



**UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA**

**Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias**

**Determinación del número óptimo  
de probadores para una eficiente  
selección en híbridos de Maíz (*Zea  
mays L.*)**

**Tesis  
que para obtener el grado de  
Maestro en Ciencias en Biosistemática  
y Manejo de Recursos Naturales y  
Agrícolas**

**Presenta  
Adán Rojas Avendaño**

**DIRECTOR  
Dr. José Ron Parra**

**Zapopan, Jalisco**

**7 de Diciembre del 2012**



# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias

Determinación del Número Óptimo de Probadores Para Una Eficiente  
Selección en Híbridos de Maíz. (*Zea Mays L.*)

Por

Adán Rojas Avendaño

Maestro en Ciencias en Biosistemática y Manejo de Recursos  
Naturales y Agrícolas

Aprobado por:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. José Ron Parra  
Director de Tesis e integrante del Jurado

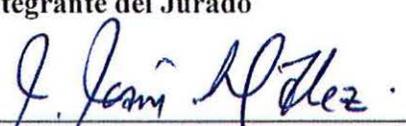
30/11/2012

Fecha

  
\_\_\_\_\_  
M.C. José Rafael Gómez González  
Co-Director externo y Asesor del Comité Particular  
e integrante del Jurado

30/11/2012

Fecha

  
\_\_\_\_\_  
Dr. José de Jesús Sánchez González  
Asesor del Comité Particular e integrante del Jurado

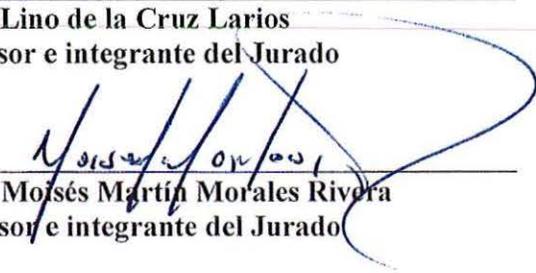
30/11/2012

Fecha

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Lino de la Cruz Larios  
Asesor e integrante del Jurado

30/11/2012

Fecha

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Moisés Martín Morales Rivera  
Asesor e integrante del Jurado

30/11/12

Fecha

## DEDICATORIA

A mis Padres:

Petronila Avendaño y Porfirio Rojas; los cuales me han brindado su gran amor incondicionalmente, además de darme una formación pero sobre todo que son un gran ejemplo de compromiso y perseverancia lo cual me ha inspirado a seguir adelante.

A mis dos mujeres, Esposa e Hija:

Zihomara Alvarez Salas y Danna Michelle; son parte vital en mi, y que hacen que las cosas sean mas fáciles de llevar; me inspiran e infunden aliento para continuar en mi vida profesional y que de una manera u otra se han portado a la altura sacrificando parte de su tiempo para que yo pueda lograr mis metas. Las amo mucho.

A mis Hermanos:

Francisco, Rigoberto, Zoila, Lucy, Samuel, Ely y Selene; por su colaboración y ayuda en parte de mi formación como profesionista, se les quiere y aprecia.

En el transcurso del camino hay muchas personas que nos forjan y ayudan sin pedir nada a cambio, y que si las nombráramos por sus nombres creo que no cabrían en un libro; mil gracias por ese grano de arena que hace la diferencia.

## **AGRADECIMIENTOS**

Doy gracias al Ser divino, que me a dado la vida, que me da la fortaleza para seguir adelante y lograr lo que me he propuesto.

A mi segunda casa, Monsanto y al mejor equipo de Investigación que he conocido: tanto profesional como en persona, Diego Diz, Manuel Oyervides, Humberto Gutiérrez, Armando Rodríguez, José Gómez, Juan Cruz, Isidro Alvarez, Carlos Leon, Eduardo Hernández, Salvador Garcia y Bing Liu; su apoyo incondicional como profesionistas y amigos, que fueron parte importante en la decisión de seguir estudiando y que de una forma u otra me brindaron su tiempo que es un recurso invaluable y su experiencia acumulada de muchos años.

A José Gómez y su gran equipo de evaluación liderado por Francisco Aceves, gracias por el apoyo en la conducción de este experimento y por la aportación de información para llevar a cabo este proyecto.

A la Universidad de Guadalajara, especialmente al Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias por la oportunidad de me han brindado en realizar este proyecto y sobre todo la formación académica recibida.

Al Dr. Fernando Santa Cruz Ruvalcaba, por brindarme la oportunidad de llevar a cabo mi formación en la Universidad de Guadalajara.

Al Dr. José Ron Parra por sus aportaciones valiosas en esta investigación y su tiempo dedicado tanto en el aula como la revisión de esta tesis.

Al Dr. José de Jesús Sánchez González, que me ha brindado su confianza y sus aportaciones a este trabajo, así mismo su valioso tiempo que ha dedicado en la revisión puntual de la tesis.

A los Drs. Lino de La Cruz Larios, Moisés Martín Morales Rivera por su aporte durante mi estancia en la Universidad y por su apoyo en la asesoría en este trabajo.

A todos los maestros del programa de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Pecuarias; por su compromiso y pasión para forjar ciudadanos responsables y preparados para un mejor futuro de México.

A las Secretarias, Ana, Jury y Carmen, por su apoyo durante mi estancia en la maestría, mil gracias.

## RESUMEN

El seleccionar el mejor o los mejores probadores juega un papel importante en el éxito de programas de desarrollo de híbridos, debido a que ayuda a detectar las líneas en etapas tempranas de endocria que potencialmente se estarían utilizando para generar los nuevos híbridos. En este trabajo, los objetivos fueron 1) el cálculo de Aptitud Combinatoria General (ACG) en cruzas de prueba de 142 líneas (L)  $S_1$  utilizando 6 probadores (T), 2) determinar el número óptimo de probadores para evaluar un gran número de líneas de diverso origen genético en etapas tempranas de endocria y 3) cual es el mejor probador en base a la selección de las líneas. Un total de 2,632 cruzas de prueba fueron evaluadas (LXT1) preliminarmente, de donde se seleccionaron las mejores 200 líneas en base a su rendimiento y datos agronómicos de sus cruzas, de las cuales se desarrollo este trabajo. Las 200 líneas fueron cruzadas con seis probadores; se cosecharon 852 cruzas las cuales se evaluaron en cinco localidades del estado de Sinaloa en el ciclo Otoño-Invierno del año 2009-2010 para las variables rendimiento de grano e Índice de Selección, utilizando el diseño bloques al azar. Se encontraron diferencias altamente significativas entre (L) en ACG, para rendimiento entre probadores y localidades, la interacción LXT no fue significativa, indicando que los probadores discriminan igual y cualquiera de ellos puede usarse como probador para las variables rendimiento, humedad y acame no así para índice de selección. Las correlaciones del rendimiento de las líneas a través de probadores muestran significancia alta, las correlaciones del T1 en el primer año vs el segundo año no fue significativa; el cálculo del mejor predictor lineal insesgado o BLUP, mostró ser muy útil en la selección de las mejores líneas, ya que la discriminación a través de probadores fue notoria, además que toma en cuenta los efectos genéticos de las líneas, elimina el efecto de los probadores y la variación ambiental. El número óptimo de probadores de acuerdo al análisis de correlación en este estudio son dos; el T3 es el mejor, debido a que muestra una alta correlación con respecto a la media general de los probadores de 0.657.

## ABSTRAC

The success in the preliminary phases of a hybrid corn development program is the choice of a tester(s) to evaluate the performance in hybrid combination and the relative General Combining Ability (GCA) of large number of new inbred lines in the early stages of inbreeding and identification of inbred that have genetic potential to contribute superior yield and agronomic performance to new hybrids. The choice of tester(s) is an import decision. The objectives of the present study were 1) To test and determinate general combining ability of 142 S<sub>1</sub> new lines (L) crossed to six common testers (T); 2) To determine the optimum number of testers to evaluate a large number of lines of different origin in early stages of inbreeding and 3) to identify which is the best tester according to the selected lines. Preliminarily a total of 2,632 test crosses were evaluated (LXT<sub>1</sub>).Based on yield and agronomic information 200 best lines were selected. The 200 selected lines were crossed to six testers generating 852 crosses. These 852 hybrid combinations were evaluated within a randomized block design at five localities of Sinaloa state during the 2009-2010 autumn-winter season to estimate harvested yield grain and selection index. Highly significant differences in GCA for grain yield were found among (L), (T) and localities. LXT interaction was not significant, indicating that any one of the testers used discriminate effectively among the materials under test for the variables of yield, moisture and lodging but, not for selection index. Consequently any line used as tester can be used to measure of GCA. The correlations of yield performance of the lines through testers show high significance. The rank correlation of the T<sub>1</sub> in the first year vs. the second year was not significant. The calculation of the best linear unbiased predictor or BLUP, proved to be very useful in the selection of the best lines, since the discrimination through testers was notorious. BLUP also takes into account the genetic effects of the lines and eliminates the effect of the testers and environmental variation. Correlation analysis of this study suggest to use 2 testers as optimum number, being T<sub>3</sub> the best, since it shows a high correlation with respect to the overall average of testers 0.657.

## ÍNDICE

|  |      |
|--|------|
| RESUMEN  | I    |
| ABSTRAC  | II   |
| ÍNDICE   | III  |
| LISTA DE CUADROS   | V    |
| LISTA DE CUADROS DEL APÉNDICE  | VIII |
| LISTA DE FIGURAS   | VIII |
| <br>   |      |
| I. INTRODUCCIÓN  | 1    |
| 1.1 Objetivos  | 3    |
| <br>   |      |
| II. REVISIÓN DE LITERATURA   | 4    |
| 2.1 Breve reseña del mejoramiento de plantas.                                | 4    |
| 2.2 Mejoramiento poblacional   | 7    |
| 2.3 Mejoramiento de líneas puras, evaluación en híbridos.                    | 9    |
| 2.3.1 Simbología   | 12   |
| 2.4 Probadores y cruzas de prueba  | 13   |
| 2.5 Aptitud Combinatoria   | 18   |
| 2.6 Mejor predictor lineal insesgado o BLUP (Best Linear Unbiased Predictor) | 20   |
| <br>   |      |
| III. MATERIALES Y MÉTODOS  | 22   |
| 3.1 Material genético.   | 22   |
| 3.2 Sitios de estudio  | 27   |
| 3.3 Variables medidas  | 27   |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>3.4 Manejo agronómico</b>               | <b>29</b> |
| <b>3.5 Diseño experimental</b>             | <b>30</b> |
| <b>3.6 Análisis estadístico</b>            | <b>30</b> |
| <b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.</b>         | <b>35</b> |
| <b>4.1 Análisis de varianza.</b>           | <b>35</b> |
| <b>4.1.1 Aptitud Combinatoria General.</b> | <b>41</b> |
| <b>4.2 Probadores.</b>                     | <b>49</b> |
| <b>V. CONCLUSIONES.</b>                    | <b>57</b> |
| <b>VI. BIBLIOGRAFÍA.</b>                   | <b>58</b> |
| <b>VII. APÉNDICE.</b>                      | <b>64</b> |

## LISTA DE CUADROS

|  |    |
|--|----|
| <b>Cuadro 1.</b> Métodos o procedimientos de selección de maíz que se han propuesto y utilizado para el desarrollo de línea pura y mejoramiento poblacional.     | 8  |
| <b>Cuadro 2.</b> Coeficiente de similaridad estimada entre probadores.   | 23 |
| <b>Cuadro 3.</b> Materiales utilizados en el segundo ciclo de evaluación, que fueron cruzados con 6 probadores incluyendo el probador utilizado un año anterior. | 24 |
| <b>Cuadro 4.</b> Localidades y fechas de siembra utilizadas en el Ciclo otoño-invierno 2009-2010 en el Estado de Sinaloa.  | 27 |
| <b>Cuadro 5.</b> Principales aplicaciones durante la etapa de desarrollo del cultivo en el ciclo otoño-invierno 2009-2010.                                       | 29 |
| <b>Cuadro 6.</b> Número de correlaciones posibles agrupando probadores.  | 32 |
| <b>Cuadro 7.</b> Análisis de varianza para las diferentes características evaluadas en el ciclo otoño-invierno del año 2009-2010.                                | 35 |
| <b>Cuadro 8.</b> Análisis de varianza para líneas a través de localidades por probador.  | 36 |
| <b>Cuadro 9.</b> Coeficientes de variación para líneas a través de localidades por probador.   | 37 |

|  |    |
|--|----|
| <b>Cuadro 10.</b> Rendimiento y clasificación de cada una de las líneas por probador (T) a través de 5 localidades de evaluación.                            | 38 |
| <b>Cuadro 11.</b> Media de cada uno de los probadores a través de repeticiones para las diferentes características evaluadas.                                | 41 |
| <b>Cuadro 12.</b> MPLI en porcentaje para aptitud combinatoria general de las líneas S <sub>1</sub> , para las diferentes características.                   | 44 |
| <b>Cuadro 13.</b> MPLI para Aptitud Combinatoria General de cada uno de los probadores, para las diferentes características                                  | 49 |
| <b>Cuadro 14.</b> Coeficiente de correlación entre medias para rendimiento de grano, con diferente número de probadores y sus combinaciones posibles.        | 51 |
| <b>Cuadro 15.</b> Coeficiente de correlación entre medias del índice de selección, con diferente número de probadores y sus combinaciones posibles.          | 51 |
| <b>Cuadro 16.</b> Coeficiente de correlación entre los efectos del MPLI del índice de selección, con los diferentes probadores y sus combinaciones posibles. | 53 |
| <b>Cuadro 17.</b> Las mejores Líneas en cruzas de prueba, seleccionadas por diferentes probadores a través de todos los ambientes por índice de selección.   | 54 |

**Cuadro 18.** Coeficiente de correlación usando las mejores 17 líneas, entre los efectos del MPLI del índice de selección, con los diferentes probadores.

56

## LISTA DE CUADROS DEL APÉNDICE

|   |    |
|---|----|
| <b>Cuadro A1.</b> Aptitud Combinatoria General, Línea por probador por localidad.   | 64 |
| <b>Cuadro A2.</b> Efectos del mejor predictor lineal insesgado para ACG, utilizando la variable índice de selección.                                    | 65 |
| <b>Cuadro A3.</b> Calculo de ACG por el método del mejor predictor lineal insesgado, para líneas a través de probadores para cada una de las variables. | 68 |
| <b>Cuadro A4.</b> Correlaciones posibles para índice de selección, para todas las combinaciones posibles de los probadores.                             | 72 |

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1.</b> Proceso general del desarrollo de líneas, producción de cruizas de prueba y proceso de evaluación, llevado a cabo en este experimento. | 26 |
| <b>Figura 2.</b> Efectos de ACG utilizando el mejor predictor lineal insesgado, basado en el modelo de efectos mixtos.                                  | 48 |

## I. INTRODUCCIÓN

El mejoramiento genético de maíz ha tenido una evolución constante en el último siglo; a inicios del siglo XX los mejoradores se enfocaban principalmente en la selección visual de las plantas, considerando un solo progenitor y sin llevar un control parental, con la finalidad de generar variedades de polinización libre; la ganancia en rendimiento era de tasas muy bajas. Posteriormente surge la idea de generar líneas por medio del método de pedigrí aplicando un proceso de endogamia al material deseado, seguido de un cruzamiento con su contraparte endogámica lo cual a la siguiente generación mostraba un rendimiento mayor comparado con las líneas originales. El número de líneas generadas era reducido y para llevar a cabo la evaluación se hacían cruza dialélicas (cruzas posibles entre líneas) para obtener un número razonable de híbridos a evaluar.

En el mejoramiento genético de plantas siempre ha sido imprescindible utilizar los recursos de una manera eficiente, razón por la cual es necesario desarrollar estrategias eficientes para poder desarrollar, evaluar e identificar genotipos al menor costo posible, además de medir o monitorear periódicamente la ganancia genética obtenida en un periodo de tiempo dado (Fehr 1987), a medida que se incrementó el número de líneas en los programas de mejoramiento en maíz, se tornó más difícil la evaluación de las mismas debido al gran número de híbridos que se tendrían que evaluar y gran número de ellos con un bajo comportamiento. Con la introducción de la tecnología de doble haploides (DH), el número de líneas DH generadas por ciclo ha venido en gran medida incrementándose comparado con líneas desarrolladas a través del sistema convencional de autofecundación recurrente (Gallais y Bordes, 2007).

Por otro lado la replicación de ensayos de progenies ha venido a incrementar la ganancia genética en los cultivos como el maíz y también ha

habilitado a los mejoradores para tener un mejor entendimiento de la interacción Genotipo-Ambiente (G\*A) en la selección y mejoramiento. En la actualidad existen innumerables métodos, diseños y modelos para dar soporte a las decisiones que se deben de tomar en los programas de mejoramiento y lograr mayor eficiencia balanceando ganancia en rendimiento y selección de genotipos sobresalientes.

La identificación precisa de los genotipos superiores en el mejoramiento de las poblaciones sigue siendo el objetivo principal de los mejoradores de maíz. Un procedimiento de evaluación ideal, sería aquel que permitiera hacer una identificación positiva de los genotipos elite al comienzo de un esquema de mejoramiento (líneas S<sub>1</sub>) con el mínimo costo posible; esto ayudaría a descartar material poco prometedor en etapas tempranas y concentrarse en la proporción de material prometedor (Leo, 1968). La evaluación del comportamiento de cruzas de prueba es el primer criterio de selección en un programa de mejoramiento de maíz; el cálculo de Aptitud Combinatoria General (ACG) y Aptitud Combinatoria Específica (ACE) ha venido a ser uno de los parámetros importantes para seleccionar las mejores líneas, además en la mayoría de los programas de mejoramiento de maíz, existen varias opciones de líneas puras elite para utilizar como probadoras sin embargo, es necesario conocer cual de estas muestran mayor estabilidad para discriminar nuevas líneas a través de la diversidad genética que exista en los programas.

Un probador deseable se puede definir como aquel que combina la mayor simplicidad en uso, con la máxima información sobre el comportamiento que se espera de las líneas en prueba cuando también estas son usadas en otras combinaciones o evaluadas en otros ambientes, aunque es muy difícil que un solo probador pueda tener todas estas características (Rawlings y Thompson 1962).

De acuerdo a lo anterior, el presente trabajo plantea los siguientes objetivos:

### **1.1 Objetivos**

- Determinar la Aptitud Combinatoria General de 142 líneas  $S_1$  mediante cruza de prueba, generadas con 6 probadores de reducida base genética; utilizando el método de BLUP (Best Linear Unbiased Prediction por sus siglas en Inglés) o Mejor Predictor Lineal Inssegado.
- Determinar el número óptimo de probadores mediante prueba de correlaciones en la evaluación de líneas  $S_1$ .
- Identificar cual es el mejor probador en base a la selección de las líneas.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Breve reseña del mejoramiento de plantas.

Nuestros antepasados domesticaron los cultivos que actualmente conocemos, basándose en la selección por el fenotipo de la hembra, utilizando la selección visual; los domesticadores esencialmente inventaron la agricultura y transformaron la civilización humana de ser cazadores nómadas a un estilo de vida sedentaria. De acuerdo a la sociedad de nuestros antepasados, es muy probable que los primeros mejoradores de plantas que existieron fueran las mujeres, mientras que el hombre se dedicaba a la cacería. Hace miles de años, sin ninguna comprensión de la genética y con el poder de selección visual, nuestra madre ancestral creó la base de germoplasma para la producción moderna de los alimentos. Tan profunda fue la importancia del maíz a principios de las civilizaciones Sudamericanas que se le dio un significado religioso con mucho peso. Es casi imposible imaginar el mundo moderno sin maíz domesticado, que se utiliza directa o indirectamente para producir gran parte de la comida en nuestras mesas, así como para generar combustible. Una vez domesticado el maíz, fue distribuido de su centro de origen a todo el mundo para alimentar y ser mejorado por todos los agricultores del mundo (Kendall y Lee, 2006).

En el mejoramiento de plantas han surgido grandes investigadores que han hecho historia con sus descubrimientos o propuestas, quizá a inicio de este siglo, había mucha polémica en sus metodologías sin embargo en la actualidad han mostrado ser de mucha utilidad y son las bases de muchos programas de mejoramiento.

A finales del siglo XIX, el mejoramiento era de tipo poblacional, en Estados Unidos, las variedades de polinización libre estaban en su apogeo, la selección era visual, el incremento en rendimiento de tasas muy bajas. Muchos de los agricultores se dedicaban a mejorar su propia semilla; sin embargo esta etapa de mucho esfuerzo en la selección de caracteres de alta heredabilidad sirvió para diferenciar o crear patrones heteróticos sin ser planeado (Troyer, 2009).

Es cierto que Darwin delineó los principios científicos de la hibridación y la selección. Mientras fue Mendel quien definió la asociación fundamental entre el genotipo y el fenotipo. Por medio de sus teorías fue posible hacer mejoramiento con un enfoque científico a inicios del siglo XX. Por ejemplo, Shull (1909) e East (1908) descubren una metodología del mejoramiento en maíz que hasta el día de hoy esta siendo utilizada y ha venido a quedar como un sistema moderno de mejoramiento en la generación de híbridos; aunque fue difícil utilizar híbridos simples en esta época debido a los costos de producción, sin embargo Jones (1918), propone una metodología para la producción de híbridos dobles.

Davis, mencionado por Hallauer y Miranda (1988) sugirió el procedimiento de "topcross" en 1927, el cual es un procedimiento de cruzas de prueba, para evaluar la aptitud combinatoria de líneas en un programa de hibridación de maíz. Años después Jenkins y Brunson (1931), reportaron la efectividad de usar dicho procedimiento, el cual fue ampliamente adoptado en los programas de mejoramiento. En 1942 se introduce el concepto de aptitud combinatoria general (ACG) y aptitud combinatoria específica (ACE); y surgen nuevos enfoques del uso de pruebas de progenie entrando en juego el uso de un probador para la selección de líneas con aptitud combinatoria.

Vargas *et al.* (1999) mencionan que las evaluaciones en multi-ambientes juegan un papel importante en la selección de los mejores cultivares (o prácticas agronómicas) a ser usados en los años siguientes en diferentes localidades y en la evaluación de estabilidad de un cultivar a través de ambientes antes de llegar a una etapa comercial.

Coutiño y Vidal (2003) mencionan que la interacción genotipo-ambiente es una respuesta diferencial de los genotipos a través de condiciones ambientales cambiantes. Y es que también el fitomejorador desea cultivares estables con buen rendimiento en todas las condiciones de la región de producción de interés. La incorporación de la estabilidad en los programas de fitomejoramiento, con énfasis en la selección final de potenciales cultivares comerciales, sería benéfico para los productores.

A mediados del siglo XX, los mejoradores comienzan a involucrar diferentes modelos matemáticos y a explotar diferentes tipos de acción génica, varianza genética, reducción del tiempo de los ciclos, optimización de esquemas de cruzar, ensayos de rendimiento y búsqueda de una forma más económica para maximizar la ganancia genética.

La era de la biotecnología en plantas comienza a inicios de los años ochenta, con los conocidos reportes de producción de plantas transgénicas utilizando *Agrobacterium* a partir de entonces se desarrollaron sistemas de marcadores moleculares para crear mapas genéticos de alta resolución y así explotar la relación entre marcadores y características importantes de los cultivos. Para 1996 la comercialización de cultivos transgénicos demostró la exitosa integración de la biotecnología en el mejoramiento de plantas y en los programas de mejora de cultivos. La introgresión de uno, o algunos genes en un cultivo, comúnmente utilizando retrocruzas, es una práctica común de mejoramiento. Algunos métodos de retrocruza asistida por marcadores fueron

desarrollados rápidamente para hacer introgresión de características transgénicas y reducir el arrastre por ligamiento, en donde los marcadores moleculares se utilizaron para explorar el genoma y seleccionar aquellos individuos que contuvieran el transgen y la proporción más alta de alelos favorables del genoma parental recurrente. Tiessen *et al* (2009)

Durante los últimos 25 años, el desarrollo y aplicación continua de la biotecnología vegetal, marcadores moleculares y genómica, han establecido nuevas herramientas para la creación, análisis y manipulación de la variación genética, así como el desarrollo de cultivos mejorados.

