcáreo y su principal uso es agrícola.

### Material Genético

En el presente estudio, se incluyeron cuatro genotipos experimentales avanzados del Programa de Papa del Campo Experimental Saltillo CIRNE-INIFAP que fueron, 91-25-4, 91-9-3, 91-10-1 y 91-12-2, además de dos testigos comerciales, la variedad Alpha y la variedad Atlantic, ampliamente utilizadas en las regiones paperas del país y principalmente en el Noreste de México, lugar donde se realizaron los ensayos de rendimiento. Para facilitar el manejo de datos los clones y variedades se identificaron numéricamente (Cuadro 3.1).

### Ambientes

El presente estudio se realizó en seis localidades desde el ciclo primavera-verano de 1999 hasta el 2003, como no participaron todas las localidades en todos los años, a cada localidad en cada ciclo agrícola se le

consideró como un ambiente, los ensayos se establecieron en el ciclo primavera-verano de cada año y la identificación de los ambientes aparece en el Cuadro 3.2.

Cuadro 3.1. Material genético y número de genotipo asignado para identificación en este trabajo.

VARIEDAD O CLON	No. DE GENOTIPO
91-25-4	1
91-9-3	2
91-10-1	3
91-12-2	4
ALPHA	5
ATLANTIC	6

### Desarrollo de los Experimentos

Los ensayos en cada ambiente fueron establecidos bajo un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones y la parcela experimental constó de cuatro surcos de cinco metros de largo, con una distancia entre surcos de 0.92 m y una distancia entre plantas de 0.30 m., considerando dos surcos centrales de tres metros de largo, como parcela útil para la estimación del rendimiento comercial ( $t\ ha^{-1}$ ). Se utilizó semilla de segunda categoría y los experimentos fueron establecidos en lotes comerciales de productores cooperantes, por lo que el manejo agronómico y el control fitosanitario

realizado, fue de acuerdo a las necesidades de cada lote y a la tecnología utilizada en la región.

Cuadro 3.2. Identificación de ambientes de evaluación.

AÑO	LOCALIDAD	NO. AMBIENTE
1999	Emiliano Zapata, Arteaga, Coahuila	1
2000	Emiliano Zapata, Arteaga, Coahuila	2
2001	Emiliano Zapata, Arteaga, Coahuila	3
2002	Navidad, Galeana, Nuevo León	4
2002	San Antonio, Arteaga, Coahuila	5
2002	El Tunal, Arteaga, Coahuila	6
2003	La Biznaga, Galeana, Nuevo León	7
2003	San Antonio, Arteaga, Coahuila	8
2003	Emiliano Zapata, Arteaga, Coahuila	9
2003	Cerro de Agua, Galeana, Nuevo León	10

#### Variables Registradas

Durante el desarrollo del cultivo en cada ambiente se tomaron datos sobre:

a).- Altura de planta. Consistió en medir la planta de la base del tallo hasta el ápice de la inflorescencia.

b).- Número de tallos. Se refiere al número de tallos por planta, producidos a partir de un tubérculo madre.

c).- Días de emergencia a desvare. Es el número de días transcurridos de la fecha de emergencia al día del desvare (Realizando esta labor cuando la planta ha llegado a su madurez fisiológica)

d).- Porcentaje de sólidos y calidad de fritura. Para obtener estos datos fue necesario enviar una muestra de cada material después de la cosecha para que se realizaran las pruebas pertinentes en la empresa Sabritas. Se recurrió a ésta, ya que es la empresa que absorbe gran parte de la producción de la región y también quien impone los estándares de calidad para la comercialización de papa. La calidad de fritura se clasifica como: Muy buena (1), buena (2), regular (3), y mala (4).

e).- Rendimiento comercial. Se obtuvo de la suma de la papa de primera, segunda y tercera categoría, usando como patrón para esta clasificación las medidas descritas en el Cuadro 3.3.

Cuadro 3.3. Criterios para clasificar la papa, considerando su diámetro inferior y su forma.

CATEGORÍA	DIÁMETRO INFERIOR
EXTRA GRANDE	> 65 mm
PRIMERA	55 – 65 mm
SEGUNDA	45-55 mm
TERCERA	35 – 45 mm
CUARTA	< 35 mm
MONOS	Papas deformes no importa su tamaño

mm = milímetros

## Análisis Estadístico

Para cada ambiente se realizó un análisis de varianza, para la variable rendimiento comercial, bajo el diseño de bloques completos al azar (Cuadro 3.4.), en base al siguiente modelo estadístico.

$$Y_{ij} = m + b_i + t_j + e_{ij}$$

donde:

$Y_{ij}$ = Producción comercial del j-ésimo tratamiento en la i-ésima repetición.

$m$ = Efecto de la media general del experimento.

$b_i$ = Efecto del i-ésimo bloque o repetición.

$t_j$ = Efecto del j-ésimo tratamiento.

$e_{ij}$ = Error experimental.

Cuadro 3.4. Forma de análisis de varianza de bloques completos al azar.

FUENTES DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	C.M.
REPETICIONES	$(r - 1)$	M3
TRATAMIENTOS	$(t - 1)$	M2
ERROR EXPERIMENTAL	$(t - 1)(r - 1)$	M1
TOTAL	$tr - 1$	

Posteriormente se realizó un análisis de varianza combinado (Cuadro 3.5.), para determinar si existía o no varianza genético-ambiental, detectar variabilidad entre genotipos y estimar diferencias entre los ambientes de prueba, utilizando el siguiente modelo estadístico:



$$Y_{ijk} = m + l_i + b_{ji} + t_k + tl_{ik} + e_{ijk}$$

donde:  $Y_{ijk}$  = Producción comercial del k-ésimo tratamiento en la j-ésima repetición de i-ésima localidad.

$m$  = Efecto de la media general.

$l_i$  = Efecto de la i-ésima localidad

$b_{ji}$  = Efecto de j-ésima repetición anidada en la i-ésima localidad.

$t_k$  = Efecto del k-ésimo tratamiento (genotipo).

$tl_{ik}$  = Efecto de la interacción entre el K-ésimo tratamiento con la i-ésima localidad.

$e_{ijk}$  = Error experimental.

Cuadro 3.5. Forma de análisis de varianza de bloques completos al azar combinado sobre localidades.

FUENTES DE VARIACIÓN	G.L.	C.M.
LOCALIDADES	$l - 1$	M5
REPETICIONES/LOCALIDADES	$(r - 1)l$	M4
TRATAMIENTOS	$t - 1$	M3
TRAT*LOC	$(l - 1)(t - 1)$	M2
ERROR EXPERIMENTAL	$(r - 1)(t - 1)$	M1
TOTAL	$rtl - 1$	

## Análisis de Estabilidad

Se utilizó la metodología propuesta por Eberhart y Russell (1966), que funciona bajo el modelo matemático siguiente:

$$Y_{ij} = \mu_i + B_i I_j + d_{ij}$$

El cual contiene los parámetros de estabilidad que pueden ser usados para describir el comportamiento de una variedad sobre una serie de ambientes, donde:

$Y_{ij}$ = Representa la media varietal de la i-ésima variedad en el j-ésimo ambiente.

$\mu_i$ = Simboliza la i-ésima media varietal sobre todos los ambientes.

$B_i$ = Coeficiente de regresión que mide la respuesta de la i-ésima variedad en los distintos ambientes.

$I_j$ = Índice ambiental, expresado como la media del ambiente particular menos la media general.

$d_{ij}$ = Desviación de regresión de la i-ésima variedades en el j-ésimo ambiente.