## **2.2 Mejoramiento poblacional**

El mejoramiento poblacional se utiliza para la mejora de variedades de polinización abierta, variedades sintéticas, y compuestos formados de una mezcla de razas, variedades y líneas puras. El mejoramiento de las poblaciones puede ser usado como fuente de poblaciones para las nuevas líneas puras o para su uso por el agricultor.

Los métodos de selección para el mejoramiento poblacional han evolucionado desde el tipo más simple como es la selección masal para el mejoramiento intrapoblacional a la complejidad de los procedimientos de selección recíproca recurrente para el mejoramiento interpoblacional. Obviamente, todos los métodos han tenido éxito para algún rasgo o característica en una determinada etapa del desarrollo de mejoramiento de maíz (Hallauer y Miranda 1988).

En el Cuadro 1, se resumen los principales métodos de selección en maíz a través de la historia, comenzando desde el mejoramiento

Intrapoblacional hasta el desarrollo de líneas por el método de pedigrí (Hallauer y Miranda 1988).

Selección Masal. Las plantas individuales son seleccionadas en base a su desempeño fenotípico. Se utilizan semillas a granel para producir la próxima generación. La selección en masa ha demostrado ser muy eficaz en el mejoramiento de maíz en las etapas iniciales. Pero su eficacia para la mejora del rendimiento fue objeto de severas críticas en los años 40 en Estados Unidos. Esto finalmente culminó en el perfeccionamiento de los métodos de selección para maíz. Esta selección no prevé ningún control sobre la matriz de polen durante la polinización. La fuente de polen no se conoce en una polinización cruzada. Como consecuencia, la selección se limita sólo a la madre. La estimación de heredabilidad se reduce a la mitad, ya que sólo el progenitor hembra se utiliza para la cosecha de semillas.

Cuadro 1. Métodos o procedimientos de selección de maíz que se han propuesto y utilizado para el desarrollo de línea pura y mejoramiento poblacional.

### Mejoramiento Poblacional

| Intrapoblacional           | Interpoblacional       | Desarrollo de Líneas        |
|----------------------------|------------------------|-----------------------------|
| 1.- Masal                  | 1.-Medios Hermanos     | 1.- Pedigrí                 |
| 2.- Medios Hermanos        | Reciproca Recurrente   | 2.- Retrocruza              |
| a) Mazorca/Surco           | 2.- Hermanos completos | 3.- Descendencia de Semilla |
| b) Cruza de prueba         | Reciproca Recurrente   | única                       |
| 3.- Hermanos completos     | 3.- Cruzas de prueba   | 4.- Selección de Gametos    |
| 4.- Progenie autofecundada |                        | 5.- Monoploides             |
|                            |                        | a) Doble Haploides          |
|                            |                        | Homocigotos – Maternal      |
|                            |                        | b) Androgenesis – Paternal  |
|                            |                        | c) Factor gametofito        |
|                            |                        | d) Cultivo de polen         |

Según Dudley y Moll (1969) el mejoramiento Genético puede dividirse en tres etapas:

- 1.- Creación de un pool de germoplasma (variabilidad)
- 2.- La selección de individuos superiores de dicho pool
- 3.- Y la utilización de dichos individuos para crear o generar variedades o híbridos superiores.

### **2.3 Mejoramiento de líneas puras, evaluación en híbridos.**

Muchos investigadores coinciden en que una precisa identificación de genotipos superiores en el mejoramiento, sigue siendo el mayor objetivo de los mejoradores de maíz en la actualidad. Un procedimiento de evaluación ideal, podría permitir la identificación de material elite en etapa temprana a un costo mínimo. Esto permitiría a los mejoradores descartar material no prometedor en las primeras etapas y concentrarse en el material promisorio (Gender y Alexander 1962; Leo y Paul 1968; Tobias *et al*, 2010); Matzinger (1953) menciona que la fase práctica del mejoramiento del maíz está basada en el desarrollo de líneas y la evaluación de estas líneas en combinaciones híbridas. El comportamiento de las líneas *per se* no proveen enteramente una adecuada medida de su valor en combinaciones híbridas. Por lo tanto, los métodos simples y adecuados para la evaluación de nuevas líneas han sido clave en el desarrollo de nuevos híbridos.

El método de pedigrí es generalmente rápido y fácil para generar líneas puras. Sin embargo, este método es muy intenso en mano de obra. Los padres se cruzan y se genera una  $F_1$ , que después se autofecunda para generar una población  $F_2$ , que después deriva en familias de líneas  $F_3$ ,  $F_4$ , etc. La selección de plantas con nuevas combinaciones de genes se hace en base a la

genealogía. La descendencia se somete repetidamente a la selección y siempre las plantas individuales se toman como fuente de nuevas familias descendientes (mazorca por sobre, mazorca por surco), hasta que se alcanza la uniformidad genética. Sólo entonces, las semillas de varias mazorcas se combinan y mezclan para tener más semillas para pruebas extensas de combinaciones híbridas. Es importante llevar un registro detallado del origen de las plantas o las líneas seleccionadas. La intensidad de selección puede ser variada, en la práctica, de acuerdo a la disponibilidad de infraestructura (espacio de campo, almacenaje de semilla, instalaciones, personal para desgrane, selección y preparación de ensayos, etc.).

En la primera fase se deben concentrar los alelos con mayor heredabilidad y favorables. En una fase posterior, cuando las unidades de evaluación son parcelas y ya no plantas individuales, se puede hacer selección para algunos rasgos con menor heredabilidad. Una objeción en contra de este método es que la variación genética disponible para la selección de los rasgos cuantitativos, se puede reducir drásticamente en las primeras generaciones. Es por ello que es importante tener una población de familias lo mas grande posible desde el inicio de la generación  $F_3$ .

La eficiencia de la descendencia es uno de los objetivos para la generación de pruebas. Esto se hace por la identificación temprana de familias superiores. La eliminación rápida de las poblaciones inferiores y la posterior concentración de los esfuerzos de selección en las poblaciones superiores se traducen en un aumento de la eficiencia. Una evaluación precisa de genotipos es esencial para el éxito de este método.

Shull (1908) reporta que líneas de maíz homocigotas muestran deterioro en rendimiento y vigor, pero al cruzar dichas líneas, estas características son

completamente recobradas y en muchos casos el rendimiento excede a las variedades de donde las líneas fueron derivadas

Shull (1909) sugiere el método de línea pura para el mejoramiento de maíz, donde involucra tres pasos:

- 1.- La endogamia a gran escala con el fin de obtener líneas homocigotas o muy cerca de la homocigosis.
- 2.- Evaluar líneas seleccionadas con todas las cruza posibles.
- 3.- Utilización de las líneas puras en la producción de semilla para híbridos de crusa simple.

Sin embargo el método de Shull comenzó a mostrar limitaciones debido al número de líneas que se incrementaba, y era muy costoso evaluar  $\frac{n(n-1)}{2}$  cruza posibles (Hallauer y Lopez-Perez 1979).

Sprague (1945) menciona que las pruebas tempranas para selección de líneas esta basada en dos suposiciones: 1) existen marcadas diferencias en aptitud combinatoria entre plantas de polinización abierta, 2) una muestra seleccionada en base a pruebas de aptitud combinatoria de plantas  $S_0$  (variedad) o plantas  $S_1$  (generaciones avanzadas de un híbrido) ofrecen una promesa de una larga proporción de líneas superiores en rendimiento que una endocría basada solo en una selección visual.

Brim (1966) señala que cuando la variación genética de un carácter es aditiva, las medias a través de las generaciones no cambian con la endogamia. Además, con la endogamia, la variación entre la progenie se incrementará mientras que la varianza dentro de las progenies disminuye. Brim, mostró esto en el cultivo de soya cuando seleccionó el 5% de lo más sobresaliente de las progenies autofecundadas, disminuyendo el rango de varianza aditiva entre ellas. Realizó una modificación del método de pedigrí, usaron el método de

SSD (Descendiente de una solo semilla) en soya, sembrando  $F_2$  una semilla por cada vaina y avanzando generaciones de autofecundación hasta  $F_4$  antes de evaluar la progenie.

Según Bauman (1981) de acuerdo a una encuesta realizada en Estados Unidos, el 51% los mejoradores hace pruebas tempranas de evaluación en las primeras tres generaciones de autofecundación ( $S_1$  a  $S_3$ ); sin embargo de acuerdo a estudios realizado por Bernardo (1992), la selección de líneas parcialmente homocigotas basadas en cruzas de prueba tempranas, envuelve un riesgo de perder líneas que pudieran tener un buen comportamiento en cruzas de prueba cuando estas fueran totalmente homocigóticas. Este autor propone un modelo para calcular las probabilidades de retener las líneas genéticamente superiores durante las evaluaciones tempranas, así mismo examina la intensidad de selección apropiada para diferentes generaciones de prueba y niveles de heredabilidad. Describe que los resultados de su experimento soportan las conclusiones de Jenkins en 1931 y Sprague en 1945 que la aptitud combinatoria de las líneas es determinada durante las primeras generaciones de autofecundación. Menciona que si la heredabilidad de la característica a evaluar es baja y se podría incrementar la probabilidad de retener líneas con buen comportamiento en homocigosis, si se realizan dos o tres avances generacionales autofecundando la línea antes de realizar las cruzas de prueba.

### **2.3.1 Simbología**

Fehr (1987) en su libro titulado "Principios de Desarrollos de Cultivares" pone en claro las simbologías usadas en el mejoramiento de plantas, de las cuales estaremos usando algunas en este trabajo:

- $F_1$ : Se refiere a híbridos producidos provenientes de una cruce de progenitores homocigotos. La generación  $F_1$  no deberá considerarse equivalente a una generación  $S_0$ .
- $F_2 = S_0$ : La primera generación segregante producida de una cruce de dos o más progenitores será considerada como generación  $F_2$  o  $S_0$ . Para los padres homocigotos, las poblaciones  $F_2$  o  $S_0$  se obtendrá por la autofecundación de plantas  $F_1$ . La descendencia obtenida de la cruce directamente de los padres heterocigotos será designada como  $F_2$  o  $S_0$  porque es la primera generación después de la segregación de la cruce.
- $F_3 = S_1$  y generaciones avanzadas: Las generaciones  $F_3$  o  $S_1$  representan la descendencia generada de una autofecundación de las plantas  $F_2$  o  $S_0$ . Generaciones subsecuentes también pueden ser derivadas por autofecundación y la relación de F y S será:  $F_2 = S_0$ ,  $F_3 = S_1$ ,  $F_4 = S_2$ ,  $F_5 = S_3$ .

## 2.4 Probadores y cruces de prueba

Lonquist y Lindsey (1964) comentan que la evaluación del comportamiento de cruces de prueba es el primer criterio de selección en un programa de mejoramiento de maíz. Los primeros trabajos en el desarrollo de los híbridos se basaron en la selección visual de las líneas, posteriormente se ensamblaron y evaluaron los híbridos y se hicieron selecciones entre cruzamiento simple y cruces dobles utilizando combinaciones de métodos de prueba y un manejo en el error experimental. Observaron que el uso de las cruces con un probador común reduce el rango de expresión entre las progenies en evaluación debido a que la contribución de cada progenitor se reduce a la mitad. Sin embargo este procedimiento está siendo usado por dos razones:

1.-Las líneas o progenitores están siendo seleccionados en base a su contribución en cruzas debido a que su última utilización será mayormente basada en su aptitud combinatoria.

2.- Ensayos de líneas puras que por lo general carecen de vigor, esto representa un riesgo considerable en muchas condiciones, debido a la susceptibilidad al estrés ambiental.

La evaluación de cruzas de prueba permite seleccionar los individuos genéticamente superiores, que muy difícilmente se puede realizar con una selección visual o evaluación *per se* de las líneas  $S_1$ .

Jenkins y Brunson (1931) observaron que al cruzar líneas con un probador común, fue efectivo para eliminar las líneas que no tenían un buen comportamiento cuando sus híbridos eran evaluados; así podría descartarse hasta un 50% de líneas, sin el riesgo de perder individuos superiores, y con el otro 50% ser más cautelosos en la evaluación con otras combinaciones.

Davis (1934) fue uno de los primeros mejoradores en explorar el uso potencial de líneas  $S_2$  en la producción de semilla de híbridos de maíz. El observó que híbridos de líneas  $S_2$ , tenían rendimiento superior a las variedades cultivadas y la endocria de las líneas en la generación  $S_4$  no presentaba una ventaja en rendimiento comparadas con las líneas  $S_2$  cuando eran combinadas con una línea usada como probador.

Hull (1945) examinó teóricamente el valor relativo de los probadores, concluyendo que el probador más eficiente es aquel que tiene todos los alelos homocigotos recesivos y que el probador con alelos homocigotos dominante debería no utilizarse para discriminación de las líneas.

Rawlings y Thompson (1962) en su experimento, probaron seis líneas endogámicas agrupadas de acuerdo a su aptitud combinatoria general (bajo, intermedio y alto) sus resultados apoyan la teoría del uso de probadores de bajo rendimiento, lo que presumiblemente tienen una baja frecuencia de alelos favorables, en los loci importantes, estos son los probadores más eficaces.

En la mayoría de los programas de mejoramiento de maíz, existen varias opciones de líneas puras elite para utilizar como probador sin embargo es necesario conocer cual de estos muestran mayor estabilidad para discriminar nuevas líneas a través de la diversidad genética que exista en los programas.

Un probador deseable se puede definir como aquel que combina la mayor simplicidad en uso, con la máxima información sobre el comportamiento que se espera de las líneas en prueba cuando también estas son usadas en otras combinaciones o evaluadas en otros ambientes, aunque es muy difícil que un solo probador pueda tener todas estas características (Matzinger 1953; Rawlings y Thompson 1962).

Jenkins (1935) y Sprague (1939) sugirieron el método de evaluación de cruza de prueba en etapas tempranas en líneas  $S_0$ , para evaluar la aptitud combinatoria general; con el objetivo de descartar líneas con comportamiento inferior y evitar invertir recursos de líneas que no servirían en un futuro. Otros autores ponen énfasis en cual es el mejor probador para detectar líneas superiores, haciendo comparaciones de probadores de una amplia base genética, híbridos, líneas elite y líneas con baja frecuencia de alelos favorables.

Hallauer y Lopez-Perez (1979) en un estudio realizado con el objetivo de identificar que probadores eran más eficientes para discriminar líneas en etapas tempranas de endogamia utilizando 5 diferentes probadores, concluyen que el uso de un probador con bajo comportamiento es teóricamente válida sin embargo sería muy difícil de aceptar en muchos de los programas de mejoramiento, señala que un probador de reducida base genética no relacionado con las poblaciones en prueba mostro ser igual de efectivo que un probador con baja frecuencia de alelos favorables con la ventaja de usarlo para producir híbridos, esta es la razón para seleccionar un probador.

Abel y Pollak (1991) evaluaron ocho probadores en accesiones de maíz no adaptadas, debido a la clasificación diferencial a través de probadores concluye que al menos dos probadores deberían usarse para tamizar dichos materiales evaluando características agronómicas relevantes.

Holland y Goodman (1995) evaluaron el comportamiento y aptitud combinatoria de 40 accesiones Latinoamericanas en ambientes templados. Ellos encontraron en las familias cruzadas con 2 probadores locales (Estados Unidos) sus rendimientos fueron altamente correlacionados a través de probadores ( $r=0.78$ ) concluyendo que un solo probador templado podría ser suficiente para evaluar un número grande de accesiones Latinoamericanas.

De La Cruz *et al* (2008) menciona que la elección de probadores apropiados es un tema complejo en el mejoramiento genético de cultivos debido al tipo de herencia de los caracteres en estudio y a las interacciones entre genotipos y ambientes.

Fan *et al* (2010) menciona que cuando el número de líneas exóticas, híbridos y/u otro tipo de material genético es muy grande, los mejoradores de

maíz normalmente no se permiten hacer cruzas dialélicas o usar varios probadores al mismo tiempo para calcular aptitud combinatoria de todo el material introducido; también, que se debería desarrollar un método de evaluación para reducir el número de probadores o cruzas de prueba; en una investigación realizada en China, donde 25 líneas exóticas fueron cruzadas con cuatro probadores adaptados, con el objetivo de determinar el número óptimo de probadores, además de calcular si cada uno de ellos tenían la misma eficiencia de selección.

Para evaluar la eficiencia de los diferentes probadores, primero definieron el criterio para determinar si una línea era seleccionada o no; el rendimiento de grano de las 100 cruzas fueron comparadas con un híbrido comercial local usado como testigo. Los resultados mostraron que el rendimiento de grano de 10 cruzas no fue significativo con respecto al testigo comercial. Las líneas exóticas usadas para hacer estas cruzas de prueba, se consideraron las mejores.

Después de haber detectado las mejores cruzas de prueba, procedieron a realizar todas las combinaciones posibles entre los probadores, formando así 15 grupos de probadores con todas las combinaciones posibles; utilizando las mejores 10 líneas exóticas; aunque la clasificación de las líneas no fue muy consistente, con cada uno de los grupos de probadores, se hizo un análisis de coeficiente de correlación de rango, de los rangos de rendimiento entre los probadores y esta fue estadísticamente significativa para la mayoría de los coeficientes, después de analizar minuciosamente los resultados se encontró que las mejores tres líneas fueron seleccionadas por todos los probadores, lo que sugieren que un solo probador tiene la misma eficiencia de selección que dos o más probadores, en la selección de las mejores líneas; sugieren que un solo probador en la teoría sería suficiente para tamizar un gran volumen de líneas exóticas, pero dos probadores tendrían mayor oportunidad de identificar las de

mejor comportamiento; esta conclusión coincide con lo que describió Holland y Goodman (1995).

Fan, *et al* (2010) concluyen en su trabajo de evaluación de germoplasma tropical utilizando probadores templados que el propósito de tamizar un gran número de accesiones de germoplasma exótico, es por lo general para seleccionar las principales y mejores líneas potenciales que ayudarán a ampliar la base genética local o directamente hacer híbridos comerciales de maíz. Este estudio mostró que una sola línea como probador efectivamente seleccionaría la mayoría, si no todas, las mejores líneas de una gran cantidad de accesiones exóticas del germoplasma y estas pueden utilizarse para una detección preliminar. Dos líneas como probadores deberían tener una mejor oportunidad de identificar las mejores líneas. Esto no está muy claro si sería benéfico usar dos líneas de diferente grupo heterótico. Cuando la interacción, línea por localidad es significativa, múltiples años o localidades de prueba son necesarias para una correcta evaluación de líneas exóticas de maíz y se necesitarían diferentes probadores para llevar a cabo este propósito.

## **2.5 Aptitud Combinatoria**

Las líneas puras se pueden valorar por caracteres de tipo morfológico, agronómico, fisiológico, patológico, etc. Pero además se valoran por su capacidad de producir híbridos cuando se cruzan unas contra otras.

Sprague y Tatum (1942) mencionan que las pruebas de aptitud combinatoria general y específica, normalmente se realizan cuando las líneas comercialmente aceptables tienen 2 o 3 generaciones de autofecundación y que en esta etapa es deseable conocer la importancia relativa que presentan en aptitud combinatoria. El término aptitud combinatoria general (ACG) es

usado para designar el comportamiento promedio de una línea en combinaciones híbridas, también menciona que Jenkins (1935) presentó datos indicando que la aptitud combinatoria, como medida de cruzas de prueba, es relativamente estable y es ligeramente influenciada por la selección durante el proceso de endocría.

El termino aptitud combinatoria específica es usado para designar aquellos casos en el cual ciertas combinaciones realizadas son relativamente mejor o peor de lo esperado en base al comportamiento promedio de las líneas involucradas.

Rojas y Sprague (1952) relacionan varianzas para ACG y ACE a los posibles tipos de acción génica envueltos; la varianza para ACG incluye la porción genética aditiva mientras que la varianza para ACE generalmente incluye la desviación por dominancia y epístasis. Así mismo señalan que estos estimados tienen mayor valor cuando existe mayor repetitividad en una serie de experimentos en años y localidades diferentes.

Bernardo (1995) concluyó que con los procedimientos BLUP (MPLI en español) se puede predecir la respuesta de cruzas simples de maíz usando datos desbalanceados de ensayos de rendimiento, y también sugirió que los métodos de modelo mixto se pueden aplicar en programas comerciales de mejoramiento de maíz, donde las líneas son cruzadas rutinariamente con diferentes líneas élite probadoras y evaluadas en diferentes ensayos de rendimiento en varias localidades y años.

Montesinos *et al* (2007) mencionan que en el mejoramiento de plantas y animales es común realizar la evaluación de tratamientos en diversas condiciones ambientales, lo que crea la necesidad de proyectar tales

investigaciones en una serie de experimentos similares. Estos diseños de análisis en serie han sido revisados por Yates 1938; Nelder 1963; McIntosh 1983 (autores mencionados por Montesinos), y el análisis de estos experimentos, incluyendo las cruzas dialélicas, en su mayoría de los casos se han efectuado con un modelo lineal de efectos fijos, a pesar de la naturaleza aleatoria de la aptitud combinatoria general y la aptitud combinatoria específica; es por eso que en su análisis incluye un modelo de efectos mixto para calcular el mejor predictor lineal e insesgado empírico para aptitud combinatoria general y específica, concluyendo que aún cuando no se conocen los componentes de varianza involucrados, los valores calculados son mejores que cuando se obtienen con el modelo de efectos fijos.

## **2.6 Mejor predictor lineal insesgado o BLUP (Best Linear Unbiased Predictor)**

Bos y Caligari (1995) menciona que el mejor predictor lineal insesgado (MPLI) es un método de estimación de los efectos genéticos, el cual en un sentido trata de anticipar la disminución de los efectos con respecto a la media observada en la progenie. El MPLI es calculado mediante un análisis usando un modelo mixto, tomando los efectos de los genotipos como aleatorios. La suposición de aleatorización, puede estar justificada por el hecho de que en los programas de mejoramiento genético los genotipos son por lo general la progenie de una población segregante. Los genotipos realmente observados pueden ser vistos como una muestra aleatoria de una población hipotética que comprenda todos los genotipos potenciales que puedan encontrarse de acuerdo a las leyes de herencia mendelianas. Basados en esta premisa, es razonable considerar los genotipos como aleatorios. Esta suposición es la base de una

gran parte de la teoría de genética cuantitativa, incluyendo la teoría de selección.

López et al, (2007) indica que los modelos de efectos mixtos fueron ampliamente estudiados por Fisher hacia 1918, quien los denominó modelos de componentes de varianza. Estos modelos fueron de gran utilidad en los estudios de genética cuantitativa y mejoramiento animal; sin embargo, su aplicación en diferentes campos de la investigación científica se ha venido generalizando en las últimas décadas, en las cuales se han implementado nuevos desarrollos metodológicos que han contribuido a su estudio y aplicación.

En los estudios de modelos mixtos es fundamental que se tenga en cuenta los siguientes aspectos:

1. Estimación de efectos fijos.
2. Estimación de efectos aleatorios.
3. Estimación de los predictores lineales.

Este último aspecto no ha sido ampliamente difundido a pesar de que tiene diversas aplicaciones, principalmente en mejoramiento animal y programas de inseminación artificial, cuando se desean evaluar los méritos genéticos de los reproductores.

Mastache (1998) Aplicó la metodología del MPLI en los diseños de tratamientos de cruzas dialélicas parciales y completos, tanto como en los ensayos de cruzas recíprocas y directas, establecidos en bloques completos al azar, derivando así, los MPLI empíricos de los efectos de ACG y de efectos mixtos, utilizando la metodología desarrollada para la estimación de efectos aleatorios en el modelo de efectos mixtos. Encontró que los predictores obtenidos, tienen las propiedades de ser insesgado y de menor varianza que aquellos obtenidos mediante un modelo de efectos fijos.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Material genético.

En el presente estudio se derivaron líneas  $S_1$  por el método de pedigrí y Doble Haploides, 1,867 y 765 líneas, respectivamente de un total de 98 poblaciones clasificadas como patrón heterótico hembra, con una madurez relativa de 130 días. En abril del 2008 se sembraron en un lote aislado en la localidad de Cortázar, Guanajuato; para realizar la cruza con un probador (T1), línea elite no relacionado de reducida base genética del programa de mejoramiento de maíz de Monsanto México; a floración se desespigaron las nuevas líneas hembras, asegurando que la cruza obtenida fueran con polen del probador, formando así 2,632 híbridos. Estos híbridos fueron evaluados en el estado de Sinaloa en nueve localidades, y se seleccionaron 200 por comportamiento en rendimiento y características agronómicas (presión de selección del 7%). Los resultados de este primer año de evaluación, no se mostrarán en este documento, solo se describirá el procedimiento seguido en la etapa de esta investigación y nos enfocaremos a los resultados que se llevaron a cabo en el segundo año de prueba de las líneas.