Ellos propusieron también un análisis de varianza, para estimar los parámetros de estabilidad (Cuadro 3.6.) y que permite hacer las siguientes pruebas de hipótesis:

a).- Que las medias varietales son iguales, se prueba con la  $F = M1/M3$

b).- Que los coeficientes de regresión son iguales, se prueba con  $F = M2/M3$

c).- Que las desviaciones de regresión varietales son iguales a cero, se prueba con  $F = Mvi/M4$

d).- Que el coeficiente de regresión es igual a la unidad, se prueba mediante  $t =$

$$b_i/S_{b_i}, \text{ donde: } S_{b_i} = \sqrt{M_{vi} / \sum ij^2}$$

Según los valores que tomaron los parámetros, se clasificó a cada variedad, de acuerdo a las situaciones planteadas por Carballo y Márquez (1970), Cuadro 3.7.

Cuadro 3.6. Forma de análisis de varianza para estabilidad de Eberhart y Russell (1966).

FUENTES DE VARIACION	G. L.	C. M.
TOTAL	nv-1	
VARIEDADES	v-1	M1
AMBIENTES	V(n-1)	
+VAR*AMB		
AMB. LINEAL	1	
VAR+AMB. LINEAL	v-1	M2
DESVIACION CONJUNTA	V(n-2)	M3
VARIEDAD 1	n-2	MV1
VARIEDAD v	n-2	MVv
ERROR CONJUNTO	N(r-1)(v-1)	M4

También se realizó el análisis de estabilidad mediante el método AMMI (efectos principales aditivos e interacción multiplicativa), que combina análisis normal de varianza con el análisis del componente principal (Zobel et al., 1988),

el cual primero ajusta los efectos aditivos para genotipos y ambientes mediante el procedimiento usual del análisis de varianza, y entonces ajusta los efectos multiplicativos para la interacción genotipo-ambiente mediante el análisis de componentes principales (ACP). El modelo AMMI es el siguiente:

Cuadro 3.7. Tabla de clasificación de variedades de acuerdo al valor que pueden tener los parámetros de estabilidad, Carballo y Márquez (1970).

SITUACIÓN	$b_i$	$S_{di}^2$	DESCRIPCIÓN
A	$b_i = 1.0$	$S_{di}^2 = 0$	Variedad estable.
B	$b_i = 1.0$	$S_{di}^2 > 0$	Buena respuesta en todos los ambientes pero inconsistente.
C	$b_i < 1.0$	$S_{di}^2 = 0$	Respuesta mejor en ambientes desfavorables y consistentes.
D	$b_i < 1.0$	$S_{di}^2 > 0$	Respuesta mejor en ambientes desfavorables e inconsistentes.
E	$b_i > 1.0$	$S_{di}^2 = 0$	Respuesta mejor en buenos ambientes y consistente.
F	$b_i > 1.0$	$S_{di}^2 > 0$	Respuesta mejor en buenos ambientes e inconsistente.

$b_i$  y  $S_{di}^2$  = Coeficiente de regresión y desviaciones de regresión, respectivamente.

$$Y_{ij} = \mu + g_i + e_j + \sum_{k=1}^n \lambda_k \alpha_{ik} \gamma_{jk} + R_{ij}$$

donde:  $Y_{ij}$  es el rendimiento del i-ésimo genotipo en el j-ésimo ambiente.

$g_i$  = Media de j-ésimo genotipo menos la media general.

$e_j$  = Media del j-ésimo ambiente menos la media mayor.

$\lambda_k$  = Raíz cuadrada del eigenvalor del k-ésimo eje del PCA k.

$\alpha_{ik}$  y  $\gamma_{jk}$  = Calificaciones del ACP para el K-ésimo eje del i-ésimo genotipo y el j-ésimo ambiente, respectivamente.

$R_{ij}$  = Residual del modelo.

Las calificaciones del ACP para los ambientes y genotipos son expresados como unidades del eigenvector correspondiente por la raíz cuadrada del eigenvalor (Zobel *et al.*, 1988). La suma de cuadrados de interacción GA, es subdividido dentro de los ejes del ACP, donde el eje K posee  $g + e - 1 - 2k$  grados de libertad, donde g y e son los números de genotipos y ambientes, respectivamente. Normalmente son retenidas en el modelo solo el primer o primeros dos componentes y los restantes son enviados al residual.

Los genotipos (o ambientes) con grandes calificaciones del ACP (cualquiera positivo o negativo) tienen altas interacciones. Se considera que los genotipos (o ambientes) con calificaciones del ACP cerca de cero, tienen pequeñas interacciones, son considerados estables y dependiendo del signo, se realiza una descripción más amplia de los genotipos y los ambientes. Se

utilizó el programa propuesto por, Vargas y Cossa (2000), en SAS ver. 8 (1999) para realizar los análisis de este método.

### Relación entre Parámetros

Los parámetros obtenidos por el método de Eberhart y Russell (1966), así como los del método AMMI nos permiten calificar a un genotipo en base a su interacción genotipo ambiente (IGA), para determinar si los parámetros utilizados en cada método, para calificar a los genotipos, están relacionados entre si, se realizó una correlación entre parámetros, utilizando el coeficiente de correlación por rangos ordenados de Spearman (1904), para el análisis se considero como variable x los parámetros obtenidos por el método de Eberhart y Russell (coeficiente de regresión (bi), desviaciones de regresión ( $S^2d$ )) y la calificación asignada por el AMMI (componente principal 1 (CP1) y CP 2 ), como la variable y. Los valores de cada variable, fueron ordenados en forma decreciente y se les asignaron rangos en forma creciente, se obtuvo la diferencia entre las dos series de rangos ( $d_i$ ), restando al rango  $x_i$  el valor  $y_i$ , se elevo al cuadrado el valor  $d_i$  y se obtuvo la suma de los valores al cuadrado ( $\sum d_i^2$ ), posteriormente se utilizo la siguiente expresión:

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2 - 1)}$$

donde:  $r_s$  = Coeficiente de correlación por rangos de Spearman (1904)

$n$  = número de pares de datos x e y.

Regla de decisión:

Si  $r_s > r_s^*$ , se rechaza la  $H_0$  de que  $x$  e  $y$  son mutuamente independientes.

donde  $r_s^*$  = valor crítico de  $r_s$  en la tabla  $q$  con el nivel de significancia deseado, con  $n$  grados de libertad (Steel y Torrie, 1980).

### Análisis de Conglomerados

Este análisis básicamente agrupa a los objetos o individuos en grupos que son diferentes entre sí, y dentro de cada grupo los objetos o individuos que lo conforman son muy parecidos entre sí. Muchos algoritmos se han desarrollado para llevar a cabo este tipo de análisis (Manly, 1986; Jonson y Wichern, 1988), dentro de ellos se encuentran aquellas técnicas jerárquicas, (inician con el cálculo de la distancia de cada individuo con todos los otros individuos). Los grupos son formados por un proceso de aglomeración o división. Mediante la aglomeración los individuos inician solos en grupos de uno, posteriormente los individuos más cercanos son gradualmente agrupados hasta que finalmente todos los individuos quedan dentro de un único grupo, lo cual es representado mediante un dendograma. Otro procedimiento consiste en definir  $k$  grupos o conglomerados aleatorios y entonces se mueven los objetos entre estos grupos para reducir la variación dentro de ellos y maximizar la diferencia entre ellos, buscando que ésta sea lo más grande posible, tal como lo hace la metodología propuesta por Ward, (1963). Las distancias entre los individuos son calculadas mediante una generalización de la distancia euclidiana ( $d_{ij}$ ):

$$d_{ij} = \sqrt{\{(x_{i1} - x_{j1}) + (x_{i2} - x_{j2})\}}$$

la cual para atributos quedará como:

$$d_{ij} = \sqrt{\sum (x_{ik} - x_{jk})^2}$$

Existen varias medidas de distancias, pero las más usadas son la euclidiana, de Pearson (la cual es una euclidiana ponderada de acuerdo a la dispersión de las variables) y la distancia de Mahalanobis (distancia generalizada calculada con la matriz de varianza-covarianza y vectores para las variables de los individuos).

La agrupación se puede realizar con base en el vecino más cercano, más lejano o con base en la distancia media, etc., de tal manera que se tiene una amplia gama de opciones que pueden utilizarse de acuerdo a la preferencia del investigador. En este trabajo, se utilizó el método de Ward (1963), que utiliza un procedimiento similar al del análisis de varianza, para evaluar la distancia entre los conglomerados, de hecho la distancia es la suma de cuadrados entre los dos grupos sumados sobre todas las variables, iniciando cada grupo con un individuo al cual se añaden individuos similares. En cada generación la suma de cuadrados dentro de los conglomerados es minimizada sobre todas las particiones obtenidas por la unión de dos conglomerados de la generación



previa, continuando de esta manera hasta que finalmente todos los individuos quedan en un grupo único.

Para el caso multivariado se definen dos matrices  $B_0$  y  $W_0$ , la primera de ellas contiene en la diagonal la suma de cuadrados entre conglomerados de cada variable y fuera de la diagonal la suma de productos de los conglomerados respectivos. La matriz  $W_0$  contiene en la diagonal la suma de cuadrados dentro de conglomerados y fuera de la diagonal, la suma de productos respectivos. Si se denota  $X_{ijk}$  como el valor de la  $k$ -ésima variable de la  $j$ -ésima observación del  $i$ -ésimo grupo ( $i = 1, 2, \dots, g$  grupos;  $j = 1, 2, \dots, n_i$  individuos;  $k = 1, 2, \dots, p$  variables), y los  $k$ -ésimos elementos de los vectores de medias como  $\bar{x}_{ik}$  y  $\bar{x}_k$ . Entonces el elemento en la  $(k,1)$ -ésima posición ( $k \neq 1$ ) de  $B_0$  y  $W_0$  quedan denotadas, según Jonson y Wichern (1988), de la manera siguiente:

$$(B_0)_{k1} = \sum_{i=1}^g n_i n_j (x_{ik} - \bar{x}_k)(x_{i1} - \bar{x}_1)$$

$$(W_0)_{k1} = \sum_{i=1}^g \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ijk} - \bar{x}_{jk})(x_{ij1} - \bar{x}_{i1})$$

### Comparación de Medias.

La comparación de las medias se realizó mediante la prueba de Tukey al 0.05 por ciento de significancia; el procedimiento consiste, en el cálculo de un

valor crítico y su aplicación a diferencias entre todos los pares de medias, que se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$w = q_{\alpha}(p, f_e) s_{\bar{y}}$$

donde:  $q_{\alpha}$  = Valor de tabla.

$p = t$  = Número de tratamientos.

$f_e$  = Grados de libertad del error.

$s_{\bar{y}}$  = Error estándar de una media de tratamiento.

$$s_{\bar{y}} = \sqrt{\frac{S^2}{r}}$$

$S^2$  = Cuadrado medio del error.

$r$  = Repeticiones de cada tratamiento.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Rendimiento por Ambiente

El análisis de varianza para rendimiento por ambiente (Cuadro A1), mostró diferencias altamente significativas entre genotipos, en los ambientes 3, 5 y 7, correspondientes a las localidades de Emiliano Zapata, ciclo p-v 2001, San Antonio, ciclo p-v 2002 y La Biznaga, ciclo p-v 2003 respectivamente; en los ambientes 1, 2, y 10, correspondientes a las localidades de Emiliano Zapata ciclo p-v 1999, Emiliano Zapata ciclo p-v 2000 y Cerro de Agua ciclo p-v 2003, respectivamente, se detectaron diferencias significativas; y en los ambientes 4, 6, 8 y 9 que corresponden a las localidades de Navidad, ciclo p-v 2002, el Tunal, ciclo p-v 2002, San Antonio, ciclo p-v 2002 y E. Zapata ciclo p-v 2000, respectivamente, no se detectaron diferencias significativas.

### Estabilidad de Producción

El análisis de varianza combinado para los 10 ambientes donde se evaluaron los materiales, mostró diferencias al nivel de probabilidad de 0.01 entre ambientes, genotipos y en la interacción genotipo por ambiente (Cuadro

4.1.); permitiendo así realizar el análisis correspondiente para detectar materiales con menor interacción.

Cuadro 4.1. Cuadrados medios y significancia del análisis de varianza combinado sobre localidades.

FUENTES DE VARIACIÓN	G.L.	C.M.
AMBIENTES	9	1600.01**
REPETICIONES/AMBIENTE	20	27.24
TRATAMIENTOS	5	277.10**
TRAT*AMB	45	74.12**
ERROR EXPERIMENTAL	100	24.04
TOTAL	179	

\*\*= Significancia al 0.01 de probabilidad

La comparación de medias a través de los ambientes reportó que los clones experimentales, superaron en producción a los testigos. La prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ), formó tres grupos estadísticos, el clon 91-25-4 (G1) obtuvo la mayor media general con  $38.63 \text{ t ha}^{-1}$ , superando a los testigos (variedad Alpha (G5) y Atlantic (G6)), con un 25.2 y 21.8 por ciento, respectivamente; los clones 91-9-3 (G2) y 91-10-1 (G3), conformaron un grupo estadísticamente similar al (G1), obteniendo una producción comercial de  $37.18$  y  $35.75 \text{ t ha}^{-1}$ , respectivamente; el clon 91-12-2 (G4), obtuvo una media de rendimiento estadísticamente igual a los testigos con un promedio de  $34.24 \text{ t ha}^{-1}$ .

La comparación de medias de rendimiento para ambientes de acuerdo a la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ), formó cinco grupos estadísticos, donde la localidad de Emiliano Zapata en el ciclo p-v del 2001 (A3), fue la que obtuvo la media de rendimiento más grande con  $50.40 \text{ t ha}^{-1}$ , en segundo lugar se encuentra esta misma localidad en el ciclo p-v de 1999 (A1), posteriormente se formó un grupo de rendimiento Intermedio, donde los grupos de significancia se traslaparon; en este grupo se encuentran los ambientes 2, 6, 8 y 9, 4 y 5, el siguiente grupo de significancia lo forma el ambiente 10 con  $27.32 \text{ t ha}^{-1}$ , y en un último grupo de significancia se encuentra el ambiente 7, con un promedio de rendimiento de  $15.76 \text{ t ha}^{-1}$  (Cuadro 4.2).

El análisis de estabilidad de Eberhart y Russell (1966), permitió calificar las variedades con base en su estabilidad; así los clones 91-25-4, 91-9-3, 91-10-1 y la variedad Alpha fueron calificadas como estables, corroborando lo reportado por Parga *et al.*, (2002) y el clon 91-12-2 fue clasificado como de respuesta mejor en buenos ambientes y consistente, de acuerdo a la clasificación de Carballo y Márquez (1970); mientras que la variedad Atlantic, fue calificada con respuesta mejor en ambientes desfavorables y consistente (Cuadro 4.3.).

Cuadro 4.2. Rendimiento promedio  $t\ ha^{-1}$  (REND), índices ambientales de acuerdo al modelo de Eberhart y Russell (IA) y calificación asignada por el AMMI (CP1) a cada ambiente.

Año	Localidad	Ambiente	REND	IA	CP1
1999	Emiliano Zapata, A., C.	1	43.892 b	9.1515	2.26
2000	Emiliano Zapata, A., C.	2	40.287 bc	5.5498	-1.73
2001	Emiliano Zapata, A., C.	3	50.401 a	15.6615	0.42
2002	Navidad, G., N. L.	4	32.523 ef	-2.2168	0.85
2002	San Antonio, A., C.	5	31.912 ef	-2.8268	0.02
2002	El Tunal, A., C.	6	37.898 cd	3.1615	0.91
2003	La Biznaga, G., N. L.	7	15.764 g	-18.9768	-1.28
2003	San Antonio, A., C.	8	33.607 ed	-1.1318	1.61
2003	Emiliano Zapata, A., C.	9	33.782 ed	-0.9568	-0.37
2003	Cerro de Agua, G., N. L.	10	27.322 f	-7.4152	-2.69

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

En la gráfica de predicción de rendimiento (Figura 4.1.), se puede observar que el clon 91-25-4 al tener las desviaciones de regresión ( $S^2d$ ) positivas, mantiene su rendimiento superior a los testigos en los ambientes evaluados, este clon es superado únicamente por el 91-12-2 en el ambiente 3, ya que éste responde mejor en buenos ambientes.