Una vez seleccionados estos híbridos, se procedió a identificar las líneas que formaban dichos híbridos. Las 200 líneas  $S_1$  y algunas líneas generadas por el método de doble haploides (DH) que formaban los híbridos, se sembraron en junio del año 2009 en la localidad de San Miguel Cuyutlán, Municipio de Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco para realizar cruzas con seis probadores de reducida base genética, incluyendo el probador (T1) de un año anterior. El probador T1 ha sido utilizado en los últimos cuatro años para cruzas de prueba de primer año, T2 y T3 en los últimos dos años, T4 y T5 en el último año y el T6 es línea pura utilizada en este experimento como probador por primera vez; todos los probadores tienen una similaridad o un grado de

parentesco relativamente alto como se indica en el Cuadro 2. Los probadores con menor coeficiente de similaridad son T1 y T2, mientras que T5 y T6 presentan el mayor grado de parentesco con 0.8884. Esta similaridad fue determinada en base al uso de marcadores moleculares (SNP, por sus siglas en ingles); los polimorfismos de un solo nucleótido, son variaciones comunes de una sola base que ocurren en el ADN de cualquier ser vivo; estas variaciones se pueden emplear para rastrear patrones de herencia familiar. La mayoría de las variaciones entre individuos son de este tipo.

Cuadro 2. Coeficiente de similaridad estimada entre probadores.

|    | T1 | T2            | T3     | T4     | T5     | T6            |
|----|----|---------------|--------|--------|--------|---------------|
| T1 | -  | <b>0.7495</b> | 0.7676 | 0.7740 | 0.8021 | 0.7982        |
| T2 |    | -             | 0.7781 | 0.7701 | 0.8139 | 0.8245        |
| T3 |    |               | -      | 0.8534 | 0.8359 | 0.8294        |
| T4 |    |               |        | -      | 0.7830 | 0.7755        |
| T5 |    |               |        |        | -      | <b>0.8884</b> |
| T6 |    |               |        |        |        | -             |

Para tener un ensayo balanceado, se descartaron las líneas que no tuvieron suficiente semilla de la cruce de los seis probadores, quedando solo las cruces de 120 líneas S<sub>1</sub> y 22 líneas DH que se muestran en el Cuadro 3; obteniendo un total de 852 híbridos que se evaluaron en el segundo año.

Como testigos, se incluyeron tres híbridos comerciales; Puma y Bisonte de la marca Asgrow<sup>®</sup> y DK2020 de la marca Dekalb<sup>®</sup>.

Cuadro 3. Materiales utilizados en el segundo ciclo de evaluación, que fueron cruzados con 6 probadores incluyendo el probador utilizado un año anterior.

| Material # | Población | Línea    | Generación | Material # | Población | Línea    | Generación |
|------------|-----------|----------|------------|------------|-----------|----------|------------|
| 1          | A1        | LINEA_1  | S1         | 46         | N1        | LINEA_50 | S1         |
| 2          | A1        | LINEA_2  | S1         | 47         | O1        | LINEA_51 | S1         |
| 3          | A1        | LINEA_3  | S1         | 48         | O1        | LINEA_52 | S1         |
| 4          | A1        | LINEA_4  | S1         | 49         | O1        | LINEA_53 | S1         |
| 5          | B1        | LINEA_5  | DH         | 50         | O1        | LINEA_54 | S1         |
| 6          | C1        | LINEA_6  | S1         | 51         | O1        | LINEA_55 | S1         |
| 7          | D1        | LINEA_7  | S1         | 52         | O1        | LINEA_56 | S1         |
| 8          | D1        | LINEA_8  | S1         | 53         | P1        | LINEA_57 | S1         |
| 9          | D1        | LINEA_9  | S1         | 54         | P1        | LINEA_58 | S1         |
| 10         | E1        | LINEA_10 | DH         | 55         | P1        | LINEA_59 | S1         |
| 11         | E1        | LINEA_11 | DH         | 56         | Q1        | LINEA_60 | S1         |
| 12         | E1        | LINEA_12 | DH         | 57         | Q1        | LINEA_61 | S1         |
| 13         | E1        | LINEA_13 | DH         | 58         | Q1        | LINEA_62 | S1         |
| 14         | E1        | LINEA_15 | DH         | 59         | Q1        | LINEA_63 | S1         |
| 15         | F1        | LINEA_16 | S1         | 60         | Q1        | LINEA_64 | S1         |
| 16         | F1        | LINEA_17 | S1         | 61         | R1        | LINEA_65 | S1         |
| 17         | F1        | LINEA_18 | S1         | 62         | R1        | LINEA_66 | S1         |
| 18         | G1        | LINEA_19 | S1         | 63         | R1        | LINEA_67 | S1         |
| 19         | G1        | LINEA_20 | S1         | 64         | R1        | LINEA_68 | S1         |
| 20         | G1        | LINEA_21 | S1         | 65         | R1        | LINEA_69 | S1         |
| 21         | G1        | LINEA_22 | S1         | 66         | R1        | LINEA_70 | S1         |
| 22         | G1        | LINEA_23 | S1         | 67         | R1        | LINEA_71 | S1         |
| 23         | G1        | LINEA_24 | S1         | 68         | R1        | LINEA_72 | S1         |
| 24         | H1        | LINEA_25 | DH         | 69         | S1        | LINEA_73 | S1         |
| 25         | I1        | LINEA_26 | DH         | 70         | S1        | LINEA_74 | S1         |
| 26         | J1        | LINEA_28 | DH         | 71         | S1        | LINEA_75 | S1         |
| 27         | J1        | LINEA_29 | DH         | 72         | S1        | LINEA_76 | S1         |
| 28         | J1        | LINEA_31 | DH         | 73         | S1        | LINEA_77 | S1         |
| 29         | J1        | LINEA_33 | DH         | 74         | S1        | LINEA_78 | S1         |
| 30         | J1        | LINEA_34 | DH         | 75         | S1        | LINEA_79 | S1         |
| 31         | K1        | LINEA_35 | S1         | 76         | S1        | LINEA_80 | S1         |
| 32         | K1        | LINEA_36 | S1         | 77         | S1        | LINEA_81 | S1         |
| 33         | L1        | LINEA_37 | S1         | 78         | S1        | LINEA_82 | S1         |
| 34         | M1        | LINEA_38 | S1         | 79         | S1        | LINEA_83 | S1         |
| 35         | M1        | LINEA_39 | S1         | 80         | T1        | LINEA_84 | S1         |
| 36         | M1        | LINEA_40 | S1         | 81         | U1        | LINEA_85 | S1         |
| 37         | M1        | LINEA_41 | S1         | 82         | V1        | LINEA_87 | DH         |
| 38         | N1        | LINEA_42 | S1         | 83         | V1        | LINEA_88 | DH         |
| 39         | N1        | LINEA_43 | S1         | 84         | W1        | LINEA_89 | S1         |
| 40         | N1        | LINEA_44 | S1         | 85         | X1        | LINEA_90 | S1         |
| 41         | N1        | LINEA_45 | S1         | 86         | X1        | LINEA_91 | S1         |
| 42         | N1        | LINEA_46 | S1         | 87         | X1        | LINEA_92 | S1         |
| 43         | N1        | LINEA_47 | S1         | 88         | X1        | LINEA_93 | S1         |
| 44         | N1        | LINEA_48 | S1         | 89         | X1        | LINEA_94 | S1         |
| 45         | N1        | LINEA_49 | S1         | 90         | Y1        | LINEA_95 | S1         |

Cuadro 3. Continuación...

| Material # | Población | Línea     | Generación | Material # | Población | Línea     | Generación |
|------------|-----------|-----------|------------|------------|-----------|-----------|------------|
| 91         | Y1        | LINEA_96  | S1         | 117        | H2        | LINEA_122 | S1         |
| 92         | Z1        | LINEA_97  | S1         | 118        | H2        | LINEA_123 | S1         |
| 93         | A2        | LINEA_98  | S1         | 119        | H2        | LINEA_124 | S1         |
| 94         | B2        | LINEA_99  | S1         | 120        | I2        | LINEA_125 | DH         |
| 95         | B2        | LINEA_100 | S1         | 121        | I2        | LINEA_126 | DH         |
| 96         | B2        | LINEA_101 | S1         | 122        | I2        | LINEA_127 | DH         |
| 97         | B2        | LINEA_102 | S1         | 123        | J2        | LINEA_128 | S1         |
| 98         | B2        | LINEA_103 | S1         | 124        | J2        | LINEA_129 | S1         |
| 99         | C2        | LINEA_104 | S1         | 125        | K2        | LINEA_130 | DH         |
| 100        | C2        | LINEA_105 | S1         | 126        | K2        | LINEA_131 | DH         |
| 101        | D2        | LINEA_106 | S1         | 127        | K2        | LINEA_132 | DH         |
| 102        | D2        | LINEA_107 | S1         | 128        | L2        | LINEA_134 | DH         |
| 103        | D2        | LINEA_108 | S1         | 129        | M2        | LINEA_135 | S1         |
| 104        | D2        | LINEA_109 | S1         | 130        | M2        | LINEA_136 | S1         |
| 105        | D2        | LINEA_110 | S1         | 131        | M2        | LINEA_137 | S1         |
| 106        | D2        | LINEA_111 | S1         | 132        | M2        | LINEA_138 | S1         |
| 107        | D2        | LINEA_112 | S1         | 133        | M2        | LINEA_139 | S1         |
| 108        | E2        | LINEA_113 | S1         | 134        | M2        | LINEA_140 | S1         |
| 109        | E2        | LINEA_114 | S1         | 135        | N2        | LINEA_141 | S1         |
| 110        | F2        | LINEA_115 | S1         | 136        | O2        | LINEA_142 | S1         |
| 111        | F2        | LINEA_116 | S1         | 137        | P2        | LINEA_143 | S1         |
| 112        | G2        | LINEA_117 | S1         | 138        | P2        | LINEA_144 | S1         |
| 113        | H2        | LINEA_118 | S1         | 139        | P2        | LINEA_145 | S1         |
| 114        | H2        | LINEA_119 | S1         | 140        | P2        | LINEA_146 | S1         |
| 115        | H2        | LINEA_120 | S1         | 141        | P2        | LINEA_147 | S1         |
| 116        | H2        | LINEA_121 | S1         | 142        | P2        | LINEA_148 | S1         |

Donde:

S1= Generación en que se encuentra dicha línea correspondiente a la generación filial F<sub>3</sub>.

DH= Línea generada por la metodología de doble haploides.

Para simplificar el proceso seguido en la generación de líneas y el origen de las cruzas de prueba, se muestra en la Figura 1 un esquema general de cada una de las etapas llevadas a cabo en esta investigación, hasta la evaluación de las cruzas.

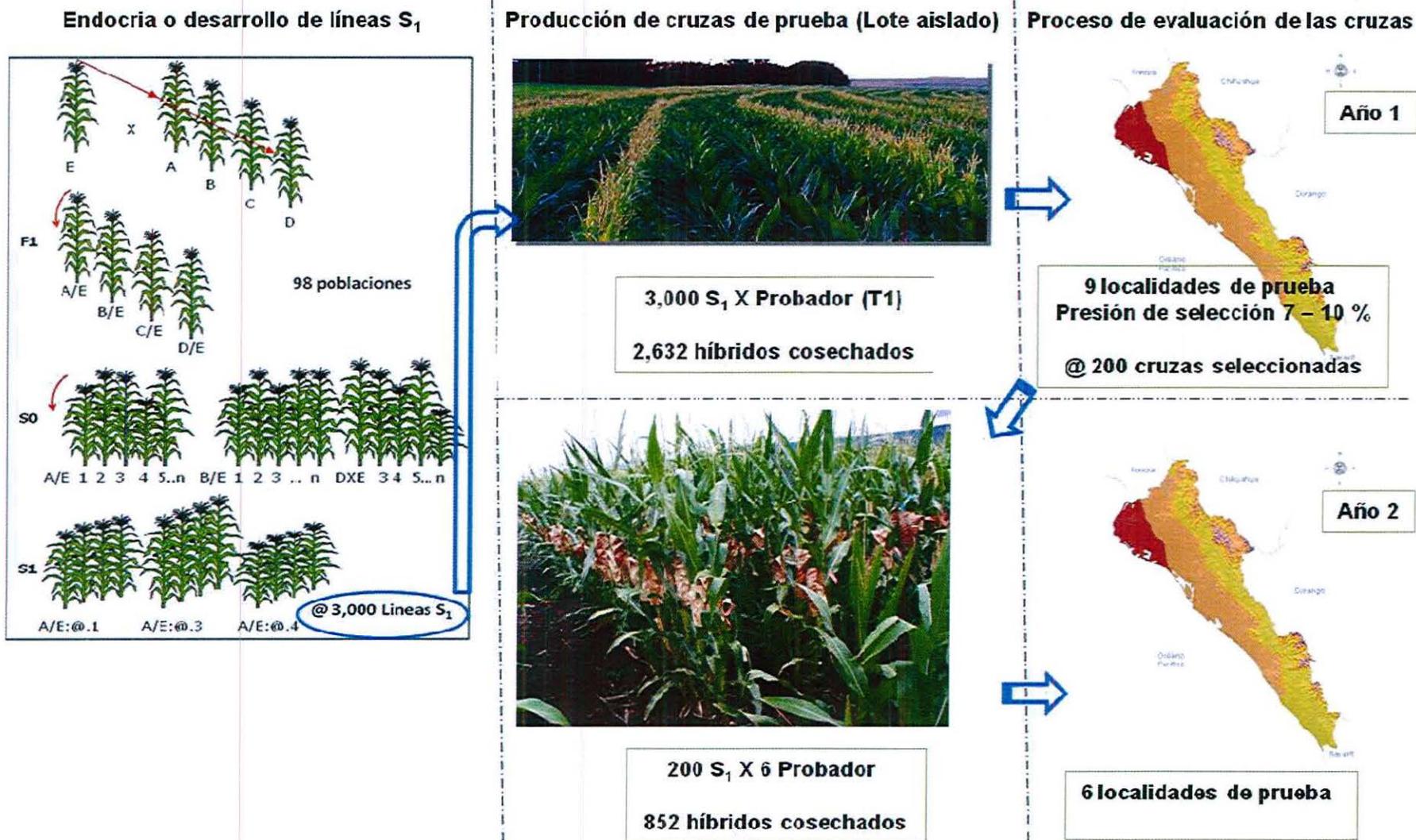


Figura 1. Proceso general del desarrollo de líneas, producción de cruzas de prueba y proceso de evaluación, llevado a cabo en esta investigación

### 3.2 Sitios de estudio

En este estudio cubriremos la segunda etapa de evaluación, llevada a cabo en el ciclo de invierno 2009-2010, en el estado de Sinaloa, situado en la parte Noroeste del territorio mexicano. La temperatura media anual del estado es de 25°C, la temperatura mínima promedio es de 10°C en el mes de enero y la máxima promedio alcanza 36°C durante los meses de mayo y julio; en las fechas donde se estableció el cultivo de maíz las lluvias son escasas en el periodo del cultivo y todas las localidades fueron sembradas durante el periodo del 14 de Noviembre al 9 de Diciembre, (Cuadro 4); debido a que no se registran precipitaciones en la época de Otoño-Invierno, fueron conducidas bajo la modalidad de riego.

Se realizaron evaluaciones en seis localidades, en modalidad de riego, sin embargo, una localidad se dio de baja, debido a problemas de acame por la presencia de fuertes vientos cercano a la cosecha.

Cuadro 4. Localidades y fechas de siembra utilizadas en el Ciclo otoño-invierno 2009-2010 en el Estado de Sinaloa.

| <b>Localidad</b>     | <b>Región</b> | <b>Latitud</b> | <b>Longitud</b> | <b>F. Siembra</b> | <b>F. Cosecha</b> |
|----------------------|---------------|----------------|-----------------|-------------------|-------------------|
| Guayparime - SIGA    | Norte         | 25.420         | -108.470        | 28-Nov-09         | 12-Jun-10         |
| Mochicahui - SIMC    | Norte         | 25.870         | -108.850        | 9-Dic-09          | 19-Jun-10         |
| Casas Grandes - SICG | Norte         | 25.390         | -108.340        | 26-Dic-09         | 30-Jun-10         |
| Costa Rica – SICR    | C. Sur        | 24.350         | -107.240        | 5-Dic-09          | 24-May-10         |
| Caimanero - SICM     | C. Sur        | 24.910         | -107.750        | 14-Nov-09         | 20-May-10         |

### 3.3 Variables medidas

Las características que se evaluaron fueron:

- Rendimiento de grano, en kilogramos por parcela (SHW): convertido a

toneladas por hectárea ajustado al 14 % de humedad (MST) con siguiente formula:

$$\text{Rendimiento Toneladas/ha} = \left[ \frac{(100 - MST)}{84.5} \times \frac{(SHW)}{1000} \times \frac{(10,000)}{(4.5 * 1.5)} \right]$$

Esta variable se tomó en campo, usando una trilladora mecánica, con báscula integrada y registrando los pesos en una memoria, para evitar la manipulación de datos y errores por manejo de los mismos.

- Porcentaje de humedad de grano a cosecha (MST); derivado de la

formula:  $MST = \left[ 100 - \frac{(GDS)}{(GWS * 100)} \right];$

Donde:

GDS= Peso seco de la muestra.

GWS= Peso húmedo de la muestra.

- Porcentaje total de plantas acamadas (TDPP); utilizando la fórmula:

$$TDPP = \left[ \frac{(STLC + RTALC)}{(FNCS)} \right] * 100$$

Donde:

STLC= número de plantas con acame de tallo,

RTLC= número de plantas con acame de raíz.

FNCS= Total de plantas contadas a cosecha.

Considerando estas variables observadas y registradas en el campo, se procedió a calcular un índice de selección en el cual van integradas a dicho índice; esta variable permite realizar una selección considerando características agronómicas aceptables.

- Índice de selección (SELIN); originado por el criterio de selección del mejorador, se calculó con la siguiente fórmula dándole un peso específico a cada característica por orden de importancia del mejorador:

$$100 + (1.0 * (YLD - YLD.testmean)) - (2.0 * (MST - MST.testmean)) - (0.75 * (TDPP - TDPP.testmean))$$

Donde:

YLD.testmean = media de rendimiento del ensayo.

MST.testmean = media de humedad de grano del ensayo.

TDPP= Media de total de plantas acamadas del ensayo.

### 3.4 Manejo agronómico

En el experimento, se llevó a cabo un manejo agronómico uniforme con diferentes dosis de fertilización de acuerdo a las necesidades de la zona (Cuadro 5). El control de insectos fue preventivo, realizándose aplicaciones periódicas evitando que el cultivo se afectara y pudiera crear variación por daño de plagas; en promedio se dieron 5 riegos desde la siembra hasta la cosecha.

Cuadro 5. Principales aplicaciones durante la etapa de desarrollo del cultivo en el ciclo otoño-invierno 2009-2010.

| Localidad            | Región | Fertilización <sup>1</sup> | Insecticida <sup>2</sup> | Riegos |
|----------------------|--------|----------------------------|--------------------------|--------|
| Guayparime - SIGA    | Norte  | 493-34-34                  | 3                        | 5      |
| Mochicahui - SIMC    | Norte  | 408-00-00                  | 3                        | 6      |
| Casas Grandes - SICG | Norte  | 348-40-00                  | 2                        | 4      |
| Costa Rica – SICR    | C. Sur | 369-00-00                  | 3                        | 4      |
| Caimanero - SICM     | C. Sur | 548-00-00                  | 3                        | 5      |

<sup>1</sup>Fuentes en unidades: Amoniaco, 17-17-17, Urea, 33-15-10

<sup>2</sup> Número de aplicaciones: Ambush, Pounce y Talstar.

### **3.5 Diseño experimental**

En este trabajo se utilizó el diseño experimental completamente al azar, y fueron evaluadas 852 cruzas, distribuidas en 25 grupos de 40 entradas, usando 3 testigos comerciales; las entradas o materiales se distribuyeron al azar en arreglo de 10 x 4 considerando dos surcos por parcela o entrada, el ancho de surco fue de 0.8 metros, y 5.5 metros de largo, quedando una área de parcela útil de 7.2 metros cuadrados debido al trazo de calles en los extremos de la parcela. La siembra se realizó mecánicamente, utilizando una sembradora de precisión de cuatro surcos, modelo Seed-Pro de Almaco; asegurando una densidad de población de 110,000 plantas por hectárea o 8.8 plantas por metro lineal. Estos grupos de cruzas de prueba fueron conducidos en 5 localidades a través del estado de Sinaloa, (Cuadros 4 y 5).

La cosecha se realizó cuando el maíz alcanzó un promedio de 16.42 % de humedad para poder diferenciar el ciclo de los híbridos, utilizando una cosechadora mecánica modelo TRR 98 fabricada por New Holland y adaptada para investigación por ALMACO, registrando el peso y humedad de cada parcela en un dispositivo electrónico y posteriormente grabado en una computadora para su análisis.

### **3.6 Análisis estadístico**

Las cuatro variables, rendimiento de grano, porcentaje de humedad, porcentaje de acame e índice de selección fueron sometidas a un análisis de varianza, usando el procedimiento GLM del Sistema de Análisis Estadístico

SAS (SAS Institute, 2003); un modelo factorial fue utilizado para observar las interacciones de probadores por líneas, quedando de la siguiente manera:

$$Y_{ijk} = \mu + L_i + P_j + (LP)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

$\mu$ = Media General

$L_i$  = Efecto de la i-ésima línea

$P_j$ = Efecto del j-ésimo probador.

(LXP)= Efecto de interacción de la i-ésima línea y el j-ésimo probador y

$\varepsilon_{ijk}$ = Error experimental.

Debido a que en esta evaluación se utilizaron seis probadores, fue necesario identificar si existieron diferencias cuando se utilizaron diferente número de probadores y diferentes combinaciones de probadores, con el objeto de realizar un tamiz en líneas  $S_1$  o de evaluación en etapas tempranas; se realizó un análisis de correlaciones de Spearman, con los 6 probadores y sus combinaciones posibles, utilizando la media de rendimiento e índice de selección de cada uno de los grupos formando así 63 diferente combinaciones de probadores para cada una de las características anteriormente mencionadas; considerando todas las correlaciones posibles para cada uno de los probadores y en grupo, como se muestra en el Cuadro 6. De acuerdo al método de Spearman utilizando el procedimiento Proc Corr del sistema de análisis estadístico SAS (SAS Institute, 2003).

La fórmula del coeficiente de correlación de Spearman utilizada es la siguiente:

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum D^2}{N(N^2 - 1)}$$

Donde:

D= es la diferencia entre los correspondientes estadísticos de orden de x - y.

N = es el número de parejas.

Cuadro 6. Número de correlaciones posibles agrupando probadores.

| Combinaciones posible para los 6 probadores evaluados |      |        |          |            |              |
|---|------|--------|----------|------------|--------------|
| T1  | T1T2 | T1T2T3 | T1T2T3T4 | T1T2T3T4T5 | T1T2T3T4T5T6 |
| T2  | T1T3 | T1T2T4 | T1T2T3T5 | T1T2T3T4T6 |              |
| T3  | T1T4 | T1T2T5 | T1T2T3T6 | T1T2T3T5T6 |              |
| T4  | T1T5 | T1T2T6 | T1T2T4T5 | T1T2T4T5T6 |              |
| T5  | T1T6 | T1T3T4 | T1T2T4T6 | T1T3T4T5T6 |              |
| T6  | T2T3 | T1T3T5 | T1T2T5T6 | T2T3T4T5T6 |              |
|   | T2T4 | T1T3T6 | T1T3T4T5 |            |              |
|   | T2T5 | T1T4T5 | T1T3T4T6 |            |              |
|   | T2T6 | T1T4T6 | T1T3T5T6 |            |              |
|   | T3T4 | T1T5T6 | T1T4T5T6 |            |              |
|   | T3T5 | T2T3T4 | T2T3T4T5 |            |              |
|   | T3T6 | T2T3T5 | T2T3T4T6 |            |              |
|   | T4T5 | T2T3T6 | T2T3T5T6 |            |              |
|   | T4T6 | T2T4T5 | T2T4T5T6 |            |              |
|   | T5T6 | T2T4T6 | T3T4T5T6 |            |              |
|   |      | T2T5T6 |          |            |              |
|   |      | T3T4T5 |          |            |              |
|   |      | T3T4T6 |          |            |              |
|   |      | T3T5T6 |          |            |              |
|   |      | T4T5T6 |          |            |              |
| 6   | 15   | 20     | 15       | 6          | 1            |

La formula utilizada para calcular el número de combinaciones posibles fue:

$${}_n C_r = \frac{n!}{(n-r)! r!}$$

Donde:

Combinación de  $r$  objetos tomados de entre  $n$  objetos

Con el propósito de calcular la Aptitud Combinatoria General, utilizamos el método de BLUP, (*Best Linear Unbiased Predictor*, por sus siglas en Inglés) que es un modelo lineal de efectos fijos y aleatorios, se derivan los mejores predictores lineales e insesgado combinados de los efectos de aptitud combinatoria general, con base en la metodología de estimación de efectos aleatorios en un modelo de efectos mixtos, dicha metodología es muy utilizada en mejoramiento genético de animales y actualmente se está incorporando a programas de mejoramiento de maíz para dicho cálculo.

En este estudio se utilizó el Sistema de Análisis Estadístico SAS (SAS Institute, 2003).

En términos matriciales, el modelo lineal de efectos mixtos se representa como:

$$y = X\beta + Z\mu + \varepsilon$$

Donde:

$y$  = Es el vector de observaciones fenotípicas (Rendimiento, Índice de Selección, Humedad de grano y Total de plantas acamadas)

$X$  = Simboliza la matriz de incidencia de los efectos fijos.

$\beta$  = Es el vector de los efectos fijos debido a los sitios.

$Z$  = Simboliza la matriz de incidencia de los efectos aleatorios.

$\mu$  = Es el vector de los efectos aleatorios, Línea, Probador, Línea X Probador.

$\varepsilon$  = Es el vector aleatorio de residuos.

Con el fin de hacer más fácil las selecciones con el método de BLUP, (de aquí en adelante lo llamaremos como el Mejor Predictor Lineal Insesgado) los efectos se convirtieron en porcentaje utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{MPLI \%} = \left[ \frac{(\text{Intercepto} + \text{MPLI})}{(\text{Intercepto})} \right] * 100$$

Donde: Intercepto = Muy parecido a la media general de todos los datos.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

##### 4.1 Análisis de varianza.

Los resultados del análisis de varianza se presentan en el Cuadro 7; en dicho análisis se detectaron diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ) entre líneas, entre probadores, cruzas y no se detectaron diferencias para la fuente de variación línea por probador. Los resultados indican que el rendimiento, índice de selección, porcentaje de humedad del grano y total de plantas acamadas de las cruzas de prueba fueron diferentes; así mismo los probadores mostraron diferencias en cada una de las líneas en que se cruzó. La interacción debido a que no mostro significancia, indica que usando cualquiera de los probadores evaluados discrimina igual para cada una de las características, excepto para la variable índice de selección que muestra significancia al  $P < 0.01$ .

Cuadro 7. Análisis de varianza para las diferentes características evaluadas en el ciclo otoño-invierno del año 2009-2010.

| Fuentes de Variación | G.L.  | Cuadrados Medios      |                        |              |                     |
|----------------------|-------|-----------------------|------------------------|--------------|---------------------|
|                      |       | Rendimiento<br>Ton/ha | Índice de<br>Selección | Humedad<br>% | Total de<br>plantas |
| Cruzas               | 851   | 3.597                 | 421.530 **             | 6.654 **     | 65.610 **           |
| Linea                | 141   | 6.262 **              | 773.409 **             | 13.174 **    | 118.224 **          |
| Probador             | 5     | 87.834 **             | 5,325.122 **           | 549.211 **   | 1,562.346 **        |
| Linea X Probador     | 705   | 2.467                 | 316.387 **             | 1.502        | 44.472              |
| Error                | 3,408 | 4.292                 | 248.794                | 1.878        | 43.909              |

\*\* Significativo ( $P < 0.01$ )

En el análisis de varianza para la fuente de variación líneas, a través de localidades por probador que se muestra en el Cuadro 8, se observa que no hay significancia para la variable rendimiento en cada uno de los probadores,

esto nos confirma que cualquier línea incluida en los probadores puede usarse como tal, si la variable rendimiento es el principal parámetro, para la selección o descarte de las líneas S<sub>1</sub> usadas como hembras. El probador T1, no muestra significancia en ninguna de las características, lo cual indica, que no discrimina a las líneas en dicha prueba, por lo tanto no muestra ser un candidato para usarlo como probador, no así T2, T3, T4, T5 y T6 que mostraron significancia (P < 0.01) para las características índice de selección y porcentaje de humedad, solamente T3 y T5 muestran diferencias altamente significativas para la variable total de plantas acamadas, siendo estos los límites superior e inferior de acame respectivamente. Así mismo se muestra en el Cuadro 9, el coeficiente de variación para este análisis; donde este oscila entre 7.557 a 16.707 para las variables rendimiento, índice de selección y porcentaje de humedad; la variable total de plantas acamas presenta coeficientes de variación entre 137.705 y 203.431.

Cuadro 8. Análisis de varianza para líneas a través de localidades por probador.

| Fuente de Variación | Variable                  | G.L | Cuadrados Medios |            |            |            |            |            |
|---------------------|---------------------------|-----|------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                     |                           |     | T1               | T2         | T3         | T4         | T5         | T6         |
| Lineas              | Rendimeinto               | 141 | 2.473            | 3.564      | 3.520      | 3.326      | 2.518      | 3.193      |
|                     | Indice de Selección       | 141 | 297.043          | 437.148 ** | 523.311 ** | 453.254 ** | 290.868 ** | 353.721 ** |
|                     | Humedad                   | 141 | 2.392            | 4.505 **   | 3.572 **   | 3.918 **   | 3.456 **   | 2.840 **   |
|                     | Total de plantas acamadas | 141 | 47.594           | 38.511     | 128.590 ** | 58.371     | 15.990 **  | 51.527     |

\*\* Altamente Significativo. \* Significativo

Cuadro 9. Coeficientes de variación para líneas a través de localidades por probador.

| Fuente de Variación | Variable                  | G.L | Coeficiente de Variación |        |        |        |        |        |
|---------------------|---------------------------|-----|--------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                     |                           |     | T1                       | T2     | T3     | T4     | T5     | T6     |
| Lineas              | Rendimeinto               | 141 | 15.740                   | 14.827 | 16.140 | 14.648 | 15.175 | 14.571 |
|                     | Indice de Selección       | 141 | 16.638                   | 14.297 | 16.707 | 14.698 | 11.696 | 13.939 |
|                     | Humedad                   | 141 | 8.872                    | 7.557  | 8.099  | 9.041  | 8.341  | 8.259  |
|                     | Total de plantas acamadas | 141 | 167.84                   | 203.43 | 152.64 | 137.71 | 163.25 | 161.67 |

En el Cuadro 10, se muestran el rendimiento promedio de cada una de las líneas a través de localidades de evaluación por probador, las líneas fueron clasificadas en base a su rendimiento en forma diferente, con cada uno de los probadores usados en este experimento; las mejores 10 líneas clasificadas de acuerdo a rendimiento a través de localidades y probadores fueron: LINEA\_83, LINEA\_42, LINEA\_47, LINEA\_49, LINEA\_50, LINEA\_107, LINEA\_136, LINEA\_20, LINEA\_72 y LINEA\_56, con una ventaja en rendimiento entre 1.97 y 2.90 toneladas por hectárea o 16% a 23.6% sobre la media de los testigos (12.29 ton/ha).

Cuadro 10. Rendimiento y clasificación de cada una de las líneas por probador (T) a través de 5 localidades de evaluación.

| Líneas   | Probador T1 |          | Probador T2 |          | Probador T3 |          | Probador T4 |          | Probador T5 |          | Probador T6 |          | Media de Líneas |          |
|----------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|-----------------|----------|
|          | Ton/ha      | Posición | Ton/ha          | Posición |
| LINEA_1  | 12.149      | 130      | 14.063      | 23       | 14.624      | 36       | 13.506      | 96       | 13.455      | 93       | 12.695      | 126      | 13.415          | 100      |
| LINEA_2  | 12.599      | 115      | 13.380      | 70       | 14.573      | 42       | 14.461      | 30       | 14.003      | 52       | 13.609      | 74       | 13.771          | 53       |
| LINEA_3  | 13.193      | 71       | 12.236      | 127      | 14.333      | 63       | 14.186      | 40       | 13.556      | 86       | 12.482      | 132      | 13.331          | 108      |
| LINEA_4  | 12.797      | 101      | 11.917      | 132      | 15.076      | 15       | 14.541      | 25       | 13.253      | 109      | 13.482      | 80       | 13.511          | 88       |
| LINEA_5  | 13.517      | 42       | 13.497      | 62       | 14.461      | 53       | 13.711      | 74       | 13.498      | 89       | 14.054      | 47       | 13.790          | 50       |
| LINEA_6  | 12.716      | 107      | 14.951      | 3        | 12.934      | 129      | 13.773      | 70       | 14.202      | 33       | 14.036      | 50       | 13.769          | 54       |
| LINEA_7  | 11.677      | 139      | 13.408      | 67       | 14.570      | 44       | 14.486      | 29       | 12.768      | 131      | 12.855      | 122      | 13.294          | 112      |
| LINEA_8  | 13.514      | 44       | 12.969      | 97       | 13.995      | 90       | 13.584      | 87       | 13.349      | 100      | 12.450      | 133      | 13.310          | 111      |
| LINEA_9  | 13.673      | 33       | 13.121      | 84       | 14.770      | 31       | 13.994      | 54       | 14.024      | 51       | 14.111      | 42       | 13.949          | 30       |
| LINEA_10 | 12.851      | 97       | 13.538      | 54       | 13.818      | 96       | 13.232      | 113      | 14.291      | 26       | 12.781      | 123      | 13.419          | 99       |
| LINEA_11 | 13.435      | 53       | 13.093      | 86       | 13.892      | 93       | 13.995      | 53       | 14.253      | 28       | 13.351      | 91       | 13.670          | 67       |
| LINEA_12 | 12.648      | 113      | 13.901      | 29       | 13.379      | 118      | 13.618      | 83       | 14.599      | 17       | 12.911      | 119      | 13.509          | 89       |
| LINEA_13 | 13.555      | 36       | 11.808      | 134      | 12.594      | 138      | 12.905      | 120      | 14.424      | 22       | 13.021      | 115      | 13.051          | 128      |
| LINEA_15 | 12.475      | 119      | 13.083      | 88       | 14.412      | 58       | 13.769      | 71       | 14.215      | 30       | 13.194      | 103      | 13.525          | 83       |
| LINEA_16 | 13.542      | 37       | 12.601      | 114      | 13.478      | 110      | 13.697      | 76       | 12.948      | 128      | 13.048      | 114      | 13.219          | 117      |
| LINEA_17 | 13.687      | 31       | 12.483      | 118      | 14.106      | 81       | 12.550      | 130      | 14.096      | 45       | 13.225      | 100      | 13.358          | 104      |
| LINEA_18 | 14.262      | 6        | 12.581      | 116      | 13.402      | 116      | 12.881      | 122      | 14.481      | 20       | 13.786      | 65       | 13.565          | 78       |
| LINEA_19 | 13.536      | 39       | 13.969      | 28       | 14.240      | 73       | 14.184      | 41       | 13.519      | 88       | 14.384      | 26       | 13.972          | 28       |
| LINEA_20 | 15.045      | 2        | 14.368      | 14       | 14.877      | 22       | 13.467      | 99       | 13.731      | 71       | 14.158      | 37       | 14.274          | 8        |
| LINEA_21 | 13.530      | 40       | 13.997      | 27       | 13.435      | 115      | 13.552      | 91       | 14.703      | 14       | 14.062      | 46       | 13.880          | 42       |
| LINEA_22 | 13.036      | 88       | 13.400      | 68       | 16.085      | 2        | 13.977      | 57       | 13.465      | 91       | 14.760      | 11       | 14.120          | 21       |
| LINEA_23 | 13.419      | 57       | 13.482      | 63       | 14.583      | 40       | 12.927      | 119      | 14.033      | 50       | 13.012      | 116      | 13.576          | 76       |
| LINEA_24 | 12.963      | 93       | 13.769      | 38       | 14.602      | 38       | 13.599      | 86       | 13.131      | 117      | 13.176      | 104      | 13.540          | 81       |
| LINEA_25 | 13.682      | 32       | 12.060      | 131      | 12.690      | 136      | 11.663      | 142      | 13.132      | 116      | 13.169      | 105      | 12.733          | 138      |
| LINEA_26 | 13.176      | 73       | 10.783      | 142      | 12.747      | 134      | 12.252      | 134      | 12.592      | 135      | 12.124      | 138      | 12.279          | 142      |
| LINEA_28 | 13.107      | 80       | 12.212      | 128      | 12.711      | 135      | 12.893      | 121      | 13.710      | 73       | 12.036      | 139      | 12.778          | 136      |
| LINEA_29 | 13.164      | 74       | 12.656      | 112      | 13.549      | 107      | 12.747      | 125      | 14.801      | 10       | 13.731      | 67       | 13.441          | 95       |
| LINEA_31 | 12.681      | 111      | 12.591      | 115      | 13.393      | 117      | 13.514      | 94       | 13.707      | 74       | 12.909      | 120      | 13.132          | 123      |
| LINEA_33 | 13.141      | 76       | 11.776      | 137      | 14.413      | 57       | 13.540      | 93       | 14.087      | 47       | 10.990      | 142      | 12.991          | 131      |
| LINEA_34 | 13.477      | 47       | 11.752      | 138      | 13.440      | 113      | 11.853      | 141      | 13.145      | 114      | 12.541      | 130      | 12.701          | 139      |
| LINEA_35 | 13.813      | 24       | 12.670      | 110      | 14.069      | 86       | 13.642      | 80       | 13.544      | 87       | 13.292      | 95       | 13.505          | 90       |
| LINEA_36 | 13.423      | 55       | 12.713      | 107      | 13.943      | 92       | 12.644      | 129      | 12.669      | 133      | 13.113      | 110      | 13.084          | 125      |
| LINEA_37 | 13.404      | 58       | 14.158      | 19       | 14.029      | 88       | 14.282      | 35       | 12.977      | 125      | 13.275      | 97       | 13.688          | 64       |
| LINEA_38 | 14.068      | 14       | 13.579      | 50       | 14.341      | 62       | 13.850      | 63       | 13.705      | 75       | 13.694      | 68       | 13.873          | 43       |
| LINEA_39 | 13.145      | 75       | 12.928      | 100      | 14.521      | 47       | 13.008      | 117      | 13.078      | 121      | 13.347      | 92       | 13.338          | 106      |
| LINEA_40 | 13.001      | 90       | 13.549      | 53       | 14.809      | 29       | 13.369      | 106      | 14.189      | 36       | 13.246      | 99       | 13.694          | 61       |
| LINEA_41 | 13.343      | 61       | 14.055      | 24       | 14.155      | 78       | 13.709      | 75       | 13.433      | 95       | 13.267      | 98       | 13.661          | 70       |
| LINEA_42 | 15.300      | 1        | 13.280      | 72       | 14.269      | 72       | 14.983      | 10       | 15.175      | 6        | 15.370      | 4        | 14.729          | 2        |
| LINEA_43 | 13.483      | 45       | 14.427      | 13       | 15.113      | 14       | 13.602      | 85       | 13.690      | 76       | 14.548      | 17       | 14.144          | 18       |
| LINEA_44 | 12.633      | 114      | 14.538      | 10       | 14.989      | 18       | 13.628      | 82       | 14.785      | 11       | 14.087      | 45       | 14.110          | 22       |
| LINEA_45 | 14.356      | 5        | 13.202      | 80       | 13.674      | 102      | 13.886      | 60       | 15.063      | 8        | 13.905      | 58       | 14.014          | 26       |
| LINEA_46 | 14.005      | 19       | 14.625      | 9        | 14.844      | 25       | 13.375      | 105      | 13.073      | 122      | 14.534      | 19       | 14.076          | 23       |
| LINEA_47 | 13.917      | 21       | 14.044      | 25       | 15.155      | 12       | 15.689      | 1        | 14.322      | 24       | 14.606      | 15       | 14.622          | 3        |
| LINEA_48 | 13.236      | 68       | 13.829      | 33       | 14.291      | 68       | 12.714      | 126      | 13.414      | 96       | 13.954      | 54       | 13.573          | 77       |
| LINEA_49 | 12.735      | 106      | 15.691      | 1        | 15.397      | 8        | 14.555      | 23       | 15.461      | 1        | 13.436      | 84       | 14.546          | 4        |
| LINEA_50 | 14.030      | 15       | 14.185      | 18       | 14.942      | 21       | 14.530      | 27       | 14.581      | 19       | 14.658      | 13       | 14.488          | 5        |
| LINEA_51 | 13.115      | 79       | 13.061      | 90       | 15.539      | 6        | 13.335      | 110      | 13.681      | 78       | 13.324      | 93       | 13.676          | 66       |
| LINEA_52 | 13.317      | 63       | 13.505      | 59       | 13.580      | 105      | 14.052      | 50       | 13.863      | 59       | 14.182      | 34       | 13.750          | 55       |
| LINEA_53 | 11.771      | 138      | 12.689      | 108      | 14.099      | 83       | 13.575      | 89       | 14.840      | 9        | 13.874      | 60       | 13.475          | 91       |
| LINEA_54 | 12.306      | 124      | 13.270      | 75       | 13.876      | 94       | 13.614      | 84       | 14.094      | 46       | 13.935      | 55       | 13.516          | 85       |
| LINEA_55 | 12.372      | 123      | 12.664      | 111      | 14.835      | 26       | 13.862      | 61       | 13.309      | 104      | 13.570      | 78       | 13.435          | 96       |
| LINEA_56 | 14.005      | 18       | 14.073      | 22       | 14.495      | 51       | 14.553      | 24       | 15.268      | 3        | 13.159      | 106      | 14.259          | 10       |
| LINEA_57 | 12.464      | 120      | 13.181      | 83       | 13.222      | 121      | 13.475      | 97       | 13.108      | 118      | 13.433      | 86       | 13.147          | 121      |
| LINEA_58 | 13.257      | 67       | 14.460      | 12       | 14.729      | 33       | 13.786      | 68       | 13.997      | 54       | 14.553      | 16       | 14.131          | 19       |
| LINEA_59 | 12.009      | 134      | 14.849      | 6        | 14.608      | 37       | 12.408      | 133      | 13.658      | 79       | 14.304      | 28       | 13.639          | 72       |
| LINEA_60 | 13.223      | 70       | 12.246      | 126      | 13.443      | 112      | 13.749      | 72       | 13.354      | 99       | 13.599      | 76       | 13.269          | 114      |
| LINEA_61 | 13.312      | 64       | 12.487      | 117      | 14.390      | 61       | 14.444      | 31       | 13.683      | 77       | 13.814      | 63       | 13.688          | 63       |
| LINEA_62 | 13.395      | 60       | 12.743      | 106      | 14.099      | 82       | 14.442      | 32       | 14.148      | 39       | 13.465      | 81       | 13.715          | 59       |
| LINEA_63 | 13.105      | 81       | 13.836      | 32       | 14.563      | 46       | 13.426      | 103      | 12.898      | 130      | 15.552      | 1        | 13.897          | 40       |

Cuadro 10. Continuación...