Cuadro 4.3. Resultados del análisis de estabilidad de los seis genotipos en 10 ambientes de acuerdo al modelo de Eberhart y Russell (1966).

FUENTE DE VARIACIÓN	G. L.	C. M.
TOTAL	59	108.03
VARIETADES	5	92.37*
AMBIENTES	54	109.48
AMBIENTE LINEAL	1	4800.02
VARIETADES*AMBIENTE LINEAL	5	38.11
DESVIACIÓN CONJUNTA	48	19.19
91-25-4	8	39.64
91-9-3	8	16.31
91-10-1	8	13.31
91-12-2	8	9.06
ALPHA	8	16.79
ATLANTIC	8	20.03
ERROR CONJUNTO	100	24.04

\*= significancia al 0.05

Los clones 91-9-3 y 91-10-1, se ubican después en la gráfica de predicción, esto debido a que tienen  $S^2d$  negativas, pero superando a los testigos, porque que su potencial de rendimiento tiene mayor efecto que las  $S^2d$ . También se puede notar que los clones experimentales tienen un potencial de rendimiento superior a las variedades y que responden mejor, conforme se mejoran las condiciones ambientales.

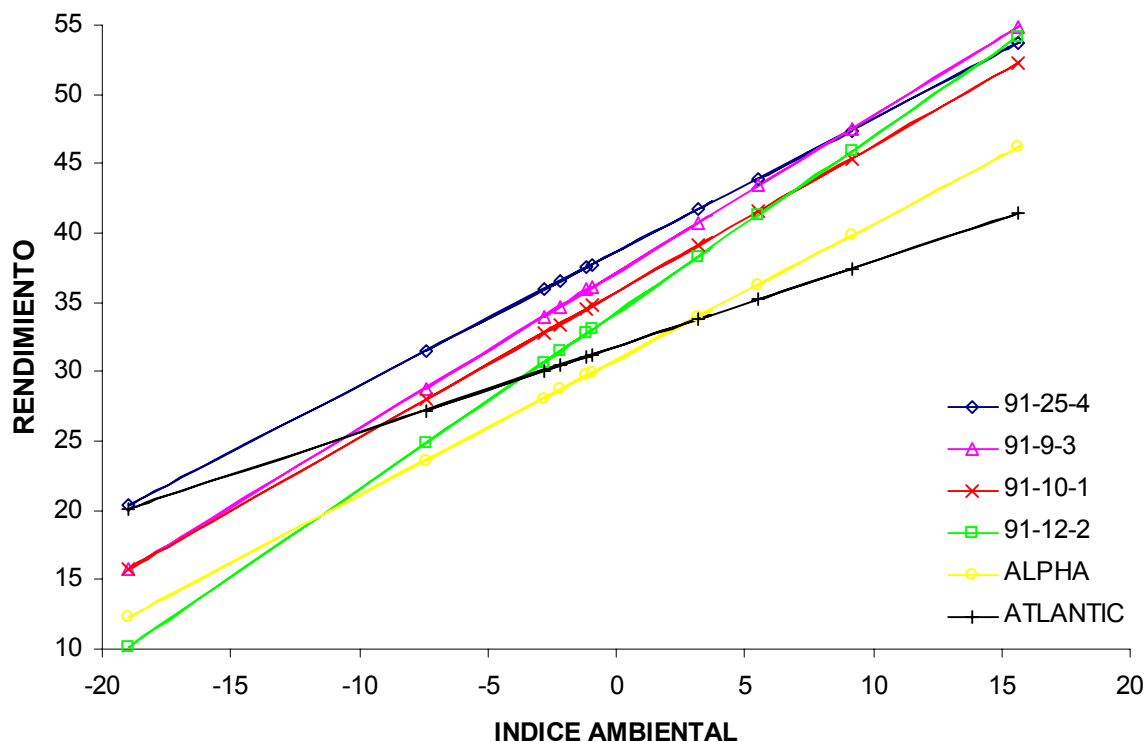


Figura 4.1. Rendimiento predicho de clones y variedades de papa con base en el modelo de Eberhart y Russell (1966).

En la Figura 4.1, se corrobora la clasificación de estabilidad del clon 91-12-2 y la variedad atlantic; donde la variedad responde mejor en ambientes desfavorables y el clon responde mejor en buenos ambientes, la variedad fue superior en rendimiento en los ambientes con índices negativos altos, en el ambiente 10 fue superior a los clones 91-25-4, 91-12-2 y a la variedad Alpha, y en el ambiente 9 superó a los clones 91-9-3 y 91-10-1, por otro lado el clon 91-12-2; clasificado como de respuesta mejor en buenos ambientes, mostró el mejor rendimiento en los ambientes con índices positivos altos (ambiente 3) y



el más bajo rendimiento, en aquellos de índices negativos como el ambiente 10 (Cuadro A2.).

El análisis de estabilidad por el método AMMI (Cuadro 4.4.), reportó diferencias ( $P < 0.01$ ) para ambientes, genotipos y para la interacción genotipo ambiente (IGA); así mismo para los dos primeros componentes principales (CP), obtenidos mediante el análisis de componentes principales (ACP), los cuales explican el 76.74 por ciento de la IGA.

Al graficar el rendimiento y el primer componente principal (CP1), el clon 91-10-1 (G3) y el testigo Alpha (G 5), expresaron menor IGA pero la media de rendimiento del clon 91-10-1, superó 15.89 por ciento ( $4.9 \text{ t ha}^{-1}$ ) a dicho testigo (Cuadro 4.5. y Figura 4.2.). En la figura antes mencionada, se pueden agrupar a los genotipos en base a su rendimiento y estabilidad, donde el primer grupo lo forman los clones 91-25-4, 91-9-3, y 91-10-1 (G1, 2 y 3, respectivamente) con las medias de rendimiento más altas, de éstos el G2 y G3 tienen pequeñas interacciones negativas, por otro lado el clon 91-25-4 (G1) presentó las interacciones más grandes pero positivas, lo que hace a este clon un genotipo deseable, ya que obtuvo la media de rendimiento más alta (Cuadro 4.5.) y también tiene el potencial de incrementar su rendimiento conforme se mejoran las condiciones agroecológicas; el segundo grupo lo forma únicamente el clon 91-12-2 (G4), con rendimiento intermedio y pequeñas interacciones positivas, lo que le permitirá incrementar su rendimiento conforme se mejoran las condiciones agroecológicas y se tengan pequeñas interacciones positivas; por

otro lado, las variedades testigos formaron un tercer grupo, con el menor rendimiento promedio a través de los ensayos del presente trabajo y con interacciones negativas.

Cuadro 4.4. Resultados del análisis de estabilidad mediante el método AMMI para los seis genotipos en 10 ambientes.

FUENTES DE VARIACIÓN	G. L.	S. C.	C. M.
REPETICIONES	2	138.60424	69.30212*
AMBIENTES	9	14399.53345	1599.94816**
GENOTIPOS	5	1385.41554	277.08311**
AMB*GEN	45	3335.03234	74.11183**
ECP 1	13	1374.87	105.759**
ECP 2	11	1184.40	107.673**
RESIDUAL	24	775.760	32.323
ERROR EXPERIMENTAL	118	2810.82683	23.82057

\* y \*\*= Significancia al 0.05 y al 0.01 de probabilidad respectivamente.

C.V. = 14.05

Al graficar los dos primeros componentes principales (CP), CP1 y CP2, se puede observar que el clon 91-10-1 (G3), posee menor IGA que la variedad Alpha (G5) (Figura 4.3.). Los clones 91-9-3 (G2), 91-12-2 (G4) se ubican al igual que la variedad Alpha en la parte inferior de la gráfica y responden de manera muy similar a los efectos ambientales (Figura 4.3.). En el cuadrante superior izquierdo de la figura antes mencionada se ubicó la variedad Atlantic (G6), que

presenta grandes interacciones negativas, clasificándola como una variedad que es afectada por las condiciones agroecológicas de la región.

Cuadro 4.5. Rendimiento promedio ( $t\ ha^{-1}$ ), coeficiente de regresión ( $b_i$ ), desviaciones de regresión ( $S^2d$ ) y calificación asignada por el AMMI (CP1 y CP2) a cada genotipo (G), en los 10 ambientes.

G	$t\ ha^{-1}$ <sup>+</sup>	$b_i$	$S^2d$	CP1	CP2
1	38.63 a	0.96	15.62	3.70	0.89
2	37.18 ab	1.13	-7.72	-1.56	-1.46
3	35.75 ab	1.05	-10.74	-1.07	0.25
4	34.24 bc	1.27*	-14.98	1.21	-1.87
5	30.85 c	0.98	-7.23	-1.03	-1.26
6	31.79 c	0.62**	-4.01	-1.26	3.44

<sup>+</sup> = Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

\* =  $b_i > 1$ , \*\* =  $b_i < 1$ ;

El clon 91-25-4 (G1), es el que obtuvo la mayor media general ( $38.63\ t\ ha^{-1}$ ), a través de los ambientes y presentó las interacciones más grandes de acuerdo al ACP (Cuadro 4.5., Figura 4.2. y 4.3.). Por tanto, es la variedad con mayor IGA, sin embargo su interacción es positiva, lo cual indica que este clon responde favorablemente conforme se mejoran las condiciones agroecológicas, lo que lo hace un genotipo deseable, ya que se puede recomendar para la región sabiendo que en el ambiente que se establezca no presentará

interacciones negativas, pero si responderá favorablemente cuando se mejoren las condiciones agroecológicas, este, es el genotipo recomendado de acuerdo a lo propuesto por Wissar y Ortiz (1987), donde mencionan que en la medida en que se puedan conseguir clones con escasa interacción con el ambiente o de reacción gradual y favorable a la mejora del ambiente, se habrá conseguido lo que el técnico pueda recomendar con seguridad, el clon más apropiado para el agricultor.

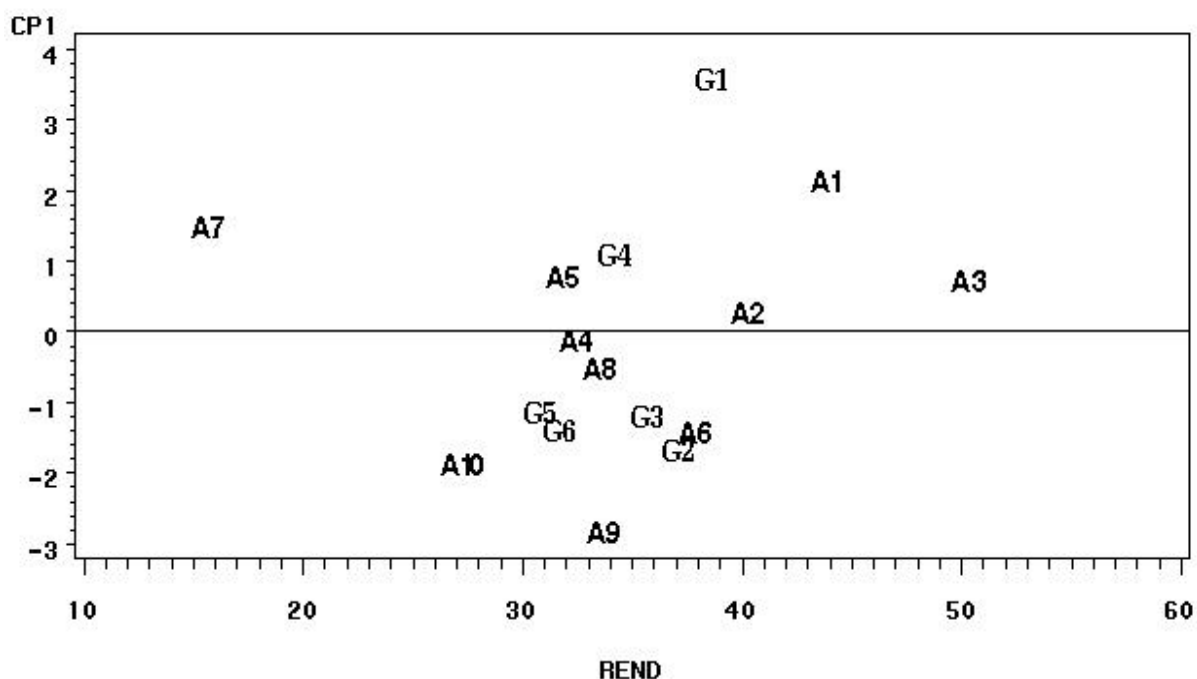


Figura 4.2. Genotipos y ambientes en base al rendimiento y el primer eje obtenido mediante componentes principales, por el método AMMI.

En la Figura 4.3. se observa que en todos los ambientes se presentó en mayor o menor grado IGA, lo que las hace localidades no aptas para evaluación

de materiales, a excepción del ambiente 4, (Navidad, Municipio de Galeana, N.L. ciclo 2002), donde se presentaron bajas interacciones; esto la hace una localidad apta para evaluación, ya que permite que los genotipos expresen su alto o bajo potencial de rendimiento. El G1 esta más adaptado al A5 y A7, el G4 se adapta mejor en el A2 y A3, el G2 y G5 se adaptan mejor al A6, el G3 al A10 y finalmente el G6 se adapta mejor al A8.

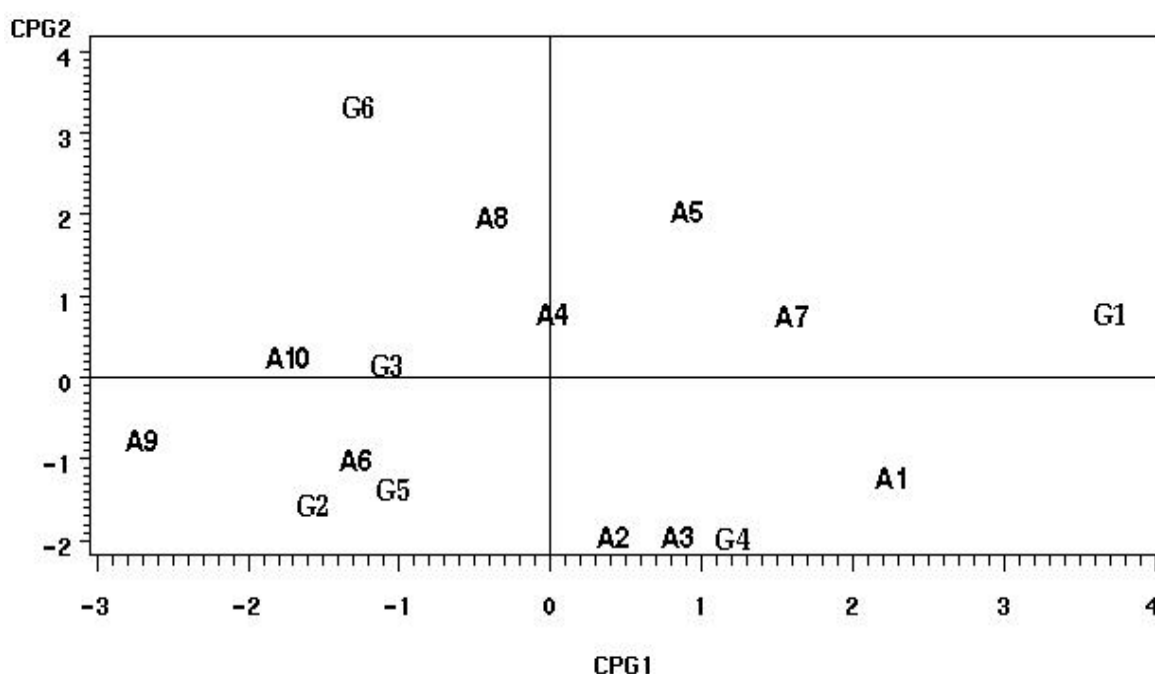


Figura 4.3. Genotipos y ambientes con base en los dos primeros componentes obtenidos mediante el método AMMI.