| Líneas    | Probador T1 |          | Probador T2 |          | Probador T3 |          | Probador T4 |          | Probador T5 |          | Probador T6 |          | Media de Líneas |          |
|-----------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|-----------------|----------|
|           | Ton/ha      | Posición | Ton/ha          | Posición |
| LINEA_64  | 12.738      | 105      | 13.524      | 56       | 14.392      | 60       | 14.859      | 13       | 13.813      | 64       | 14.155      | 38       | 13.914          | 36       |
| LINEA_65  | 11.847      | 137      | 12.682      | 109      | 14.512      | 49       | 14.875      | 11       | 13.361      | 98       | 13.389      | 89       | 13.444          | 94       |
| LINEA_66  | 13.810      | 25       | 13.065      | 89       | 13.984      | 91       | 13.634      | 81       | 13.582      | 85       | 13.058      | 112      | 13.522          | 84       |
| LINEA_67  | 13.091      | 85       | 12.848      | 102      | 13.678      | 101      | 13.676      | 78       | 14.181      | 38       | 13.880      | 59       | 13.559          | 79       |
| LINEA_68  | 12.275      | 125      | 13.278      | 73       | 13.694      | 100      | 14.161      | 42       | 13.800      | 66       | 14.288      | 30       | 13.583          | 75       |
| LINEA_69  | 12.091      | 131      | 12.938      | 99       | 13.180      | 124      | 14.838      | 14       | 14.135      | 40       | 12.551      | 129      | 13.289          | 113      |
| LINEA_70  | 12.554      | 117      | 14.126      | 20       | 14.848      | 24       | 13.853      | 62       | 14.707      | 13       | 12.908      | 121      | 13.833          | 46       |
| LINEA_71  | 12.066      | 133      | 13.054      | 92       | 13.600      | 104      | 14.050      | 51       | 13.880      | 57       | 14.092      | 44       | 13.457          | 93       |
| LINEA_72  | 13.660      | 34       | 12.895      | 101      | 15.138      | 13       | 15.552      | 2        | 14.265      | 27       | 14.109      | 43       | 14.270          | 9        |
| LINEA_73  | 12.969      | 92       | 14.949      | 4        | 14.443      | 55       | 13.842      | 64       | 15.152      | 7        | 13.601      | 75       | 14.160          | 16       |
| LINEA_74  | 12.165      | 128      | 13.646      | 47       | 12.799      | 131      | 14.595      | 22       | 14.437      | 21       | 14.320      | 27       | 13.660          | 71       |
| LINEA_75  | 13.818      | 98       | 13.261      | 76       | 14.289      | 69       | 14.698      | 18       | 14.250      | 29       | 14.269      | 31       | 13.931          | 31       |
| LINEA_76  | 12.586      | 116      | 14.282      | 15       | 15.452      | 7        | 13.984      | 55       | 15.181      | 5        | 13.816      | 62       | 14.217          | 12       |
| LINEA_77  | 12.998      | 91       | 12.212      | 129      | 15.580      | 5        | 14.113      | 46       | 14.586      | 18       | 15.402      | 3        | 14.149          | 17       |
| LINEA_78  | 13.873      | 22       | 13.770      | 37       | 14.799      | 30       | 12.530      | 131      | 14.214      | 31       | 14.392      | 25       | 13.930          | 32       |
| LINEA_79  | 13.480      | 46       | 13.239      | 77       | 13.295      | 120      | 14.101      | 48       | 13.984      | 55       | 13.915      | 57       | 13.669          | 69       |
| LINEA_80  | 12.757      | 103      | 13.086      | 87       | 13.505      | 109      | 14.196      | 37       | 14.000      | 53       | 15.296      | 5        | 13.807          | 47       |
| LINEA_81  | 13.305      | 65       | 13.646      | 46       | 14.810      | 28       | 15.001      | 9        | 13.447      | 94       | 14.547      | 18       | 14.126          | 20       |
| LINEA_82  | 12.671      | 112      | 14.535      | 11       | 14.959      | 20       | 13.344      | 109      | 14.060      | 48       | 14.816      | 9        | 14.064          | 24       |
| LINEA_83  | 14.397      | 4        | 15.347      | 2        | 16.015      | 4        | 15.107      | 5        | 15.232      | 4        | 15.031      | 6        | 15.188          | 1        |
| LINEA_84  | 12.683      | 110      | 13.520      | 57       | 14.854      | 23       | 14.192      | 38       | 13.824      | 63       | 14.477      | 21       | 13.925          | 33       |
| LINEA_85  | 13.452      | 50       | 13.774      | 36       | 13.642      | 103      | 13.459      | 101      | 14.190      | 35       | 13.778      | 66       | 13.716          | 58       |
| LINEA_87  | 12.897      | 96       | 13.611      | 49       | 12.986      | 127      | 15.086      | 6        | 14.045      | 49       | 14.171      | 35       | 13.799          | 49       |
| LINEA_88  | 11.907      | 136      | 12.771      | 104      | 14.519      | 48       | 14.287      | 34       | 13.832      | 62       | 12.644      | 128      | 13.327          | 109      |
| LINEA_89  | 14.118      | 13       | 12.382      | 121      | 14.569      | 45       | 13.463      | 100      | 14.212      | 32       | 14.702      | 12       | 13.908          | 37       |
| LINEA_90  | 12.543      | 118      | 13.339      | 71       | 13.181      | 123      | 13.686      | 77       | 13.269      | 108      | 11.933      | 141      | 12.992          | 130      |
| LINEA_91  | 12.241      | 126      | 12.346      | 123      | 11.986      | 142      | 14.609      | 21       | 13.329      | 101      | 13.434      | 85       | 12.991          | 133      |
| LINEA_92  | 13.066      | 86       | 14.851      | 5        | 14.467      | 52       | 12.080      | 137      | 13.038      | 123      | 13.811      | 64       | 13.552          | 80       |
| LINEA_93  | 11.515      | 141      | 13.723      | 42       | 13.218      | 122      | 13.301      | 112      | 13.479      | 90       | 14.127      | 41       | 13.227          | 116      |
| LINEA_94  | 12.422      | 122      | 13.497      | 61       | 14.188      | 74       | 14.107      | 47       | 13.170      | 113      | 12.125      | 137      | 13.252          | 115      |
| LINEA_95  | 12.710      | 108      | 13.212      | 79       | 12.767      | 132      | 12.857      | 123      | 13.585      | 84       | 13.686      | 69       | 13.136          | 122      |
| LINEA_96  | 13.096      | 83       | 13.763      | 39       | 13.526      | 108      | 14.781      | 16       | 14.295      | 25       | 12.952      | 117      | 13.735          | 56       |
| LINEA_97  | 13.458      | 48       | 13.054      | 91       | 14.177      | 76       | 13.473      | 98       | 13.799      | 68       | 15.431      | 2        | 13.899          | 38       |
| LINEA_98  | 14.004      | 20       | 11.780      | 136      | 14.505      | 50       | 13.100      | 115      | 14.188      | 37       | 14.438      | 23       | 13.669          | 68       |
| LINEA_99  | 13.444      | 52       | 13.634      | 48       | 13.699      | 99       | 13.774      | 69       | 13.461      | 92       | 14.044      | 49       | 13.676          | 65       |
| LINEA_100 | 13.039      | 87       | 14.229      | 16       | 12.377      | 139      | 13.676      | 79       | 14.637      | 16       | 13.115      | 109      | 13.512          | 87       |
| LINEA_101 | 12.926      | 95       | 14.769      | 7        | 14.093      | 84       | 14.869      | 12       | 14.328      | 23       | 14.293      | 29       | 14.213          | 13       |
| LINEA_102 | 12.812      | 100      | 12.268      | 125      | 14.734      | 32       | 13.455      | 102      | 13.800      | 67       | 13.195      | 102      | 13.378          | 102      |
| LINEA_103 | 14.223      | 8        | 12.640      | 113      | 14.285      | 70       | 13.980      | 56       | 12.277      | 139      | 13.686      | 70       | 13.515          | 86       |
| LINEA_104 | 13.700      | 29       | 13.113      | 85       | 14.188      | 75       | 13.309      | 111      | 12.964      | 127      | 13.053      | 113      | 13.388          | 101      |
| LINEA_105 | 14.218      | 9        | 12.277      | 124      | 13.783      | 98       | 13.842      | 65       | 12.464      | 136      | 13.484      | 79       | 13.345          | 105      |
| LINEA_106 | 13.402      | 59       | 13.276      | 74       | 13.579      | 106      | 15.086      | 7        | 13.806      | 65       | 14.781      | 10       | 13.988          | 27       |
| LINEA_107 | 12.790      | 102      | 13.567      | 52       | 15.320      | 11       | 15.374      | 4        | 14.102      | 44       | 15.013      | 7        | 14.361          | 6        |
| LINEA_108 | 13.332      | 62       | 13.191      | 82       | 14.061      | 87       | 14.160      | 43       | 13.754      | 69       | 14.137      | 40       | 13.772          | 52       |
| LINEA_109 | 13.537      | 38       | 13.381      | 69       | 15.335      | 10       | 14.641      | 20       | 12.910      | 129      | 13.984      | 53       | 13.965          | 29       |
| LINEA_110 | 13.447      | 51       | 13.749      | 40       | 15.074      | 16       | 15.051      | 8        | 13.749      | 70       | 14.403      | 24       | 14.246          | 11       |
| LINEA_111 | 13.139      | 77       | 11.781      | 135      | 14.175      | 77       | 13.098      | 116      | 13.092      | 119      | 13.638      | 73       | 13.154          | 120      |
| LINEA_112 | 12.237      | 127      | 12.763      | 105      | 14.274      | 71       | 14.813      | 15       | 11.521      | 142      | 12.753      | 124      | 13.060          | 127      |
| LINEA_113 | 13.021      | 89       | 14.088      | 21       | 13.863      | 95       | 13.363      | 108      | 12.373      | 138      | 13.829      | 61       | 13.423          | 98       |
| LINEA_114 | 13.523      | 41       | 13.824      | 34       | 14.132      | 80       | 14.530      | 26       | 13.313      | 103      | 14.022      | 52       | 13.891          | 41       |
| LINEA_115 | 14.189      | 10       | 12.979      | 95       | 14.330      | 64       | 13.715      | 73       | 13.283      | 107      | 13.661      | 71       | 13.693          | 62       |
| LINEA_116 | 12.962      | 94       | 13.679      | 43       | 14.142      | 79       | 14.025      | 52       | 14.124      | 41       | 13.461      | 82       | 13.732          | 57       |
| LINEA_117 | 13.720      | 28       | 13.858      | 31       | 13.034      | 126      | 13.576      | 88       | 12.975      | 126      | 11.995      | 140      | 13.193          | 119      |
| LINEA_118 | 13.823      | 23       | 13.664      | 44       | 16.052      | 3        | 13.903      | 58       | 13.976      | 56       | 12.951      | 118      | 14.062          | 25       |
| LINEA_119 | 11.910      | 135      | 11.871      | 133      | 14.626      | 35       | 13.837      | 66       | 13.179      | 112      | 12.515      | 131      | 12.990          | 134      |
| LINEA_120 | 13.767      | 26       | 13.450      | 66       | 14.444      | 54       | 12.670      | 128      | 14.698      | 15       | 14.521      | 20       | 13.925          | 34       |
| LINEA_121 | 13.093      | 84       | 13.051      | 93       | 14.394      | 59       | 13.384      | 104      | 13.724      | 72       | 13.152      | 108      | 13.466          | 92       |
| LINEA_122 | 11.667      | 140      | 11.442      | 141      | 13.435      | 114      | 14.210      | 36       | 13.654      | 80       | 13.652      | 72       | 13.010          | 129      |
| LINEA_123 | 11.488      | 142      | 12.970      | 96       | 14.309      | 66       | 11.922      | 140      | 12.436      | 137      | 13.315      | 94       | 12.740          | 137      |

Cuadro 10. Continuación...

| Líneas                    | Probador T1   |          | Probador T2   |          | Probador T3   |          | Probador T4   |          | Probador T5   |          | Probador T6   |          | Media de Líneas |          |
|---------------------------|---------------|----------|---------------|----------|---------------|----------|---------------|----------|---------------|----------|---------------|----------|-----------------|----------|
|                           | Ton/ha        | Posición | Ton/ha          | Posición |
| LINEA_124                 | 13.454        | 49       | 13.214        | 78       | 16.285        | 1        | 14.188        | 39       | 14.730        | 12       | 13.289        | 96       | 14.193          | 15       |
| LINEA_125                 | 12.814        | 99       | 13.462        | 65       | 13.074        | 125      | 12.857        | 124      | 12.991        | 124      | 12.749        | 125      | 12.991          | 132      |
| LINEA_126                 | 14.025        | 16       | 13.193        | 81       | 14.317        | 65       | 12.941        | 118      | 13.141        | 115      | 12.389        | 135      | 13.335          | 107      |
| LINEA_127                 | 13.258        | 66       | 13.468        | 64       | 12.617        | 137      | 11.978        | 139      | 13.405        | 97       | 13.923        | 56       | 13.108          | 124      |
| LINEA_128                 | 14.016        | 17       | 14.193        | 17       | 12.904        | 130      | 13.572        | 90       | 13.249        | 110      | 12.654        | 127      | 13.431          | 97       |
| LINEA_129                 | 13.562        | 35       | 14.700        | 8        | 12.749        | 133      | 14.495        | 28       | 13.833        | 61       | 14.155        | 38       | 13.916          | 35       |
| LINEA_130                 | 13.696        | 30       | 11.507        | 140      | 12.226        | 140      | 12.185        | 136      | 13.295        | 106      | 13.080        | 111      | 12.665          | 140      |
| LINEA_131                 | 12.151        | 129      | 12.375        | 122      | 13.810        | 97       | 11.979        | 138      | 14.109        | 43       | 13.208        | 101      | 12.939          | 135      |
| LINEA_132                 | 13.724        | 27       | 13.528        | 55       | 13.448        | 111      | 13.364        | 107      | 15.319        | 2        | 13.419        | 88       | 13.801          | 48       |
| LINEA_134                 | 12.425        | 121      | 12.469        | 119      | 13.306        | 119      | 12.461        | 132      | 12.626        | 134      | 12.425        | 134      | 12.619          | 141      |
| LINEA_135                 | 12.702        | 109      | 12.965        | 98       | 14.826        | 27       | 14.116        | 44       | 12.211        | 141      | 13.428        | 87       | 13.375          | 103      |
| LINEA_136                 | 14.241        | 7        | 13.011        | 94       | 14.586        | 39       | 15.480        | 3        | 14.192        | 34       | 14.168        | 36       | 14.280          | 7        |
| LINEA_137                 | 13.138        | 78       | 13.822        | 35       | 14.442        | 56       | 13.892        | 59       | 13.875        | 58       | 14.215        | 33       | 13.897          | 39       |
| LINEA_138                 | 12.742        | 104      | 13.659        | 45       | 14.028        | 89       | 14.115        | 45       | 13.860        | 60       | 14.644        | 14       | 13.841          | 45       |
| LINEA_139                 | 14.150        | 11       | 12.113        | 130      | 12.972        | 128      | 13.544        | 92       | 13.320        | 102      | 12.344        | 136      | 13.074          | 126      |
| LINEA_140                 | 12.068        | 132      | 12.430        | 120      | 14.633        | 34       | 13.145        | 114      | 12.692        | 132      | 14.228        | 32       | 13.199          | 118      |
| LINEA_141                 | 13.515        | 43       | 11.712        | 139      | 14.571        | 43       | 13.832        | 67       | 13.296        | 105      | 14.886        | 8        | 13.635          | 73       |
| LINEA_142                 | 14.147        | 12       | 13.516        | 58       | 11.993        | 141      | 14.413        | 33       | 12.239        | 140      | 13.587        | 77       | 13.316          | 110      |
| LINEA_143                 | 13.177        | 72       | 12.812        | 103      | 14.076        | 85       | 13.509        | 95       | 13.617        | 82       | 14.028        | 51       | 13.537          | 82       |
| LINEA_144                 | 13.104        | 82       | 13.571        | 51       | 14.987        | 19       | 14.692        | 19       | 13.634        | 81       | 13.157        | 107      | 13.858          | 44       |
| LINEA_145                 | 13.229        | 69       | 13.504        | 60       | 14.307        | 67       | 12.697        | 127      | 13.594        | 83       | 14.458        | 22       | 13.632          | 74       |
| LINEA_146                 | 14.409        | 3        | 14.029        | 26       | 15.393        | 9        | 14.744        | 17       | 13.201        | 111      | 13.443        | 83       | 14.203          | 14       |
| LINEA_147                 | 13.419        | 56       | 13.877        | 30       | 15.043        | 17       | 12.208        | 135      | 14.119        | 42       | 14.050        | 48       | 13.786          | 51       |
| LINEA_148                 | 13.424        | 54       | 13.746        | 41       | 14.574        | 41       | 14.085        | 49       | 13.079        | 120      | 13.372        | 90       | 13.713          | 60       |
| <b>Media por Probador</b> | <b>13.169</b> | <b>6</b> | <b>13.284</b> | <b>5</b> | <b>14.139</b> | <b>1</b> | <b>13.757</b> | <b>2</b> | <b>13.739</b> | <b>3</b> | <b>13.653</b> | <b>4</b> | <b>13.624</b>   |          |

Aunque no hubo diferencias significativas entre las medias de probadores, para las diferentes características (Cuadro 11), se puede ver que el T3 es el probador con mayor rendimiento sacando una ventaja con respecto al segundo lugar T4 de 382 kilogramos equivalente a 3% más en rendimiento de grano, comparando el T3 con el probador T1 que fue el que en promedio rindió menos, el T3 es 970 kg o 7 % mayor que el probador T1 menos rendidor.

Para el caso de la característica de acame total de planta, el probador con menor acame fue el probador T5 con 2.075 % en promedio de todas las observaciones o cruza de prueba, el probador T3 fue el que mayor porcentaje de acame presentó con un valor de 6.101% a través de todas las pruebas, aunque esta característica mostró diferencias altamente significativas en la fuente de interacción Línea X Probador, esto indica que diferencias de acame

para cada una de las líneas y es donde podemos enfocar la selección para mejorar esta característica.

Cuadro 11. Media de cada uno de los probadores a través de repeticiones para las diferentes características evaluadas.

| Probador | Rendimiento<br>Ton/ha | Índice de<br>Selección | Humedad<br>de grano % | Total de plantas<br>acamadas % |
|----------|-----------------------|------------------------|-----------------------|--------------------------------|
| T1       | 13.17                 | 108.36                 | 15.30                 | 3.72                           |
| T2       | 13.28                 | 101.16                 | 17.68                 | 2.72                           |
| T3       | 14.14                 | 108.33                 | 17.14                 | 6.10                           |
| T4       | 13.76                 | 107.40                 | 16.13                 | 5.04                           |
| T5       | 13.74                 | 107.10                 | 16.49                 | 2.08                           |
| T6       | 13.65                 | 107.58                 | 15.77                 | 4.26                           |

En general, podemos observar que aunque los probadores son de reducida base genética e incluso existe cierto grado de parentesco en cada uno de ellos, de acuerdo a los datos de similaridad mostrados en la sección de material genético, sin embargo sus cruzas de prueba presentan una gran diversidad en las características evaluadas desde diferencias en rendimiento hasta las diferencias en humedad de grano a cosecha y acame total de planta.

#### 4.1.1 Aptitud Combinatoria General.

Uno de los parámetros más importantes en el mejoramiento genético es la Aptitud Combinatoria General y la Aptitud Combinatoria Específica; en el Cuadro 7, pudimos observar los cuadrados medios para las diferentes características en evaluación, a través de todos los sitios; los cuales muestran una significancia alta ( $P < 0.01$ ), tanto para líneas como probadores; en la interacción línea por probador; para el caso de rendimiento no es significativo; por lo cual usaremos el índice de selección como mejor parámetro para

seleccionar las mejores líneas, debido a que este involucra todas las características en un solo valor, esto nos ayudará a descartar genotipos que agronómicamente no son muy deseables, manteniendo así un equilibrio en rendimiento y características agronómicas deseadas.

Como la fuente de probadores y líneas mostró ser altamente significativo para todas las características, indicándonos que las líneas tienen un comportamiento diferente cuando se usan diferentes probadores, así mismo los probadores se comportan diferente cada uno de ellos.

Los análisis de ACG, mediante el método del mejor predictor lineal insesgado (MPLI), se muestran en el Cuadro 12; valores de ACG para cada línea a través de localidades en cada una de las variables medidas; donde el índice de selección se encuentra sorteado de forma ascendente y transformado en porcentaje para facilitar el manejo de la información en general.

Si consideramos los mejores genotipos; para el caso de rendimiento e índice de selección, debemos seleccionar los efectos del MPLI que se encuentran arriba de 100, que en valores no transformados a porcentaje estos se muestran como efectos positivos (ver datos de MPLI en el apéndice) y para el caso de humedad de grano y acame de tallo los valores deben ser menores a 100 o al menos no muy lejanos hacia arriba. Si consideramos los datos del testigo, en rendimiento 89, índice de selección 91, humedad de grano 95, y plantas totales acamadas 94, tenemos la posibilidad de seleccionar de 20 a 25 genotipos con alta ACG comparados con el testigo.

Los efectos que se muestran para ACG, son efecto puramente aditivos de las líneas  $S_1$ , debido a que los efectos de interacción línea por probador y efectos ambientales supone que son nulos; usando el método MPLI, según Hidalgo (2003).

Los mejores 10 genotipos para GCA son LINEA\_83, LINEA\_47, LINEA\_124, LINEA\_136, LINEA\_49, LINEA\_56, LINEA\_43, LINEA\_2, LINEA\_50 Y

LINEA\_110, estas se encuentran en rangos de rendimiento de 101 a 107, índice de selección de 104 a 107, contenido de humedad del grano oscilando de 95 a 101 y para el caso de la variable total de plantas acamadas entre -6 y 131; esta variable muestra un gran diferencia a través de los genotipos.

La LINEA\_146 presenta buenos datos de rendimiento, índice de selección y acame, sin embargo ligeramente con ciclo más tardío, LINEA\_44 muestra buen comportamiento en rendimiento, índice de selección y madurez, sin embargo un valor muy alto en acame con valor de 141.

Cuadro 12. MPLI en porcentaje para aptitud combinatoria general de las líneas S<sub>1</sub>, para las diferentes características.

| <b>Mejor Predictor Lineal Insesgado (%)</b> |             |                     |                  |                           |
|---|-------------|---------------------|------------------|---------------------------|
| Genotipo                                    | Rendimiento | Indice de selección | Humedad de grano | Total de plantas acamadas |
| LINEA_83                                    | 107         | 107                 | 100              | 93                        |
| LINEA_47                                    | 104         | 105                 | 97               | 86                        |
| LINEA_124                                   | 102         | 105                 | 101              | 28                        |
| LINEA_136                                   | 103         | 105                 | 100              | -6                        |
| LINEA_146                                   | 104         | 105                 | 102              | 25                        |
| LINEA_49                                    | 104         | 105                 | 99               | 88                        |
| LINEA_56                                    | 102         | 104                 | 96               | 84                        |
| LINEA_44                                    | 103         | 104                 | 99               | 141                       |
| LINEA_43                                    | 102         | 104                 | 95               | 115                       |
| LINEA_2                                     | 101         | 104                 | 95               | 94                        |
| LINEA_50                                    | 104         | 104                 | 99               | 131                       |
| LINEA_110                                   | 103         | 104                 | 100              | 95                        |
| LINEA_42                                    | 105         | 104                 | 102              | 313                       |
| LINEA_58                                    | 103         | 104                 | 98               | 145                       |
| LINEA_51                                    | 100         | 103                 | 97               | 99                        |
| LINEA_144                                   | 101         | 103                 | 99               | 57                        |
| LINEA_11                                    | 100         | 103                 | 99               | 110                       |
| LINEA_15                                    | 100         | 103                 | 99               | 121                       |
| LINEA_72                                    | 103         | 103                 | 96               | 67                        |
| LINEA_37                                    | 100         | 103                 | 98               | 55                        |
| LINEA_137                                   | 101         | 103                 | 99               | 41                        |
| LINEA_114                                   | 101         | 103                 | 95               | 65                        |
| LINEA_12                                    | 99          | 103                 | 96               | 171                       |
| LINEA_38                                    | 100         | 103                 | 100              | 78                        |
| LINEA_46                                    | 102         | 103                 | 97               | 75                        |
| LINEA_129                                   | 101         | 103                 | 98               | 35                        |
| LINEA_52                                    | 100         | 102                 | 100              | 94                        |
| LINEA_40                                    | 100         | 102                 | 99               | 74                        |
| LINEA_24                                    | 100         | 102                 | 98               | 46                        |
| LINEA_138                                   | 101         | 102                 | 100              | 25                        |
| LINEA_3                                     | 99          | 102                 | 98               | -8                        |
| LINEA_104                                   | 99          | 102                 | 96               | 82                        |
| LINEA_101                                   | 102         | 102                 | 99               | 223                       |
| LINEA_6                                     | 101         | 102                 | 98               | 101                       |
| LINEA_53                                    | 99          | 102                 | 101              | 57                        |
| LINEA_76                                    | 102         | 102                 | 101              | 16                        |

Cuadro 12. Continuación...

| <b>Mejor Predictor Lineal Insesgado (%)</b> |             |                     |                  |                           |
|---|-------------|---------------------|------------------|---------------------------|
| Genotipo                                    | Rendimiento | Indice de selección | Humedad de grano | Total de plantas acamadas |
| LINEA_18                                    | 100         | 102                 | 100              | 86                        |
| LINEA_59                                    | 100         | 102                 | 98               | 78                        |
| LINEA_29                                    | 100         | 102                 | 103              | 137                       |
| LINEA_108                                   | 101         | 102                 | 101              | 120                       |
| LINEA_39                                    | 99          | 101                 | 94               | 114                       |
| LINEA_107                                   | 103         | 101                 | 104              | 102                       |
| LINEA_4                                     | 99          | 101                 | 100              | 56                        |
| LINEA_97                                    | 101         | 101                 | 100              | 190                       |
| LINEA_45                                    | 102         | 101                 | 99               | 139                       |
| LINEA_96                                    | 101         | 101                 | 99               | 131                       |
| LINEA_63                                    | 101         | 101                 | 102              | -7                        |
| LINEA_82                                    | 102         | 101                 | 100              | 109                       |
| LINEA_106                                   | 101         | 101                 | 102              | 63                        |
| LINEA_77                                    | 101         | 101                 | 100              | 43                        |
| LINEA_147                                   | 101         | 101                 | 102              | 4                         |
| LINEA_19                                    | 101         | 101                 | 97               | 143                       |
| LINEA_20                                    | 102         | 101                 | 98               | 181                       |
| LINEA_35                                    | 99          | 101                 | 99               | 77                        |
| LINEA_73                                    | 102         | 101                 | 100              | 52                        |
| LINEA_92                                    | 100         | 101                 | 96               | 145                       |
| LINEA_116                                   | 100         | 101                 | 102              | 55                        |
| LINEA_1                                     | 99          | 101                 | 98               | 49                        |
| LINEA_21                                    | 101         | 101                 | 96               | 119                       |
| LINEA_22                                    | 102         | 101                 | 97               | 154                       |
| LINEA_148                                   | 102         | 101                 | 98               | 63                        |
| LINEA_120                                   | 102         | 101                 | 102              | 57                        |
| LINEA_99                                    | 99          | 101                 | 97               | 259                       |
| LINEA_115                                   | 100         | 100                 | 99               | 137                       |
| LINEA_118                                   | 102         | 100                 | 102              | 81                        |
| LINEA_61                                    | 100         | 100                 | 101              | -10                       |
| LINEA_64                                    | 101         | 100                 | 103              | 75                        |
| LINEA_89                                    | 101         | 100                 | 105              | 109                       |
| LINEA_109                                   | 101         | 100                 | 104              | 108                       |
| LINEA_10                                    | 99          | 100                 | 99               | 83                        |
| LINEA_62                                    | 101         | 100                 | 100              | 38                        |
| LINEA_85                                    | 100         | 100                 | 102              | 157                       |
| LINEA_93                                    | 98          | 100                 | 99               | 34                        |
| LINEA_143                                   | 99          | 100                 | 101              | 75                        |
| LINEA_31                                    | 98          | 100                 | 102              | 66                        |
| LINEA_17                                    | 99          | 100                 | 102              | 110                       |

Cuadro 12. Continuación...

| <b>Mejor Predictor Lineal Insesgado (%)</b> |             |                     |                  |                           |
|---|-------------|---------------------|------------------|---------------------------|
| Genotipo                                    | Rendimiento | Índice de selección | Humedad de grano | Total de plantas acamadas |
| LINEA_98                                    | 100         | 100                 | 105              | 104                       |
| LINEA_16                                    | 99          | 100                 | 99               | 103                       |
| LINEA_87                                    | 101         | 100                 | 97               | 114                       |
| LINEA_9                                     | 102         | 100                 | 95               | 248                       |
| LINEA_145                                   | 101         | 100                 | 103              | 107                       |
| LINEA_81                                    | 102         | 100                 | 102              | 182                       |
| LINEA_55                                    | 99          | 100                 | 101              | 118                       |
| LINEA_48                                    | 100         | 99                  | 98               | 132                       |
| LINEA_75                                    | 101         | 99                  | 106              | 12                        |
| LINEA_128                                   | 100         | 99                  | 100              | 106                       |
| LINEA_33                                    | 97          | 99                  | 100              | 26                        |
| LINEA_54                                    | 99          | 99                  | 103              | 94                        |
| LINEA_100                                   | 99          | 99                  | 95               | 273                       |
| LINEA_41                                    | 100         | 99                  | 100              | 154                       |
| LINEA_113                                   | 99          | 99                  | 99               | 67                        |
| LINEA_13                                    | 97          | 99                  | 98               | 220                       |
| LINEA_102                                   | 98          | 99                  | 95               | 135                       |
| LINEA_103                                   | 100         | 99                  | 97               | 151                       |
| LINEA_70                                    | 101         | 99                  | 99               | 117                       |
| LINEA_28                                    | 96          | 99                  | 101              | 20                        |
| LINEA_121                                   | 99          | 99                  | 99               | 60                        |
| LINEA_78                                    | 101         | 99                  | 102              | 129                       |
| LINEA_5                                     | 100         | 99                  | 99               | 113                       |
| LINEA_57                                    | 98          | 99                  | 99               | 87                        |
| LINEA_23                                    | 100         | 99                  | 97               | 88                        |
| LINEA_94                                    | 98          | 99                  | 100              | 135                       |
| LINEA_84                                    | 101         | 99                  | 104              | 86                        |
| LINEA_117                                   | 98          | 99                  | 100              | 76                        |
| LINEA_95                                    | 98          | 99                  | 97               | 173                       |
| LINEA_135                                   | 99          | 98                  | 107              | 46                        |
| LINEA_80                                    | 101         | 98                  | 104              | 85                        |
| LINEA_111                                   | 98          | 98                  | 99               | 50                        |
| LINEA_74                                    | 100         | 98                  | 104              | 16                        |
| LINEA_142                                   | 99          | 98                  | 98               | 170                       |
| LINEA_141                                   | 100         | 98                  | 110              | 43                        |
| LINEA_90                                    | 97          | 98                  | 94               | 138                       |
| LINEA_7                                     | 99          | 98                  | 93               | 97                        |
| LINEA_36                                    | 98          | 98                  | 100              | 134                       |

Cuadro 12. Continuación...

| <b>Mejor Predictor Lineal Inesgado (%)</b> |             |                     |                  |                           |
|--|-------------|---------------------|------------------|---------------------------|
| Genotipo                                   | Rendimiento | Indice de selección | Humedad de grano | Total de plantas acamadas |
| LINEA_91                                   | 98          | 98                  | 98               | 114                       |
| LINEA_140                                  | 98          | 98                  | 106              | 21                        |
| LINEA_66                                   | 100         | 98                  | 96               | 60                        |
| LINEA_68                                   | 100         | 98                  | 101              | 90                        |
| LINEA_65                                   | 99          | 98                  | 99               | 62                        |
| LINEA_67                                   | 100         | 98                  | 99               | 92                        |
| LINEA_112                                  | 98          | 98                  | 103              | 39                        |
| LINEA_60                                   | 99          | 97                  | 100              | 87                        |
| LINEA_71                                   | 99          | 97                  | 99               | 63                        |
| LINEA_132                                  | 100         | 97                  | 108              | 293                       |
| LINEA_25                                   | 96          | 97                  | 97               | 92                        |
| LINEA_139                                  | 98          | 97                  | 98               | 85                        |
| LINEA_8                                    | 99          | 97                  | 94               | 149                       |
| LINEA_79                                   | 100         | 97                  | 102              | 146                       |
| LINEA_34                                   | 96          | 97                  | 102              | 64                        |
| LINEA_69                                   | 98          | 97                  | 99               | 14                        |
| LINEA_119                                  | 97          | 97                  | 99               | 63                        |
| LINEA_126                                  | 100         | 96                  | 100              | 122                       |
| LINEA_122                                  | 98          | 96                  | 102              | 81                        |
| LINEA_127                                  | 99          | 96                  | 105              | 168                       |
| LINEA_88                                   | 99          | 96                  | 104              | 92                        |
| LINEA_131                                  | 97          | 96                  | 104              | 207                       |
| LINEA_105                                  | 99          | 96                  | 102              | 223                       |
| LINEA_123                                  | 96          | 95                  | 102              | 38                        |
| LINEA_125                                  | 98          | 93                  | 106              | 115                       |
| LINEA_134                                  | 96          | 93                  | 104              | 243                       |
| LINEA_130                                  | 96          | 92                  | 109              | 226                       |
| LINEA_26                                   | 94          | 89                  | 113              | 41                        |
| Testigos                                   | 89          | 91                  | 95               | 94                        |
| Intercepto                                 | 13.18958    | 103.41172           | 17.29973         | 1.75106                   |

En la Figura 2, se observa la dispersión y el grado de separación de cada uno de los genotipos de acuerdo a los efectos calculados con el MPLI para ACG; la grafica muestra los genotipos superiores en la parte del circulo verde de la

gráfica y al inverso, los genotipos con baja ACG, en valores negativos, y la media de los testigos comerciales en el cirulo rojo en la parte inferior.

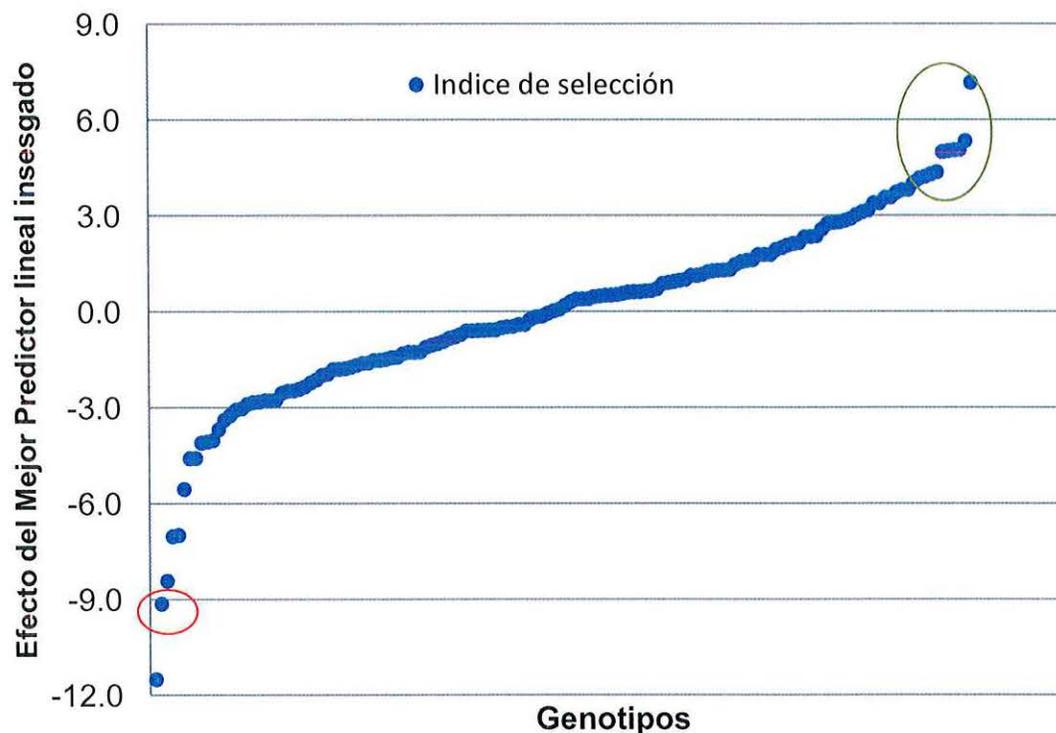


Figura 2. Efectos de ACG utilizando el mejor predictor lineal inesgado, basado en el modelo de efectos mixtos.

La aptitud combinatoria para el caso de probadores se muestra en el Cuadro 13, el probador con mayor ACG para la variable índice de selección es T1 y el de efecto mas bajo es el T2; estos mismos ocupan el sexto y quinto lugar para el caso de la variable rendimiento, respectivamente. El probador que tiene un mejor balance en rendimiento e índice de selección es el T3 debido a que tiene el mayor valor en rendimiento y el segundo en índice de selección

Cuadro 13. MPLI para Aptitud Combinatoria General de cada uno de los probadores, para las diferentes características.

| Probador   | MPLI                |             |         |                           | MPLI %              |             |         |                           |
|------------|---------------------|-------------|---------|---------------------------|---------------------|-------------|---------|---------------------------|
|            | Índice de selección | Rendimiento | Humedad | Total de plantas acamadas | Índice de selección | Rendimiento | Humedad | Total de plantas acamadas |
| T1         | 5.35                | 0.06        | -0.95   | -0.45                     | 105.17              | 100.48      | 94.51   | 74.17                     |
| T2         | -4.34               | -0.15       | 1.39    | -1.12                     | 95.81               | 98.87       | 108.05  | 36.29                     |
| T3         | 3.15                | 0.71        | 0.86    | 1.89                      | 103.05              | 105.35      | 104.98  | 207.95                    |
| T4         | 1.61                | 0.32        | -0.14   | 1.11                      | 101.56              | 102.39      | 99.17   | 163.37                    |
| T5         | 1.39                | 0.31        | 0.22    | -1.65                     | 101.35              | 102.32      | 101.26  | 5.74                      |
| T6         | 1.97                | 0.21        | -0.51   | 0.32                      | 101.91              | 101.62      | 97.05   | 118.10                    |
| Intercepto | 103.41              | 13.19       | 17.30   | 1.75                      |                     |             |         |                           |

#### 4.2 Probadores.

Se calcularon correlaciones de rango con los resultados obtenidos en el año 2008-2009 y 2009-2010, con el probador T1 y sus 142 cruzas para ambos años; y no existe correlación alguna (0.221); esto nos hace ver que existe interacción ambiental a través de años y las cruzas se comportan diferentes a través de los años.

Debido a que la información generada de correlaciones fue muy extensa, se presenta en el apéndice, solo se presentan los resultados de probadores individuales comparada con la media de todos los probadores. En el Cuadro 14, se muestran los coeficientes de correlación obtenidos para probadores individuales comparados con la media general de rendimiento de los 6 probadores, utilizando las 142 observaciones de cada línea, las correlaciones son muy bajas cuando comparamos probadores individuales, T2 contra T3 y T5 igual a 0.241; sin embargo cuando se compara con la media de todos los probadores el valor incrementó a 0.599 y con significancia alta  $< 0.01$ ; lo mismo sucede con el probador T3, con una correlación alta, T4 y T6 y con una correlación de 0.582 y 0.680 respectivamente y con una alta significancia.

Los probadores que tuvieron mayor correlación para rendimiento de grano, con la media total de los probadores en orden descendente, fueron, T6 = 0.680\*\*, T2 = 0.599\*\*, T3 = 0.582\*\*, T5 = 0.540\*\*, T4 = 0.502\*\* y el que menor correlación presentó fue el T1 = 0.328\*\*.

En el Cuadro 15, se presentan las correlaciones considerando la variable índice de selección, donde la tendencia de correlaciones entre probadores es ligeramente mas alta que para rendimiento, las correlaciones más altas las presenta los probadores, T3 = 0.657\*\*, T6 = 0.640\*\*, T2 = 0.635\*\*, T4 = 0.563\*\*, y los que presenta baja correlación, T5 = 0.372\*\* y T1= 0.275\*\*. Los probadores que ocupan los primeros 3 lugares en correlación alta en ambas características son T2, T3 y T6, para el caso del probador T1, fue el que menor correlación tubo para las dos características; considerando la correlación de las 142 cruza de prueba.

El probador T4, mostro ser el de menor aptitud combinatoria general, en rendimiento e índice de selección.

Cuadro 14. Coeficiente de correlación entre medias para rendimiento de grano, con diferente número de probadores y sus combinaciones posibles.

|              | T1    | T2    | T3    | T4     | T5    | T6    | T1T2T3T4T5T6 |
|--------------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|--------------|
| T1           | 1.000 | 0.038 | 0.032 | -0.034 | 0.031 | 0.133 | 0.328        |
|              | -     | 0.653 | 0.706 | 0.692  | 0.713 | 0.115 | <.0001       |
| T2           |       | -     | 0.241 | 0.183  | 0.241 | 0.302 | 0.599        |
|              |       |       | 0.004 | 0.030  | 0.004 | 0.000 | <.0001       |
| T3           |       |       | -     | 0.238  | 0.118 | 0.299 | 0.582        |
|              |       |       |       | 0.004  | 0.162 | 0.000 | <.0001       |
| T4           |       |       |       | -      | 0.201 | 0.247 | 0.502        |
|              |       |       |       |        | 0.016 | 0.003 | <.0001       |
| T5           |       |       |       |        | -     | 0.285 | 0.540        |
|              |       |       |       |        |       | 0.001 | <.0001       |
| T6           |       |       |       |        |       | -     | 0.680        |
|              |       |       |       |        |       |       | <.0001       |
| T1T2T3T4T5T6 |       |       |       |        |       |       | -            |

T1T2T3T4T5T6 = Incluye la media de rendimiento de todos los probadores.

Cuadro 15. Coeficiente de correlación entre medias del índice de selección, con diferente número de probadores y sus combinaciones posibles.

|              | T1 | T2    | T3     | T4     | T5    | T6     | T1T2T3T4T5T6 |
|--------------|----|-------|--------|--------|-------|--------|--------------|
| T1           | -  | 0.016 | -0.025 | -0.095 | 0.063 | 0.058  | 0.275        |
|              |    | 0.849 | 0.772  | 0.259  | 0.455 | 0.497  | 0.001        |
| T2           |    | -     | 0.282  | 0.314  | 0.166 | 0.315  | 0.635        |
|              |    |       | 0.001  | 0.000  | 0.049 | 0.000  | <.0001       |
| T3           |    |       | -      | 0.375  | 0.015 | 0.367  | 0.657        |
|              |    |       |        | <.0001 | 0.860 | <.0001 | <.0001       |
| T4           |    |       |        | -      | 0.071 | 0.304  | 0.563        |
|              |    |       |        |        | 0.402 | 0.000  | <.0001       |
| T5           |    |       |        |        | -     | 0.115  | 0.372        |
|              |    |       |        |        |       | 0.172  | <.0001       |
| T6           |    |       |        |        |       | -      | 0.640        |
|              |    |       |        |        |       |        | <.0001       |
| T1T2T3T4T5T6 |    |       |        |        |       |        | -            |

T1T2T3T4T5T6 = Incluye la media de rendimiento de todos los probadores.

Sin embargo, se buscan probadores que detecten las mejores líneas para ACG, y al mismo tiempo estas tengan características agronómicas deseables (menor acame de raíz y tallo, de ciclo de madures intermedio) es decir con un alto índice de selección y que sobresalgan en comportamiento de los testigos comerciales. Se calcularon correlaciones de rango con la variable índice de selección con efectos de MPLI para ACG, es decir eliminando los efectos ambientales y considerando solo los efectos genéticos, dichos resultados se muestran en el Cuadro 16. T1 y T4 tuvieron una correlación de  $-.435$  y  $<0.01$ , lo que muestra que la clasificación que realiza cada uno de estos probadores es completamente opuesta y por lo tanto la discriminación que realizan es diferente. Si se observa el probador T1, sus correlaciones con los demás probadores (aunque en valores bajos) son negativos, incluyendo los efectos del grupo formado por todos los probadores; si relacionamos el ANOVA, este probador no presentó significancia para todas las variables medidas, lo cual nos indica que no es un probador que nos ayude a discriminar en dichas variables.

El probador T5, también presenta correlaciones negativas con cada uno de los probadores, y es el único probador que no muestra correlación con el grupo total de probadores. Los probadores que mostraron mayor correlación con el grupo total de probadores son:  $T3 = 0.471^{**}$ ,  $T2 = 0.420^{**}$ ,  $T4 = 0.373^{**}$ ,  $T6 = 0.349^{**}$ .

Cuadro 16. Coeficiente de correlación entre los efectos del MPLI del índice de selección, con los diferentes probadores y sus combinaciones posibles.

|    | T1 | T2     | T3     | T4     | T5     | T6     | T1T2T3T4T5T6 |
|----|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------------|
| T1 | -  | -0.281 | -0.296 | -0.435 | -0.089 | -0.243 | -0.215       |
|    |    | 0.001  | 0.000  | <.0001 | 0.290  | 0.004  | 0.010        |
| T2 |    | -      | 0.033  | 0.027  | -0.141 | 0.017  | 0.420        |
|    |    |        | 0.697  | 0.747  | 0.094  | 0.842  | <.0001       |
| T3 |    |        | -      | 0.178  | -0.291 | 0.067  | 0.471        |
|    |    |        |        | 0.034  | 0.001  | 0.428  | <.0001       |
| T4 |    |        |        | -      | -0.172 | 0.027  | 0.373        |
|    |    |        |        |        | 0.041  | 0.750  | <.0001       |
| T5 |    |        |        |        | -      | -0.172 | 0.018        |
|    |    |        |        |        |        | 0.041  | 0.835        |
| T6 |    |        |        |        |        | -      | 0.349        |
|    |    |        |        |        |        |        | <.0001       |
|    |    |        |        |        |        |        | -            |

T1T2T3T4T5T6 = Incluye la media de rendimiento de los probadores T1, T2, T3, T4, T5 y T6.

Normalmente los mejoradores, ponen como punto de referencia un testigo o grupo de testigos conocido en sus experimentos de evaluación y seleccionan considerando al menos 20 puntos porcentuales en rendimiento o índice de selección arriba del punto de referencia, en este estudio las mejores cruzas se muestran en el Cuadro 17, estas fueron seleccionadas en base a mejor ACG, considerando todos los probadores, características agronómicas deseables; posteriormente, se detectaron las mejores cruzas de cada uno de los probadores, y en el Cuadro de doble entrada (Cuadro 19) se muestran a la izquierda las líneas que mostraron mayor ACG y en la parte superior los probadores que seleccionaron dicha línea.

Los probadores T3 y T4 fueron los que más líneas seleccionaron, ocho cada uno y solamente dos líneas coincidieron con cada uno de ellos; el probador T2, seleccionó 5 Líneas y 4 de ellas coinciden con al menos uno de

los dos probadores anteriores; los probadores T1, T5 y T6, solamente seleccionaron entre una y dos líneas.

Cuadro 17. Las mejores Líneas en cruzas de prueba, seleccionadas por diferentes probadores a través de todos los ambientes por índice de selección.

| Genotipo    | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 |
|-------------|----|----|----|----|----|----|
| LINEA_83    |    | S  | S  |    |    |    |
| LINEA_47    |    |    |    | S  |    |    |
| LINEA_124   |    |    | S  |    |    |    |
| LINEA_136   |    |    |    | S  |    |    |
| LINEA_146   | S  |    | S  |    |    |    |
| LINEA_49    |    | S  | S  |    |    |    |
| LINEA_56    |    |    |    | S  |    |    |
| LINEA_44    |    |    |    |    | S  |    |
| LINEA_43    |    | S  | S  |    |    |    |
| LINEA_2     |    |    | S  |    |    |    |
| LINEA_50    |    |    |    | S  |    | S  |
| LINEA_110   |    |    | S  | S  |    |    |
| LINEA_58    |    | S  |    |    |    | S  |
| LINEA_144   |    |    | S  | S  |    |    |
| LINEA_72    |    |    |    | S  |    |    |
| LINEA_137   |    |    |    |    |    |    |
| LINEA_114   |    | S  |    | S  |    |    |
| Selecciones | 1  | 5  | 8  | 8  | 1  | 2  |

Según Rawling y Thomson (1962), donde agrupó probadores de acuerdo a su nivel de aptitud combinatoria, encontró que un probador con baja aptitud combinatoria era el más eficiente para seleccionar o discriminar, sin embargo en este trabajo no se cumple, ya que el probador T2 es el que tiene menor aptitud combinatoria y de acuerdo a los resultados de la selección de las mejores líneas no muestra ser el mejor probador.

Por otro lado las correlaciones entre probadores, está dada por la presión de selección a la que son sometidas las cruzas de prueba, debido a que a mayor presión de selección la tendencia de correlaciones entre probadores se

pierde; este punto coincide con Bernardo (1992), donde hace énfasis al examinar la intensidad de selección apropiada al grado de homocigosis en que se encuentran las líneas en evaluación, con el objetivo de evitar perder líneas genéticamente superiores.

En un programa de mejoramiento para detectar híbridos con un alto potencial de rendimiento, es conveniente usar una presión de selección de moderada a alta, debido a que se requieren tasas de ganancias ya sea genéticas o en rendimiento altas. Si calculamos correlaciones de las mejores 17 líneas arriba mencionadas, los coeficientes de correlación disminuyen drásticamente, incluso cuando hacemos comparaciones con el grupo total de probadores, como se muestra en el Cuadro 18, cuando se comparan los probadores T2 contra T4 y T3 contra T6, los coeficientes son altos y negativos -0.689\*\* y -0.627\*\* respectivamente, cuando vemos las selecciones de estos probadores, estas tienden a complementarse pero sus selecciones son muy pocas.

Los probadores T3 y T4 que fueron los que más selecciones de líneas en las cruzas de prueba mostraron y que ambos se complementan seleccionando hasta un 82% del total de las líneas más sobresalientes en ACG, no muestran correlación y el coeficiente es el más bajo de todas las observaciones, lo que nos muestra que no hay una relación y ambas tienen comportamiento diferente.

Podemos decir que estos 2 probadores son los que presentaron una selección más efectiva, debido a que cada uno selecciono cerca del 50% del total de las mejores líneas.

Cuadro 18. Coeficiente de correlación usando las mejores 17 líneas, entre los efectos del MPLI del índice de selección, con los diferentes probadores.

|              | T1 | T2     | T3     | T4     | T5     | T6     | T1T2T3T4T5T6 |
|--------------|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------------|
| T1           | -  | -0.130 | -0.299 | -0.218 | -0.172 | -0.199 | -0.164       |
|              |    | 0.619  | 0.244  | 0.400  | 0.510  | 0.445  | 0.529        |
| T2           |    | -      | -0.054 | -0.689 | 0.279  | -0.044 | -0.054       |
|              |    |        | 0.837  | 0.002  | 0.277  | 0.867  | 0.837        |
| T3           |    |        | -      | -0.012 | -0.034 | -0.627 | 0.397        |
|              |    |        |        | 0.963  | 0.896  | 0.007  | 0.115        |
| T4           |    |        |        | -      | -0.324 | 0.162  | -0.020       |
|              |    |        |        |        | 0.205  | 0.535  | 0.941        |
| T5           |    |        |        |        | -      | -0.243 | 0.409        |
|              |    |        |        |        |        | 0.348  | 0.103        |
| T6           |    |        |        |        |        | -      | -0.216       |
|              |    |        |        |        |        |        | 0.406        |
| T1T2T3T4T5T6 |    |        |        |        |        |        | -            |

Desde el punto de vista de un programa de mejoramiento el mejor probador es aquel que al evaluar las cruzas de prueba tiene la capacidad de 1) ser el mejor discriminador lo que es igual a más discriminativo o que genera más variabilidad entre de las cruzas de prueba, 2) el que tenga mayor rendimiento y/ó mejor índice de selección, 3) el más fácil de usar en cuestión de rendimiento *per se*, buen polinizador y adaptabilidad a las regiones de producción y 4) que sus híbridos tengan mayor adaptabilidad.

## V. CONCLUSIONES.

Se identificaron dos probadores (T3 y T4) que mostraron ser más efectivos en la selección de las mejores líneas  $S_1$ , aunque en el análisis de varianza el rendimiento no mostro ser significativo entre probadores, estos fueron los que presentaron el rendimiento más alto.

Dado que con dos probadores se seleccionó el 82% de las mejores líneas, este muestra ser el número óptimo de probadores a utilizar en un programa de mejoramiento; aunque económicamente puede ser no muy factible.