Al comparar ambas metodologías, el método de Eberhart y Russell (1966), explicó el 33.33 por ciento de la IGA, el AMMI por su parte explicó el 41.22 por ciento de IGA, considerando solamente al CP 1 y el 76.74 por ciento considerando los CP 1 y CP 2, corroborando lo reportado por Silva *et al.* (1988)

que reportan una explicación en la IGA con el uso del AMMI que superan por más del 100 por ciento a lo explicado por el método de Eberhart y Russell (1966).

La correlación por rangos de Spearman (1904), entre los parámetros de ambas metodologías mostró que la correlación entre el bi y el CP1 fue muy baja, negativa y no significativa ( $r_s = -0.0286$ ), al comparar el bi con el CP2 la correlación fue alta, negativa y altamente significativa ( $r_s = -0.9429$ ); Por otro lado, al realizar la correlación entre las desviaciones de regresión ( $S^2d$ ) y los CP1 y CP2, los valores de  $r_s$  fueron positivos; al comparar la  $S^2d$  con el CP1 la correlación fue baja y no significativa ( $r = 0.1428$ ) y la correlación entre la  $S^2d$  y el CP2, la correlación fue alta pero no significativa ( $r = 0.7714$ ), lo que difiere parcialmente de lo reportado por Ebdon *et al.* (1998), que mencionan valores positivos y altamente significativos entre los parámetros de ambos métodos y difiere también parcialmente de lo reportado por Zamora (2001), ya que reporta una correlación negativa y significativa entre ambas metodologías, debido principalmente en que miden la IGA con diferentes enfoques.

#### Análisis de Conglomerados

En la Figura 4.4., se observa que el análisis de conglomerados formó hasta tres grupos de interés; en el primero se encuentran los clones 91-25-4, 91-12-2 y 91-10-1, de estos dos últimos es interesante señalar que, poseen un alto parecido, probablemente por tener un progenitor común, agrupándose

posteriormente el 91-25-4 con ellos. La media de rendimiento de estos genotipos es superior a los otros dos grupos, presentando además pequeñas interacciones positivas. (Cuadro 4.6.). La separación de este grupo indica que posiblemente estos genotipos poseen mayor proporción de germoplasma mexicano usado en la hibridación.

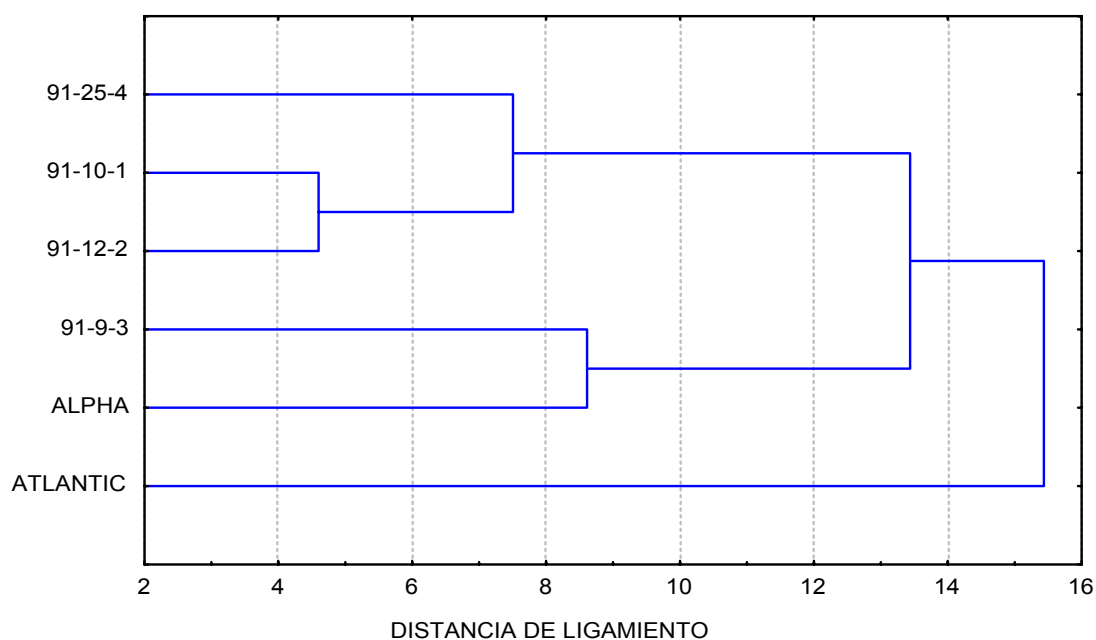


Figura 4.4. Agrupamiento de genotipos en base a características agronómicas y estabilidad de producción.

El segundo grupo lo constituyen el clon 91-9-3 y la variedad Alpha, que posiblemente están emparentados, ya que se caracterizan por tener pequeñas interacciones negativas y como grupo obtienen el segundo lugar en rendimiento y el mayor porcentaje de sólidos; por otro lado, tienen la mayor altura, número de tallos y más días de emergencia a desvare, lo que caracteriza al grupo como variedades más tardías, el clon 91-9-3 tiene características de estabilidad

semejantes a la variedad Alpha, y además tiene en su constitución genética germoplasma mexicano, lo que le da, una mejor adaptación a las condiciones agroecológicas de la región y expresa un alto potencial de rendimiento (Cuadro 4.6. y Figura 4.4.).

Cuadro 4.6. Características agronómicas, de calidad y estabilidad de grupos formados mediante el análisis de conglomerados.

CARACTERÍSTICAS	GRUPOS		
	I	II	III
ALTURA	73.29	87.59	56.81
No. TALLOS	5.91	5.95	3.32
D.E.D.*	97.83	98.5	94.80
% DE SÓLIDOS	17.3	18.60	18.11
CALIDAD**	2.23	2.35	2.00
RENDIMIENTO	36.21	34.01	31.79
CP 1	1.28	-1.292	-1.262

\* = Días de emergencia a desvare.

\*\* = Calidad: Muy buena (1), buena (2), regular (3) y mala (4).

El tercer grupo lo conformó la variedad Atlantic, con una media de rendimiento inferior a los dos grupos anteriores, pero con interacciones ligeramente menores a las del segundo grupo y con la mejor calificación de calidad, además esta variedad fue la más precoz en promedio y con plantas más compactas (Cuadro 4.5.).



## CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos en este estudio se concluye:

Por medio de la hibridación entre variedades introducidas y variedades mexicanas se obtienen materiales que se adaptan mejor a nuestras condiciones agroecológicas y por lo tanto, expresan un mayor potencial de rendimiento y con adecuada calidad.

El análisis de la IGA mediante las dos metodologías utilizadas, identificó al clon 91-10-1 como estable, éste además de los clones 91-25-4 y 91-9-3 por su gran potencial de rendimiento, son recomendados para la región noreste de México.

Dada la proporción de la IGA que explicó cada metodología, es más deseable el método AMMI para la cuantificación de estabilidad que el desarrollado por Eberhart y Russell (1966).

El análisis de conglomerados es una herramienta útil en el estudio preliminar de genotipos, proporcionando información valiosa acerca de ellos.