El mejor probador identificado es el T3 debido a que muestra la mas alta correlación en con respecto a la media de todos los probadores.

El probador T1, deberá ser reemplazado por otro probador, debido a que los datos muestran una dominancia en las cruza de prueba no mostrando ser capas de discriminar a través de líneas.

El probador T2, es el que muestra menor ACG, sin embargo en este estudio no mostró ser el mejor probador para discriminar las líneas.

Dado que las líneas muestran diferencia en comportamiento entre localidades, es recomendable utilizar dos o más localidades de prueba para minimizar el riesgo de descartar líneas genéticamente sobresalientes por variación ambiental.

La variable índice de selección facilita la visualización de las mejores líneas, debido a que considera variables agronómicas de valor, y no solo rendimiento.

## VI. BIBLIOGRAFÍA.

Abel B. C., L. M. Pollak. 1991. Rank comparisons of unadapted maize population by testers and *per se* Evaluation. *Crop Sci.* 31: 650-656.

Bauman L. E. 1981. Review of methods used by breeders to develop superior inbreds. *Proc. Annu. Corn and Sorghum Ind. Res. Conf. Chicago IL*36:199-208

Bernardo R. 1992. Retention of genetically superior lines during early-generation testcrossing of maize. *Crop Sci.* 32:933-937

Bernardo, R. 1995. Genetic models for predicting maize single cross performance in unbalanced yield trial data. *Crop Sci.*35:141-147.

Bos I., Calgari P. 1995. *Selection Methods in Plant Breeding.* Chapman and Hall, London.

Brim C. A. 1966. A modified pedigree method of selection in soybeans. *Crop Sci.* 6:220.

Coutiño E. B. y V. A. Vidal M. 2003. Estabilidad del rendimiento de grano de híbridos de maíz usando mejores predictores lineales insesgados. *Agrociencia* 37:605-616

Davis R. L. 1934. Maize crossing values in second generation lines. *J. Agric. Res.* 48:339-359.

De La Cruz L. L., J. J. Sanchez G., J. Ron P., F. Santacruz R., E. Rodriguez G., J. A. Ruiz C., M.R. Morales R. 2008. Probadores de maíz para factores de incompatibilidad gametofítica. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 31:341-349.

Dudley J. W, Moll R. H. 1969. Interpretation and use of estimates of heritability and genetic variances in plant breeding. *Crop Sci*. 9:257-262.

East, E. M. 1908. Inbreeding in corn Connecticut Agric. Exp. Stn. Rep. 1907:419-428

Fan X. M., Zhang Y., Liu L., Chen H. M., Yao W. H., Kang M. S. and Yang J. Y. (2010) Improving grain yield and yield components of temperate maize using tropical germplasm, *Journal of New Seeds* 11:28–39

Fan X. M., Zhang Y., Liu L., Chen H. M., Yao W. H., Kang M. S. and Yang J. Y. (2010) Screening tropical germplasm by temperate inbred tester, *Maydica*, 55: 55-63.

Fehr W. R. 1987. *Principles of Cultivar Development*. McGraw-Hill, Inc.

Gallais A., J. Bordes. 2007 The use of double haploids in recurrent selection and hybrid development in maize. *Crop Sci*. 47:190-201.

Gender C. F. and M. W. Alexander 1962. Comparative performance of S1 progenies and test-Crosses of corn. *Crop Sci*. 6:516-519.

Hallauer A. R., E. Lopez-Perez. 1979. Comparison among testers for evaluating lines of corn. *Proc. Annu. Corn and Sorghum Ind. Res. Conf*. 34:57-75.

Hallauer A. R., Miranda J. B. 1988. Quantitative Genetics in Maize Breeding. Iowa State University Press, Ames.

Holland J. B., and M. M. Goodman. 1995. Combining ability of tropical maize accessions with US germplasm. *Crop Sci.* 35:767–773.

Hull F. H. 1945. Recurrent selection for especific combaining ability in corn. *J. Am. Soc. Agron.* 37:134-145.

Jenkins M. T. and A. M. Brunson. 1931. Methods of testing inbred lines of maize en crossbred combinations. *J. Am. Soc. Agron.* 24:523-530.

Jenkins, M.T. 1935. The effect of inbreeding and of selection within inbred lines of maize upon hybrids made after successive generations of selfing. *Iowa State Col. J. Sci.* 9:429-450.

Jones, D. F. 1918. The Effects of Inbreeding and Crossbreeding Upon Development. *Corn Agric Exp Stn Bull.* 207:5-100.

Kendall R. L. and M. Lee. 2006. Plant Breeding: The Arnel R. Hallauer International Symposium. Blackwell Publishing.

Leo A. D. and Paul L. C. 1968. Comparative performance of top crosses and S<sub>1</sub> progeny for improving populations of corn (*Zea mays* L.) *Crop Sci.* 8:191-194

Lonnquist J. H., Lindsey M. F. 1964. Topcross versus S<sub>1</sub> line performance in corn (*Zea Mays* L.) *Crop Sci.* 6:580-585.

López L. A., D. C. Franco, S. P. Barreto, 2007. Sobre la construcción del mejor predictor lineal insesgado (BLUP) y restricciones asociadas. *Revista Colombiana de Estadística*. 30:13-36.

Martínez G. A., A. A. Mastache L., J. V. Hidalgo C., y G. Rendón S. 2003. Mejor predictor lineal insesgado para aptitud combinatoria general y análisis combinado de los diseños II y IV de Griffing. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 26: 319–329.

Mastache L. A. A. 1998. Los mejores predictores lineales e insesgados en diseños de cruza dialélicas. Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Edo. De México.

Matzinger D. F. 1953. Comparison of three types of testers for the evaluation of inbred lines of corn. *Agronomy Journal*. 493-495.

Montesino L.A.O., A.A. Mastache L., I. Luna E. y J.V. Hidalgo C. 2007. Mejor predictor lineal e insesgado combinado para aptitud combinatoria general y análisis combinado de los diseños I y III de Griffing. *Téc. Pecu.* 45:131-146.

Rawlings J. O., D. L. Thompson, 1962 Performance level as criterion for the choice of maize tester. *Crop Sci.* 2:217-220

Rojas B. A. and G. F. Sprague. 1952 A comparison of variance components in corn yield trials III. General and specific combining ability and their interactions with locations and years. *Agron. Jour.* 44:462-466.

SAS Institute (2003). SAS proprietary software release 9.1. SAS Institute Inc., Cary, NC.

Shull G. H., 1908 The composition of a field of maize. Am. Breeders Assoc. Rep. 4: 296–301.

Shull G. H. 1909 A pure line method of corn breeding. Am. Breeders' Assoc. Rep. 5:51-59

Sprague G. F., 1939 An estimation of the number of top-crossed plants required for adequate representation of a corn variety. Journal of the American Society of Agronomy. 31:11-16.

Sprague G. F. and Tatum L. A. 1942 General vs specific combining ability in single crosses of corn. Journal of the American society of agronomy. 34:923-932.

Sprague G. F. 1945 Early testing of inbred lines of corn. Journal of the American Society of Agronomy. 163:108-116.

Tiessen A., Gómez-Merino F., Trejo-Téllez L., López-Fabre A., Padilla-Chacón D., Vargas-Ortiz E., y Palacios-Rojas N. 2009. Fundamentos y Metodologías Innovadoras para el Mejoramiento Genético de Maíz. Primera Edición, Bogotá, Colombia. pp 550.

Troyer A. F. 2009. Development of hybrid corn and the seed corn industry. In J. L. Bennetzen and S Hake (eds) Handbook of maize – Volume II: Genetics and Genomics. New York.

Tobias A. S., Jens M., Albrecht E. M., Barbara K., Badev S.D., Hans-Peter P., Matias F. 2010. Prediction of hybrid performance in maize using molecular

markers and joint analyses of hybrids and parental inbreds. *Theor. Appl. Genet.* 120:451-461.

Vargas M., Crossa J., Fred A., Eeuwijk V., Ramirez M. E., Sayre K. 1999 Using partial least squares regression, factorial regression, and AMMI models for interpreting genotype X environment interaction. *Crop Sci.* 39:955-967.

Zhang Y., M. S. Kang and K. R. Lamkey. 2005. DIALLEL-SAS05: A comprehensive program for Griffing's and Gardner-Eberhart analyses. *Agron. J.* 97:1097-1106.

## VII. APÉNDICE.

**Cuadro A1.** Aptitud Combinatoria General, líneas, probadores por localidad.

| Localidad | Cuadrados Medios para Líneas |    |             |    |         |    |                           |    |
|-----------|------------------------------|----|-------------|----|---------|----|---------------------------|----|
|           | índice de Selección          |    | Rendimiento |    | Humedad |    | Total de plantas acamadas |    |
| SIMC      | 430.597                      | ** | 3.790       | ** | 2.958   | ** | 10.757                    | ** |
| SIGA      | 375.254                      | ** | 8.191       | ** | 3.228   | ** | 36.994                    | ** |
| SICG      | 541.625                      | ** | 11.038      | ** | 4.262   | ** | 217.111                   | ** |
| SICM      | 390.096                      | ** | 2.455       | *  | 5.030   | ** | 55.609                    | ** |
| SICR      | 358.609                      | *  | 2.771       | ** | 4.293   | ** | 39.624                    | ** |

### Coefficiente de Variación para Líneas

|      |        |        |       |        |
|------|--------|--------|-------|--------|
| SIMC | 14.311 | 10.622 | 7.436 | 141.82 |
| SIGA | 13.289 | 11.932 | 8.152 | 122.25 |
| SICG | 16.853 | 15.106 | 7.789 | 213.49 |
| SICM | 13.382 | 11.346 | 9.307 | 132.28 |
| SICR | 15.139 | 9.055  | 9.867 | 75.77  |

### Cuadrados Medios para Probadores

|      |          |    |        |    |         |    |         |    |
|------|----------|----|--------|----|---------|----|---------|----|
| SIMC | 2218.727 | ** | 15.318 | ** | 60.455  | ** | 59.864  | ** |
| SIGA | 1819.542 | ** | 69.597 | ** | 89.190  | ** | 380.023 | ** |
| SICG | 2993.663 | ** | 50.879 | ** | 131.048 | ** | 977.134 | ** |
| SICM | 2994.330 | ** | 80.717 | ** | 128.065 | ** | 664.580 | ** |
| SICR | 4101.161 | ** | 22.617 | ** | 206.186 | ** | 190.074 | ** |

### Coefficiente de Variación para Probadores

|      |        |        |       |        |
|------|--------|--------|-------|--------|
| SIMC | 15.035 | 11.192 | 7.132 | 147.25 |
| SIGA | 13.824 | 12.937 | 7.494 | 126.94 |
| SICG | 17.501 | 16.887 | 6.949 | 220.16 |
| SICM | 13.911 | 10.181 | 8.722 | 131.74 |
| SICR | 14.867 | 9.088  | 7.985 | 83.93  |

**Cuadro A2.** Efecto del mejor predictor lineal insesgado para aptitud combinatoria general utilizando la variable índice de selección.

| Genotipo  | Testigo | T1       | T2       | T3       | T4       | T5       | T6       | T1T2T3T4T5T6 |
|-----------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------------|
| LINEA_83  |         | -1.16782 | 3.63099  | 2.43395  | 1.60891  | 0.08417  | 1.55548  | 7.17         |
| LINEA_47  |         | -1.37422 | 0.39167  | 1.52328  | 3.54529  | 0.25545  | 1.72041  | 5.33         |
| LINEA_124 |         | -2.38046 | 0.02741  | 6.56716  | 2.21484  | -0.20425 | -0.47282 | 5.06         |
| LINEA_136 |         | 0.08122  | -1.25461 | 1.32224  | 4.34087  | 0.34533  | 0.89676  | 5.04         |
| LINEA_146 |         | 3.54543  | 1.23407  | 2.93779  | 1.75589  | -2.61892 | -1.15066 | 5.02         |
| LINEA_49  |         | -3.57614 | 4.81442  | 3.40684  | 0.81560  | 1.31466  | -1.10339 | 4.99         |
| LINEA_56  |         | -2.35536 | 1.46481  | 2.07429  | 3.46207  | 1.40939  | -1.10312 | 4.36         |
| LINEA_44  |         | 0.23898  | 1.57595  | 0.48923  | -0.49835 | 2.39378  | 0.67992  | 4.29         |
| LINEA_43  |         | 0.09963  | 2.59408  | 2.65414  | -0.98741 | 0.37285  | 0.05822  | 4.22         |
| LINEA_2   |         | -2.52745 | 1.31461  | 2.24268  | 2.26363  | 0.43008  | 1.01157  | 4.17         |
| LINEA_50  |         | -0.31224 | 1.19231  | 0.14153  | 2.55345  | -1.65706 | 2.66598  | 4.03         |
| LINEA_110 |         | -2.61865 | 0.98016  | 2.73225  | 4.03076  | -2.41963 | 1.62897  | 3.81         |
| LINEA_42  |         | 2.50643  | -1.89961 | -2.67679 | 0.06928  | 3.42424  | 2.88888  | 3.79         |
| LINEA_58  |         | -0.67687 | 2.54681  | 0.00769  | 0.15601  | -0.08329 | 2.27934  | 3.72         |
| LINEA_51  |         | 0.29922  | 0.35437  | 4.36667  | -0.60644 | -0.84087 | 0.48740  | 3.57         |
| LINEA_144 |         | 0.76388  | 0.41039  | 2.49149  | 2.54703  | -0.47964 | -1.69450 | 3.55         |
| LINEA_11  |         | -1.59165 | 1.10221  | 1.13421  | 2.28330  | 0.28939  | 0.63424  | 3.39         |
| LINEA_15  |         | -1.70118 | 0.57289  | 2.48270  | 1.39863  | 0.82959  | 0.26178  | 3.38         |
| LINEA_72  |         | -0.65046 | -1.87788 | 1.70403  | 4.14375  | -0.95432 | 1.22409  | 3.16         |
| LINEA_37  |         | -0.27040 | 3.68265  | 0.97474  | 2.48748  | -2.93149 | -0.41369 | 3.10         |
| LINEA_137 |         | -0.62198 | 1.55578  | 0.54555  | 0.30560  | 0.02913  | 1.61841  | 3.02         |
| LINEA_114 |         | -1.07707 | 2.69533  | 1.21932  | 3.02254  | -3.69177 | 1.12830  | 2.90         |
| LINEA_12  |         | -3.35984 | 3.77133  | 0.11659  | 0.85356  | 1.95735  | -0.10984 | 2.84         |
| LINEA_38  |         | 1.62378  | 0.42005  | 0.73792  | 0.29263  | -0.60836 | 0.70322  | 2.79         |
| LINEA_46  |         | 1.01570  | 2.27503  | 1.61908  | -1.17923 | -2.71988 | 2.13876  | 2.77         |
| LINEA_129 |         | -0.08905 | 3.41357  | -3.33817 | 2.53371  | 0.11765  | 0.47747  | 2.74         |
| LINEA_52  |         | -1.42183 | 2.21076  | -2.49926 | 1.76207  | -0.02150 | 2.88637  | 2.57         |
| LINEA_40  |         | -0.20842 | 0.08798  | 2.37770  | -0.38172 | 1.93612  | -1.13798 | 2.35         |
| LINEA_24  |         | 0.82469  | 1.67822  | 1.61303  | 0.40388  | -1.10948 | -0.75909 | 2.33         |
| LINEA_138 |         | -1.81449 | 0.75411  | -0.12379 | 1.16186  | 0.10551  | 2.55753  | 2.32         |
| LINEA_3   |         | -0.20724 | -1.04809 | 2.70828  | 2.83326  | 0.18224  | -2.02966 | 2.15         |
| LINEA_104 |         | 0.80183  | 0.58154  | 1.51631  | 0.60354  | -1.23681 | 0.14088  | 2.12         |
| LINEA_101 |         | -1.06636 | 2.66668  | -0.98884 | 2.15665  | -0.07269 | -0.35081 | 2.06         |
| LINEA_6   |         | -2.46150 | 4.03490  | -2.43857 | 1.38567  | 0.54013  | 1.19779  | 1.99         |
| LINEA_53  |         | -3.35224 | -0.34313 | 0.89259  | 0.63460  | 2.73729  | 1.62141  | 1.93         |
| LINEA_76  |         | -2.34614 | 0.69415  | 1.99449  | -1.15656 | 3.79924  | -0.96372 | 1.78         |
| LINEA_18  |         | 2.46945  | -0.60800 | -1.85781 | -1.17985 | 1.06134  | 2.13060  | 1.77         |
| LINEA_59  |         | -3.34336 | 4.07795  | 2.22418  | -2.77266 | -0.63976 | 2.46222  | 1.77         |
| LINEA_29  |         | 0.97889  | 0.24499  | -0.68664 | -2.03916 | 2.18710  | 1.14376  | 1.61         |
| LINEA_108 |         | 2.87656  | -2.27242 | 0.40531  | 2.08648  | -0.53445 | -0.75508 | 1.59         |
| LINEA_39  |         | 1.95439  | -0.08618 | 1.88921  | -1.06009 | -1.01642 | 0.08043  | 1.55         |
| LINEA_107 |         | -1.17101 | -4.93644 | 2.09357  | 2.81126  | 0.44894  | 2.41793  | 1.46         |
| LINEA_4   |         | -1.56172 | -2.01257 | 3.88158  | 1.08300  | -0.89393 | 0.99040  | 1.31         |
| LINEA_97  |         | -0.65323 | -0.43598 | -0.56049 | -1.05609 | 0.08781  | 4.07928  | 1.29         |
| LINEA_45  |         | 2.23707  | -1.27394 | -2.55657 | 0.26876  | 3.05097  | -0.27536 | 1.28         |
| LINEA_96  |         | -0.89767 | 2.02702  | -1.01160 | 4.36564  | -0.72334 | -2.33021 | 1.26         |
| LINEA_63  |         | -1.27637 | 0.77144  | 0.85562  | -1.20841 | -2.31590 | 4.56904  | 1.23         |
| LINEA_82  |         | -3.20469 | 3.03177  | 1.42534  | -1.67951 | -1.43165 | 3.17123  | 1.15         |
| LINEA_106 |         | 0.53650  | -1.73861 | -2.41739 | 2.36215  | 0.31443  | 2.21457  | 1.12         |
| LINEA_77  |         | -1.77721 | -4.10686 | 1.84026  | -0.67935 | 2.16671  | 3.82709  | 1.12         |

**Cuadro A2.** Continuación. . .

| Genotipo  | Testigo | T1       | T2       | T3       | T4       | T5       | T6       | T1T2T3T4T5T6 |
|-----------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------------|
| LINEA_147 |         | -0.06715 | 2.09944  | 2.18050  | -4.71248 | 1.16299  | 0.46713  | 0.99         |
| LINEA_19  |         | 1.87609  | -0.01697 | -0.95577 | -0.65495 | 1.09306  | -0.24477 | 0.96         |
| LINEA_20  |         | 4.54978  | 0.32436  | -0.91660 | -2.75541 | 1.24551  | -1.39179 | 0.93         |
| LINEA_35  |         | 2.48275  | -1.61638 | 0.82467  | 0.34001  | 0.12314  | -1.13353 | 0.90         |
| LINEA_73  |         | -1.77094 | 2.99115  | -0.95570 | -0.96076 | 3.46400  | -1.78575 | 0.86         |
| LINEA_92  |         | 0.83703  | 5.13059  | 1.14444  | -5.60799 | -0.30859 | -0.39567 | 0.70         |
| LINEA_116 |         | -2.83542 | 1.84648  | 0.82905  | 1.66904  | -1.22901 | 0.45395  | 0.65         |
| LINEA_1   |         | -3.24864 | 0.72064  | 3.18059  | 0.93058  | -0.15186 | -0.70848 | 0.64         |
| LINEA_21  |         | 2.80199  | 0.19415  | -2.73458 | -2.42980 | 3.56809  | -0.70419 | 0.61         |
| LINEA_22  |         | 0.03516  | -1.83825 | 2.08191  | -1.67776 | 0.48485  | 1.60928  | 0.61         |
| LINEA_148 |         | 0.48370  | 1.37803  | 1.33629  | 0.04964  | -1.57456 | -0.98956 | 0.60         |
| LINEA_120 |         | 2.42000  | -0.26346 | -0.65167 | -4.11962 | 1.86214  | 1.39039  | 0.56         |
| LINEA_99  |         | 0.66040  | 1.61714  | -1.53688 | 0.00739  | -1.85254 | 1.69988  | 0.52         |
| LINEA_115 |         | 2.23587  | -0.83629 | 0.83587  | 0.33814  | -2.62173 | 0.62681  | 0.51         |
| LINEA_118 |         | 0.31278  | 0.07487  | 3.76828  | -0.82429 | 0.27191  | -3.03481 | 0.50         |
| LINEA_61  |         | 0.02565  | -2.74645 | 0.92205  | 2.01410  | -0.09917 | 0.42666  | 0.48         |
| LINEA_64  |         | -2.98369 | 1.58577  | 1.51591  | 2.03522  | -2.37911 | 0.74445  | 0.46         |
| LINEA_89  |         | 1.83384  | -3.01241 | 1.02747  | -1.19671 | 1.40610  | 0.38911  | 0.39         |
| LINEA_109 |         | 2.00918  | -0.83241 | 1.74877  | 0.77413  | -2.54728 | -0.71159 | 0.39         |
| LINEA_10  |         | -0.64881 | 1.83791  | -0.11267 | -0.89217 | 1.84489  | -1.59736 | 0.38         |
| LINEA_62  |         | 0.25673  | -1.69415 | 0.02039  | 1.24632  | 1.38522  | -0.87171 | 0.30         |
| LINEA_85  |         | 0.92402  | 0.81151  | -1.68650 | -1.32713 | 1.34551  | 0.14651  | 0.19         |
| LINEA_93  |         | -3.45516 | 1.77899  | -0.65383 | 0.31081  | 0.16919  | 1.92889  | 0.07         |
| LINEA_143 |         | 0.76567  | -0.60959 | -1.31437 | 0.00719  | -0.29338 | 1.46753  | 0.02         |
| LINEA_31  |         | -0.43744 | -0.83448 | 0.05565  | 0.72688  | 0.23998  | 0.18419  | -0.06        |
| LINEA_17  |         | 1.97645  | -0.83368 | 0.01810  | -1.13096 | 0.23812  | -0.43712 | -0.15        |
| LINEA_98  |         | 2.54116  | -4.76073 | 0.82295  | -1.32904 | 1.12323  | 1.40386  | -0.17        |
| LINEA_16  |         | 1.92968  | -2.68478 | 0.17104  | 1.61414  | -1.73534 | 0.42068  | -0.25        |
| LINEA_87  |         | -1.73529 | -0.02971 | -3.94271 | 3.22584  | 1.66362  | 0.35370  | -0.41        |
| LINEA_9   |         | 2.49847  | -2.14945 | 0.67402  | -2.20564 | 1.66098  | -0.94791 | -0.41        |
| LINEA_145 |         | -0.17168 | 0.46032  | 0.93091  | -3.54114 | 0.00100  | 1.78723  | -0.47        |
| LINEA_81  |         | -1.49892 | 0.70580  | -0.64281 | 2.17945  | -2.21504 | 0.92739  | -0.48        |
| LINEA_55  |         | -1.64622 | -2.73542 | 2.43868  | 0.98780  | -0.29791 | 0.67071  | -0.51        |
| LINEA_48  |         | 0.75363  | 0.62012  | 1.30535  | -3.31825 | -0.88249 | 0.86831  | -0.57        |
| LINEA_75  |         | -2.01162 | -0.58672 | -1.00924 | 0.78183  | 1.42614  | 0.73842  | -0.58        |
| LINEA_128 |         | 3.49685  | 1.28566  | -3.14869 | 0.56521  | -1.07173 | -1.79885 | -0.59        |
| LINEA_33  |         | 0.12091  | -2.10592 | 3.22683  | 1.83156  | 1.19136  | -4.94230 | -0.60        |
| LINEA_54  |         | -2.03733 | 0.36375  | -1.36605 | 0.53353  | 1.08973  | 0.72519  | -0.61        |
| LINEA_100 |         | -0.36129 | 1.65947  | -1.95300 | -1.10919 | 3.45431  | -2.38199 | -0.61        |
| LINEA_41  |         | 1.60057  | 2.50148  | -0.46824 | -0.82583 | -1.99144 | -1.63411 | -0.72        |
| LINEA_113 |         | 0.47119  | 1.70121  | -0.95303 | 0.11627  | -3.82589 | 1.58525  | -0.80        |
| LINEA_13  |         | 0.16413  | -1.35842 | -1.84429 | -0.55293 | 2.05061  | 0.57883  | -0.85        |
| LINEA_102 |         | -2.81810 | -0.89918 | 3.45076  | -0.15055 | -1.21692 | 0.56457  | -0.94        |
| LINEA_103 |         | -0.71019 | -0.91289 | 1.59388  | 2.11086  | -4.90154 | 1.67844  | -1.00        |
| LINEA_70  |         | -1.18825 | 1.19669  | 0.06415  | -0.70597 | 3.16125  | -3.72760 | -1.06        |
| LINEA_28  |         | 1.48628  | -0.32989 | -2.79889 | 0.97459  | -0.03755 | -0.56361 | -1.12        |
| LINEA_121 |         | 1.13442  | -0.31415 | 0.78334  | -1.63897 | 0.12171  | -1.52404 | -1.26        |
| LINEA_78  |         | 1.59515  | -0.28883 | -0.74220 | -4.27307 | 1.65869  | 0.60248  | -1.27        |
| LINEA_5   |         | 0.08109  | -0.50867 | -0.03022 | -0.90202 | -0.20587 | 0.11705  | -1.27        |
| LINEA_57  |         | -1.27510 | 0.83376  | -1.16167 | 0.30553  | -0.80263 | 0.60118  | -1.32        |