De los genotipos evaluados, aquellos con germoplasma mexicano tuvieron mejor comportamiento que los introducidos, sobresaliendo el clon 91-10-1 por su estabilidad y los clones 91-25-4 y 91-12-2 por su mayor potencial de rendimiento, agrupados en el primer conglomerado.

## RESUMEN

El cultivo de la papa, ocupa el segundo lugar en la producción hortícola de México, cultivándose en la mayoría de los casos materiales genéticos introducidos, seleccionados para y en condiciones ecológicas diferentes a las de nuestro país, por lo que, al establecer estos materiales en las diferentes zonas productoras de papa en México, no expresan su máximo potencial de rendimiento. En el Campo Experimental Saltillo del INIFAP, se está llevando a cabo un proyecto de obtención de variedades de papa, adaptadas a las condiciones agroecológicas de la zona productora de papa en el Noreste de México, mediante la hibridación, seguida de la selección clonal. Los progenitores utilizados fueron variedades introducidas por características agronómicas y de calidad, cruzadas, con variedades y clones avanzados de México, cuya característica principal es su resistencia al tizón tardío y tolerantes a otras enfermedades y condiciones abióticas adversas. A la fecha se cuenta con materiales avanzados, los cuales se establecieron del año 1999 al 2003 en varias localidades representativas de la región para determinar su estabilidad de producción, así como evaluar sus características agronómicas y de calidad. Se evaluaron cuatro clones avanzados del Programa de Papa del Campo Experimental Saltillo (91-25-4, 91-9-3, 91-10-1, 91-12-2), y como testigo las variedades comerciales Alpha y Atlantic en 10 ambientes. Se tomaron datos

sobre características de rendimiento, agronómicas y de calidad, estas se analizaron mediante análisis de conglomerados (cluster análisis) y la estabilidad de producción se determinó con el método propuesto por Eberhart y Russell (1966) y el modelo de efectos principales aditivos e interacción multiplicativa (AMMI). El clon 91-10-1 expresó menor interacción genotipo ambiente (IGA) con media de rendimiento de  $35.75 \text{ t ha}^{-1}$ , superando a los testigos Alpha y Atlantic con un 15.88 y 12.45 por ciento, respectivamente. Los clones 91-25-4 y 91-9-3, con una media de producción de  $38.63$  y  $37.18 \text{ t ha}^{-1}$ , junto con el 91-10-1, formaron un grupo de significancia de acuerdo a la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ). El modelo AMMI explicó 76.74 % de la IGA y el modelo de Eberhart y Russell (1966) el 33.33 por ciento, por tanto, el modelo AMMI superó al de Eberhart y Russell (1966) con un 130 % de IGA explicada. El análisis de conglomerados formó tres grupos de interés, en el primero se agrupan los clones 91-25-4, 91-12-2 y el 91-10-1, los cuales mostraron los mayores rendimientos, la variedad Alpha con el clon 91-9-3, formaron el segundo grupo, esta relación puede atribuirse a la proporción de germoplasma introducido que conforma a este genotipo, que le da las características de calidad. Además, la proporción de germoplasma mexicano le da un alto potencial de rendimiento. El tercer grupo lo constituyó la variedad Atlantic. Concluyendo que por medio de la hibridación entre variedades introducidas y variedades mexicanas, se obtienen materiales que se adaptan mejor a nuestras condiciones agroecológicas y por lo tanto, expresan un mayor potencial de rendimiento y adecuada calidad. El análisis de la IGA mediante las dos metodologías utilizadas, identificó al clon 91-10-1 como estable, este además de los clones 91-25-4 y 91-9-3 por su gran

potencial de rendimiento, son recomendados para la región Noreste de México. Dada la proporción de la IGA que explicó cada metodología, es más deseable el método AMMI para la cuantificación de estabilidad que el desarrollado por Eberhart y Russell (1966). El análisis de conglomerados es una herramienta útil en el estudio preliminar de genotipos, proporcionando información valiosa acerca de ellos. De los genotipos evaluados, aquellos con germoplasma mexicano tuvieron mejor comportamiento que los introducidos, sobresaliendo el clon 91-10-1 por su estabilidad y los clones 91-25-4 y 91-12-2 por su mayor potencial de rendimiento, los cuales se agruparon en el primer conglomerado.

## LITERATURA CITADA

- Carballo, C.A. y S.F. Márquez. 1970. Comparación de variedades de maíz del bajo y de la mesa central por su rendimiento y estabilidad. *Agrociencia*. 5:1:129-146.
- Castañón, N.G. y V.O.H. Tosquy. 1996. Análisis de la interacción genotipo-ambiente en híbridos tropicales de maíz (*Zea mays* L.) con diferentes métodos. *Rev. Fitotec. Mex.* 19:141-150.
- Covarrubias R.J.M. y de la R.F.J. Contreras 1997. Influencia de la calidad del agua para la fertirrigación. Informe de investigación. C. Exp. Saltillo-CIRNE- INIFAP. pp 34-40.
- Crossa, J., H.G. Gauch Jr., and R. W. Zobel. 1990. Additive main effects and multiplicative interaction analysis of two international maize cultivar trials. *Crop Science*. 30:493-500.
- Cruz, M.R. 1989. Un ejemplo de la prueba exacta de los parámetros de estabilidad de Heberhart y Russell. *Rev. Fitotec. Mex.* 12:1:147-155.
- Ebdon, J.S. and H.G. Gauch Jr. 2002. Additive main effect and multiplicative interaction analysis of national turfgrass performance trials: I. interpretation of genotype x environment interaction. *Crop Science* 42:489-496.
- Ebdon, J.S. and H.G. Gauch Jr. 2002.(A). Additive main effect and multiplicative interaction analysis of national turfgrass performance trials: II. Cultivar recommendations. *Crop Science* 42:497-506.
- Ebdon, J.S., A.M. Petrovic, and R.W. Zobel. 1998. Stability of evapotranspiration rates in Kentucky Bluegrass cultivars across low and high evaporative environments. *Crop Sci.* 6:36-40.
- Eberhart, S.A. and W.A. Russell. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*. 6:36-40.
- Estrada R.,N. 1999. La biodiversidad en el mejoramiento genético de papa. PROINPA / CID / CIP. La Paz Bolivia. pp 91-95.

- Finlay, K.W. and G.N. Wilkinson. 1963. The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. *Aus. J. Agric. Res.* 14:742-754.
- Fisher, R.A. 1918. The correlation between relatives on the supposition of Mendelian inheritance. *Transactions of the royal Society of Edimburgh.* 52:399-433.
- Flores, G.F.X. 1985. Estabilidad del rendimiento de clones experimentales de papa (*Solanum tuberosum* L.) en diferentes áreas productoras de México. Tesis. Maestría. U.A.A.A.N. Saltillo, Coahuila, México.
- García, de los S.G. y J.J. Steiner. 2003. Diversidad genética en *Lotus corniculatus* L. determinada por caracteres morfológicos y RAPDs. *Rev. Fitotec. Mex.* 26:3:173-182.
- Gauch, H.G. 1987. MATMODEL. Microcomputer Power, Ithaca, N. Y.
- Johnson, R.A. and D.W. Wichern. 1988. Applied multivariate statistical analysis. Second edition. Ed. Prentice Hall. New Jersey. USA. 607p.
- Kevin V.P. y M.S. Bjarnason. 2002. Stability of grain yield, endosperm modification, and protein quality of hybrid and open-pollinated quality protein maize (QPM) cultivars. *Crop Sci.* 42:1882-1890.
- Manly, B.F.J. 1986. Multivariate statistical methods: A Primer Ed. Chapman and Hall. London. 160p.
- Mejía, C.J.A. y G.J.D. Galan. 2003. Cambios de estabilidad en el rendimiento de variedades tropicales de maíz. *Rev. Fitotec. Mex.* 26:2:89-94.
- Mendoza M.A. 1984. Mejoramiento y selección de papa para resistencia al exceso de temperatura: Heladas y calor. Apuntes del curso de manejo de germoplasma CIP. Bogotá, Colombia.
- Nachit, M.M., G. Nachit, H. Ketata., H.G. Gauch Jr., and R.W. Zobel. 1992. Use of AMMI and linear regression models to analyze genotype-environment interaction in durum wheat. *Theor Appl Genet.* 83:597-601.
- Palomo, G.A., C.J. Santamaría, A.S. Godoy. 1996. Estabilidad del rendimiento de nueve genotipos de algodón en la Comarca Lagunera, México. *Información Técnica Económica Agraria.* 92:3:238-243.
- Palomo, G.A., C.J. Santamaría, A.S. Godoy. 1998. Estabilidad del rendimiento y de la calidad de la fibra de 12 genotipos de algodón. *Agric. Téc. Méx.* 24:2:145-153.
- Parga, T.V.M., C.E. Rodríguez y G.E.E. Villavicencio. 2004. Mejoramiento genético de papa con características agronómicas y de calidad deseable

para altitudes menores de 2000 msnm. Memoria. Día de demostración. INIFAP, campo experimental Saltillo - Fundación Produce – FIRA. Saltillo, Coahuila, México.

- Parga, T.V.M., V.V.M. Zamora, C.E. Rodríguez y G.E.E. Villavicencio. 2002. Estabilidad de clones promisorios de papa (*S. tuberosum* L.) para el Norte de México. Memoria XIX Cong. Nal. De Fitogenética. Saltillo, Coahuila, México. p. 380.
- Pearson, K. 1901. On lines and planes of closet fit to systems of points in space. Philosophical Magazine Sixth Series. 2:559-572.
- Pérez U.G. 1972. Avances en el fitomejoramiento de la papa. Centro de Investigaciones Agropecuarias Santa Elena, Edo. de México. pp 54-88.
- Queme, de L.J.L. 2000. Desarrollo de híbridos simples modificados como alternativa para impulsar el uso de nuevos híbridos de maíz. Tesis Doctorado. U.A.A.A.N. Saltillo, Coahuila, México.
- Rubio C., O.A. 1977. Aportación del programa nacional de papa del INIFAP. Memorias del I Simposium Internacional de la Papa. Metepec, México. pp 21-23.
- Salmerón, Z.J. J., C.B. Cabañas., Ch.J. Chávez., y V.M. Valenzuela. 1996. agrupación de ambientes de temporal y genotipos de avena con el modelo AMMI. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 19:151-162.
- SAS Institute Inc. 1999. Version 8 of the SAS system. Cary, NC, USA.
- Silva-Pereira-A-da; Costa-DM-da; Da-Silva-Pereira-A; Da-Costa-DM; Pereira-A-da-S. 1998. Stability analysis of yield of potato genotypes in Rio Grande do Sul. Pesquisa-Agropecuaria-Brasileira. 33:4:405-409.
- Spearman, C. 1904. The proof and measurement of association between two things. Am. J. of Psychology. 15:72-101.
- Steel, G.D. and J.H. Torrie. 1980. Principles and procedures of statistics. McGraw-Hill, New York. USA.
- Vargas, H.M. y J. Crossa. 2000. El análisis AMMI y la gráfica del biplot en SAS. Unidad de biometría. CIMMYT. México. (www.Cimmyt.cgiar.org/biometrics).
- Ward, J.H. Jr. 1963. Hiererchical grouping to optimize an objective function. J. Am. Stat. Assoc. 58:236-244.



- Wissar, R. y Ortiz, R. 1987. Mejoramiento de papa en el Centro Internacional de la Papa (CIP) por adaptación a climas cálidos tropicales. Doc. de Tecnología Especializada No.22, Lima, Perú.
- Zamora, V.V.M. 1990. Comparación de diferentes estadísticos de estabilidad de rendimiento en triticale (*X Triticosecale* Wittmack). Tesis Maestría. U. A. A. A. N. Saltillo, Coahuila, México.
- Zamora, V.V.M. 2001. Agrupamiento, selección, estabilidad, de la producción y calidad de triticales forrajeros (*X. Triticosecale* Wittmack). Tesis. Doctorado. U.A.A.A.N. Saltillo Coahuila, México.
- Zamora, V.V.M., del R.A.J. Lozano., B.A. Lopez., V.M.H. Reyes., S.H. Díaz. R.J.M. Martínez. y R.J.M. Fuentes. 2002. Clasificación de triticales forrajeros por rendimiento de materia seca y calidad nutritiva en dos localidades de Coahuila. Téc. Pecu Méx. 40:3:229-242.
- Zobel, R.W., M.J. Wright and H.G. Gauch Jr. 1988. Statistical analysis of a yield trial. Agron. J. 80:388-393.

## APÉNDICE

Cuadro A.1. Cuadrados medios (C.M.) de los análisis de varianza en cada uno de los ambientes considerando los seis genotipos.

AMBIENTES	FUENTES DE VARIACIÓN						C.V.
	BLOQUES		GENOTIPOS		ERROR		
	G.L.	C.M.	G.L.	C.M.	G.L.	C.M.	
1	2	44.34	5	189.33*	10	35.92	13.66
2	2	1.60	5	107.21*	10	24.85	12.37
3	2	62.86	5	98.09**	10	15.35	7.77
4	2	5.25	5	74.32	10	31.84	17.35
5	2	35.39	5	154.23**	10	10.71	10.26
6	2	35.06	5	41.87	10	20.28	11.88
7	2	2.52	5	90.33**	10	6.29	15.91
8	2	9.48	5	47.51	10	26.22	15.24
9	2	15.76	5	70.23	10	49.09	20.74
10	2	60.15	5	71.04*	10	19.91	16.33

\* = Significancia al 5 % de probabilidad.

\*\* = Significancia al 1 % de probabilidad.

C.V.= Coeficiente de variación.

G.L. = Grados de libertad.

Cuadro A.2. Medias de rendimiento por localidad, media general del experimento y índices ambientales.

VARIETADES	AMBIENTES										MEDIA
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	55.390	44.330	54.420	39.340	40.700	37.140	26.420	36.743	26.463	25.327	38.627a
2	45.740	47.100	50.293	37.320	31.060	44.807	12.013	31.503	40.830	31.120	37.179ab
3	44.283	39.127	52.173	31.643	36.050	36.807	11.170	33.990	37.027	35.253	35.752ab
4	47.963	43.780	56.423	26.840	29.587	35.930	14.973	30.970	32.537	23.357	34.236bc
5	36.503	36.470	48.986	27.930	19.653	38.767	15.143	28.877	33.260	22.900	31.789c
6	33.470	30.917	40.110	32.063	34.420	33.940	14.863	39.560	32.573	25.977	30.849c
MEDIAS	43.892b	40.287bc	50.401a	32.523ef	31.912ef	37.898cd	15.764g	33.607de	33.782de	27.322f	34.739
ÍNDICES AMBIENTALES	9.1515	5.5498	15.6615	-2.2168	-2.8268	3.1615	-18.9768	-1.1318	-0.9568	-7.4152	
											MEDIA GENERAL

Cuadro A.3. Promedio de características agronómicas y de calidad a través de los 10 ambientes.

	GENOTIPOS	ALTURA	No. TALLOS	D.E.D*	% SÓLIDOS	CALIDAD <sup>+</sup>
1	91-25-4	75.986	5.870	95.700	16.860	2.100
2	91-9-3	89.826	5.170	97.000	18.147	1.700
3	91-10-1	71.280	5.450	97.400	16.820	2.300
4	91-12-2	72.606	6.420	100.40	18.220	2.300
5	ALPHA	85.360	6.720	100.00	19.050	3.000
6	ATLANTIC	56.806	3.320	94.800	18.110	2.000

\* Días de emergencia a desvare.

<sup>+</sup> Muy buena (1), buena (2), regular (3), y mala (4).