**Cuadro A2.** Continuación. . .

| Genotipo  | Testigo  | T1       | T2       | T3       | T4       | T5       | T6       | T1T2T3T4T5T6 |
|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------------|
| LINEA_23  |          | 2.68361  | -0.61429 | 0.66189  | -4.17109 | 2.55941  | -2.74206 | -1.43        |
| LINEA_94  |          | -1.10221 | 1.31933  | -0.22951 | 1.35879  | 0.12866  | -3.11330 | -1.44        |
| LINEA_84  |          | -2.19250 | -0.81452 | 0.90681  | -0.79073 | 0.59079  | 0.60135  | -1.49        |
| LINEA_117 |          | 2.12230  | 2.17586  | -2.38657 | 0.42223  | -0.88694 | -3.17849 | -1.52        |
| LINEA_95  |          | 1.66672  | 1.00062  | -3.38615 | -1.47859 | 1.49897  | -1.04070 | -1.53        |
| LINEA_135 |          | -1.24596 | -0.34795 | 1.78508  | 2.53767  | -4.50990 | -0.04543 | -1.61        |
| LINEA_80  |          | 0.09140  | -2.04461 | -4.79979 | 0.27523  | 0.96550  | 3.67404  | -1.62        |
| LINEA_111 |          | 0.15148  | -2.40508 | 2.48220  | -0.32541 | -3.29092 | 1.48059  | -1.68        |
| LINEA_74  |          | -2.47680 | -0.20528 | -4.00337 | 0.88601  | 2.45635  | 1.36671  | -1.74        |
| LINEA_142 |          | 4.85241  | 1.89238  | -4.93803 | 0.09258  | -4.66696 | 0.74246  | -1.78        |
| LINEA_141 |          | 1.16383  | -4.59598 | 0.51900  | -0.83087 | -1.09828 | 2.79552  | -1.80        |
| LINEA_90  |          | -0.18198 | 1.09566  | -1.41471 | 1.17585  | 0.84384  | -3.56946 | -1.80        |
| LINEA_7   |          | -1.32840 | -0.12071 | 0.34078  | 1.78974  | -0.62360 | -2.27651 | -1.95        |
| LINEA_36  |          | 2.38518  | -1.53633 | 0.34342  | -1.51116 | -1.27002 | -0.67523 | -1.99        |
| LINEA_91  |          | 0.61651  | -1.56342 | -4.37385 | 3.96551  | 0.65183  | -1.72549 | -2.14        |
| LINEA_140 |          | -2.07398 | -1.83742 | 1.95679  | -0.96016 | -2.38473 | 2.76334  | -2.23        |
| LINEA_66  |          | 1.19349  | -0.82876 | -0.79638 | -1.35578 | 0.90541  | -1.79085 | -2.35        |
| LINEA_68  |          | -0.91213 | -2.42125 | -1.67465 | 0.57937  | 1.00102  | 0.66581  | -2.43        |
| LINEA_65  |          | -2.69225 | -1.25942 | 0.28030  | 2.79894  | 0.19559  | -2.14146 | -2.48        |
| LINEA_67  |          | 0.47639  | -2.25088 | -2.41241 | -0.94292 | 2.53046  | -0.23222 | -2.49        |
| LINEA_112 |          | -1.41545 | 0.03173  | 2.63041  | 4.48524  | -7.85116 | -0.78108 | -2.55        |
| LINEA_60  |          | 0.98593  | -2.43738 | -1.05461 | 0.32514  | -1.05922 | 0.10087  | -2.76        |
| LINEA_71  |          | -1.57519 | -1.29663 | -2.28766 | 0.21171  | 1.63972  | 0.14512  | -2.78        |
| LINEA_132 |          | -1.51531 | 0.99687  | -2.40189 | -3.00538 | 3.62354  | -0.86490 | -2.79        |
| LINEA_25  |          | 2.46777  | -0.50115 | -2.07985 | -4.22978 | -0.70847 | 1.84096  | -2.82        |
| LINEA_139 |          | 2.44920  | -1.37767 | -0.71154 | -1.44182 | 0.16317  | -2.30759 | -2.84        |
| LINEA_8   |          | 2.81479  | -0.80111 | -1.29760 | -1.46593 | 1.45048  | -3.98842 | -2.89        |
| LINEA_79  |          | -0.39247 | -0.90251 | -4.22746 | 0.50129  | 1.83502  | -0.26440 | -3.04        |
| LINEA_34  |          | 2.09655  | -2.27275 | 0.63414  | -2.58889 | -1.17906 | -0.18733 | -3.08        |
| LINEA_69  |          | -1.74670 | -1.33557 | -2.70510 | 3.15443  | 2.14614  | -3.20364 | -3.25        |
| LINEA_119 |          | 0.89157  | -3.01177 | 1.22595  | 0.64690  | -0.65043 | -2.95150 | -3.39        |
| LINEA_126 |          | 2.17166  | -0.14796 | 0.73863  | -2.00537 | -0.55146 | -4.39474 | -3.69        |
| LINEA_122 |          | -0.14835 | -4.45530 | -1.72792 | 1.07096  | 0.96509  | -0.28463 | -4.03        |
| LINEA_127 |          | 0.80059  | 2.45983  | -4.05134 | -4.69206 | -0.38859 | 1.24198  | -4.07        |
| LINEA_88  |          | -1.54571 | -1.63465 | -0.06272 | 0.47512  | 1.70162  | -3.59956 | -4.10        |
| LINEA_131 |          | -0.84105 | -0.78826 | -0.94196 | -4.99903 | 1.98569  | 0.36973  | -4.59        |
| LINEA_105 |          | 3.36592  | -0.65587 | -5.38816 | -1.28658 | -1.56018 | 0.30412  | -4.59        |
| LINEA_123 |          | -0.67630 | -0.04302 | 1.58179  | -4.39279 | -2.36613 | -0.41740 | -5.55        |
| LINEA_125 |          | 0.96278  | 1.20599  | -2.88123 | -2.92100 | -1.21762 | -3.09229 | -6.99        |
| LINEA_134 |          | 0.09852  | 0.13684  | -0.97688 | -3.68101 | -1.13915 | -2.42277 | -7.02        |
| LINEA_130 |          | 2.91522  | -4.05649 | -4.09309 | -3.50695 | 0.33196  | -1.16772 | -8.43        |
| LINEA_26  |          | 3.99980  | -6.17076 | -2.81713 | -4.18904 | -0.89136 | -3.02168 | -11.52       |
| BISONTE   | 2.14001  | 2.14001  |          |          |          |          |          |              |
| DK2020    | -5.51757 | -5.51757 |          |          |          |          |          |              |
| PUMA      | -1.91697 | -1.91697 |          |          |          |          |          |              |

**Intercepto** 103.41

**Cuadro A3.** Calculo de ACG por el método del mejor predictor lineal insesgado, por línea a través de probadores, para las variables tomadas.

| Genotipo  | MPLI_GCA    |                     |         |                           |
|-----------|-------------|---------------------|---------|---------------------------|
|           | Rendimiento | Índice de Selección | Humedad | Total de plantas acamadas |
| LINEA_83  | 0.870       | 7.166               | 0.055   | -0.120                    |
| LINEA_47  | 0.528       | 5.333               | -0.555  | -0.247                    |
| LINEA_124 | 0.287       | 5.060               | 0.098   | -1.253                    |
| LINEA_136 | 0.398       | 5.042               | 0.019   | -1.864                    |
| LINEA_146 | 0.495       | 5.018               | 0.312   | -1.319                    |
| LINEA_49  | 0.571       | 4.990               | -0.183  | -0.204                    |
| LINEA_56  | 0.281       | 4.356               | -0.652  | -0.279                    |
| LINEA_44  | 0.422       | 4.293               | -0.170  | 0.714                     |
| LINEA_43  | 0.268       | 4.215               | -0.874  | 0.260                     |
| LINEA_2   | 0.105       | 4.166               | -0.780  | -0.112                    |
| LINEA_50  | 0.502       | 4.033               | -0.152  | 0.549                     |
| LINEA_110 | 0.338       | 3.813               | -0.025  | -0.094                    |
| LINEA_42  | 0.644       | 3.794               | 0.378   | 3.733                     |
| LINEA_58  | 0.352       | 3.721               | -0.377  | 0.786                     |
| LINEA_51  | 0.027       | 3.572               | -0.451  | -0.015                    |
| LINEA_144 | 0.187       | 3.553               | -0.213  | -0.749                    |
| LINEA_11  | -0.034      | 3.388               | -0.113  | 0.180                     |
| LINEA_15  | -0.034      | 3.382               | -0.199  | 0.373                     |
| LINEA_72  | 0.380       | 3.157               | -0.623  | -0.581                    |
| LINEA_37  | 0.004       | 3.105               | -0.373  | -0.791                    |
| LINEA_137 | 0.184       | 3.020               | -0.230  | -1.027                    |
| LINEA_114 | 0.137       | 2.900               | -0.916  | -0.607                    |
| LINEA_12  | -0.088      | 2.841               | -0.751  | 1.240                     |
| LINEA_38  | 0.065       | 2.788               | 0.056   | -0.377                    |
| LINEA_46  | 0.297       | 2.771               | -0.472  | -0.444                    |
| LINEA_129 | 0.154       | 2.740               | -0.415  | -1.143                    |
| LINEA_52  | 0.003       | 2.566               | -0.042  | -0.106                    |
| LINEA_40  | -0.045      | 2.352               | -0.107  | -0.455                    |
| LINEA_24  | -0.020      | 2.332               | -0.367  | -0.951                    |
| LINEA_138 | 0.100       | 2.323               | 0.071   | -1.314                    |
| LINEA_3   | -0.145      | 2.145               | -0.392  | -1.884                    |
| LINEA_104 | -0.136      | 2.118               | -0.739  | -0.314                    |
| LINEA_101 | 0.300       | 2.063               | -0.090  | 2.150                     |
| LINEA_6   | 0.073       | 1.987               | -0.392  | 0.010                     |
| LINEA_53  | -0.110      | 1.927               | 0.188   | -0.753                    |
| LINEA_76  | 0.280       | 1.778               | 0.241   | -1.466                    |
| LINEA_18  | -0.047      | 1.773               | -0.072  | -0.242                    |
| LINEA_59  | 0.041       | 1.767               | -0.360  | -0.379                    |
| LINEA_29  | -0.057      | 1.609               | 0.550   | 0.642                     |
| LINEA_108 | 0.193       | 1.589               | 0.174   | 0.346                     |

**Cuadro A3.** Continuación. . .

| Genotipo  | MPLI_GCA    |                     |         |                           |
|-----------|-------------|---------------------|---------|---------------------------|
|           | Rendimineto | Índice de Selección | Humedad | Total de plantas acamadas |
| LINEA_39  | -0.191      | 1.549               | -1.081  | 0.250                     |
| LINEA_107 | 0.398       | 1.464               | 0.749   | 0.041                     |
| LINEA_4   | -0.108      | 1.308               | -0.030  | -0.772                    |
| LINEA_97  | 0.134       | 1.286               | -0.048  | 1.574                     |
| LINEA_45  | 0.255       | 1.276               | -0.237  | 0.677                     |
| LINEA_96  | 0.100       | 1.258               | -0.212  | 0.544                     |
| LINEA_63  | 0.164       | 1.228               | 0.343   | -1.875                    |
| LINEA_82  | 0.264       | 1.155               | -0.059  | 0.152                     |
| LINEA_106 | 0.195       | 1.119               | 0.330   | -0.652                    |
| LINEA_77  | 0.191       | 1.118               | 0.047   | -0.996                    |
| LINEA_147 | 0.145       | 0.994               | 0.399   | -1.677                    |
| LINEA_19  | 0.182       | 0.965               | -0.516  | 0.749                     |
| LINEA_20  | 0.297       | 0.929               | -0.286  | 1.425                     |
| LINEA_35  | -0.124      | 0.898               | -0.095  | -0.404                    |
| LINEA_73  | 0.233       | 0.864               | 0.084   | -0.839                    |
| LINEA_92  | -0.005      | 0.704               | -0.632  | 0.794                     |
| LINEA_116 | 0.001       | 0.646               | 0.402   | -0.796                    |
| LINEA_1   | -0.136      | 0.636               | -0.277  | -0.900                    |
| LINEA_21  | 0.167       | 0.612               | -0.727  | 0.341                     |
| LINEA_22  | 0.235       | 0.612               | -0.481  | 0.938                     |
| LINEA_148 | 0.214       | 0.601               | -0.370  | -0.641                    |
| LINEA_120 | 0.261       | 0.561               | 0.370   | -0.751                    |
| LINEA_99  | -0.083      | 0.524               | -0.487  | 2.784                     |
| LINEA_115 | 0.059       | 0.509               | -0.196  | 0.645                     |
| LINEA_118 | 0.211       | 0.500               | 0.276   | -0.325                    |
| LINEA_61  | 0.056       | 0.478               | 0.126   | -1.926                    |
| LINEA_64  | 0.186       | 0.456               | 0.499   | -0.447                    |
| LINEA_89  | 0.108       | 0.394               | 0.897   | 0.157                     |
| LINEA_109 | 0.197       | 0.388               | 0.732   | 0.136                     |
| LINEA_10  | -0.127      | 0.380               | -0.097  | -0.298                    |
| LINEA_62  | 0.093       | 0.302               | 0.080   | -1.093                    |
| LINEA_85  | 0.058       | 0.188               | 0.341   | 0.999                     |
| LINEA_93  | -0.242      | 0.069               | -0.244  | -1.164                    |
| LINEA_143 | -0.081      | 0.020               | 0.135   | -0.442                    |
| LINEA_31  | -0.267      | -0.057              | 0.369   | -0.598                    |
| LINEA_17  | -0.119      | -0.149              | 0.391   | 0.166                     |
| LINEA_98  | -0.004      | -0.175              | 0.902   | 0.068                     |
| LINEA_16  | -0.120      | -0.250              | -0.176  | 0.050                     |
| LINEA_87  | 0.069       | -0.409              | -0.550  | 0.236                     |
| LINEA_9   | 0.238       | -0.413              | -0.798  | 2.598                     |
| LINEA_145 | 0.139       | -0.469              | 0.443   | 0.118                     |

**Cuadro A3.** Continuación. . .

| Genotipo  | MPLI_GCA    |                        |         | Total de plantas<br>acamadas |
|-----------|-------------|------------------------|---------|------------------------------|
|           | Rendimineto | Índice de<br>Selección | Humedad |                              |
| LINEA_81  | 0.279       | -0.479                 | 0.389   | 1.430                        |
| LINEA_55  | -0.129      | -0.512                 | 0.087   | 0.310                        |
| LINEA_48  | 0.058       | -0.575                 | -0.315  | 0.557                        |
| LINEA_75  | 0.090       | -0.582                 | 1.098   | -1.539                       |
| LINEA_128 | -0.013      | -0.591                 | 0.082   | 0.107                        |
| LINEA_33  | -0.436      | -0.596                 | 0.036   | -1.292                       |
| LINEA_54  | -0.119      | -0.608                 | 0.575   | -0.113                       |
| LINEA_100 | -0.096      | -0.608                 | -0.796  | 3.021                        |
| LINEA_41  | -0.016      | -0.719                 | 0.073   | 0.945                        |
| LINEA_113 | -0.126      | -0.796                 | -0.193  | -0.585                       |
| LINEA_13  | -0.374      | -0.846                 | -0.390  | 2.106                        |
| LINEA_102 | -0.203      | -0.941                 | -0.850  | 0.606                        |
| LINEA_103 | -0.043      | -1.004                 | -0.531  | 0.898                        |
| LINEA_70  | 0.146       | -1.055                 | -0.213  | 0.302                        |
| LINEA_28  | -0.519      | -1.116                 | 0.252   | -1.398                       |
| LINEA_121 | -0.154      | -1.265                 | -0.162  | -0.702                       |
| LINEA_78  | 0.108       | -1.274                 | 0.272   | 0.507                        |
| LINEA_5   | 0.016       | -1.274                 | -0.205  | 0.220                        |
| LINEA_57  | -0.280      | -1.319                 | -0.177  | -0.220                       |
| LINEA_23  | -0.015      | -1.427                 | -0.483  | -0.206                       |
| LINEA_94  | -0.218      | -1.441                 | -0.001  | 0.605                        |
| LINEA_84  | 0.166       | -1.494                 | 0.683   | -0.250                       |
| LINEA_117 | -0.219      | -1.523                 | -0.035  | -0.424                       |
| LINEA_95  | -0.273      | -1.530                 | -0.456  | 1.272                        |
| LINEA_135 | -0.088      | -1.607                 | 1.218   | -0.951                       |
| LINEA_80  | 0.116       | -1.617                 | 0.616   | -0.254                       |
| LINEA_111 | -0.279      | -1.678                 | -0.175  | -0.872                       |
| LINEA_74  | -0.013      | -1.739                 | 0.688   | -1.466                       |
| LINEA_142 | -0.136      | -1.782                 | -0.352  | 1.232                        |
| LINEA_141 | 0.010       | -1.801                 | 1.669   | -0.991                       |
| LINEA_90  | -0.345      | -1.804                 | -1.097  | 0.666                        |
| LINEA_7   | -0.176      | -1.952                 | -1.250  | -0.044                       |
| LINEA_36  | -0.269      | -1.992                 | 0.050   | 0.602                        |
| LINEA_91  | -0.301      | -2.137                 | -0.293  | 0.253                        |
| LINEA_140 | -0.212      | -2.231                 | 1.027   | -1.389                       |
| LINEA_66  | -0.053      | -2.351                 | -0.614  | -0.699                       |
| LINEA_68  | 0.018       | -2.430                 | 0.099   | -0.172                       |
| LINEA_65  | -0.090      | -2.479                 | -0.211  | -0.659                       |
| LINEA_67  | 0.001       | -2.491                 | -0.127  | -0.136                       |
| LINEA_112 | -0.289      | -2.551                 | 0.602   | -1.069                       |
| LINEA_60  | -0.153      | -2.762                 | -0.008  | -0.226                       |

**Cuadro A3.** Continuación. . .

| <b>MPLI_GCA</b> |             |                     |         |                           |
|-----------------|-------------|---------------------|---------|---------------------------|
| Genotipo        | Rendimineto | Índice de Selección | Humedad | Total de plantas acamadas |
| LINEA_71        | -0.106      | -2.782              | -0.136  | -0.639                    |
| LINEA_132       | 0.030       | -2.786              | 1.463   | 3.386                     |
| LINEA_25        | -0.527      | -2.824              | -0.433  | -0.136                    |
| LINEA_139       | -0.286      | -2.838              | -0.296  | -0.271                    |
| LINEA_8         | -0.193      | -2.892              | -1.109  | 0.861                     |
| LINEA_79        | -0.060      | -3.035              | 0.297   | 0.800                     |
| LINEA_34        | -0.559      | -3.077              | 0.409   | -0.631                    |
| LINEA_69        | -0.210      | -3.247              | -0.126  | -1.502                    |
| LINEA_119       | -0.381      | -3.386              | -0.226  | -0.654                    |
| LINEA_126       | -0.007      | -3.685              | 0.086   | 0.392                     |
| LINEA_122       | -0.306      | -4.029              | 0.299   | -0.336                    |
| LINEA_127       | -0.184      | -4.073              | 0.863   | 1.198                     |
| LINEA_88        | -0.184      | -4.105              | 0.751   | -0.140                    |
| LINEA_131       | -0.342      | -4.588              | 0.680   | 1.881                     |
| LINEA_105       | -0.176      | -4.593              | 0.387   | 2.160                     |
| LINEA_123       | -0.498      | -5.554              | 0.264   | -1.089                    |
| LINEA_125       | -0.224      | -6.988              | 1.061   | 0.270                     |
| LINEA_134       | -0.534      | -7.024              | 0.650   | 2.502                     |
| LINEA_130       | -0.527      | -8.425              | 1.523   | 2.213                     |
| LINEA_26        | -0.750      | -11.516             | 2.297   | -1.027                    |
| Testigos        | -1.452      | -9.144              | -0.870  | -0.099                    |
| Intercepto      | 13.19       | 103.41              | 17.30   | 1.75                      |

Tabla A4. Correlaciones posibles para índice de selección entre todas las combinaciones posibles de los probadores.

|            | T1     | T2    | T3     | T4     | T5    | T6    | T1T2  | T1T3  | T1T4  | T1T5   | T1T6    | T2T3   | T2T4   | T2T5  | T2T6  | T3T4   | T3T5  | T3T6  | T4T5   |
|------------|--------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|---------|--------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|
| T1         | -      | 0.016 | -0.025 | -0.095 | 0.063 | 0.058 | 0.627 | 0.581 | 0.595 | 0.735  | 0.689   | -0.015 | -0.056 | 0.056 | 0.052 | -0.074 | 0.084 | 0.018 | -0.026 |
| T2         | 0.016  | -     | 0.282  | 0.314  | 0.166 | 0.315 | 0.756 | 0.202 | 0.261 | 0.137  | 0.233   | 0.742  | 0.796  | 0.811 | 0.823 | 0.341  | 0.323 | 0.355 | 0.330  |
| T3         | -0.025 | 0.282 | -      | 0.375  | 0.015 | 0.367 | 0.188 | 0.770 | 0.269 | 0.037  | 0.235   | 0.822  | 0.404  | 0.202 | 0.376 | 0.845  | 0.783 | 0.855 | 0.262  |
| T4         | -0.095 | 0.314 | 0.375  | -      | 0.071 | 0.304 | 0.187 | 0.234 | 0.703 | -0.033 | 0.159   | 0.415  | 0.798  | 0.233 | 0.375 | 0.782  | 0.268 | 0.395 | 0.749  |
| T5         | 0.063  | 0.166 | 0.015  | 0.071  | -     | 0.115 | 0.194 | 0.099 | 0.086 | 0.688  | 0.122   | 0.079  | 0.125  | 0.673 | 0.173 | 0.032  | 0.567 | 0.067 | 0.656  |
| T6         | 0.058  | 0.315 | 0.367  | 0.304  | 0.115 | -     | 0.273 | 0.333 | 0.279 | 0.093  | 0.721   | 0.399  | 0.370  | 0.287 | 0.768 | 0.405  | 0.347 | 0.777 | 0.278  |
| T1T2       | 0.627  | 0.756 | 0.188  | 0.187  | 0.194 | 0.273 | -     | 0.520 | 0.578 | 0.576  | 0.619   | 0.542  | 0.562  | 0.658 | 0.658 | 0.204  | 0.300 | 0.271 | 0.253  |
| T1T3       | 0.581  | 0.202 | 0.770  | 0.234  | 0.099 | 0.333 | 0.520 | -     | 0.582 | 0.498  | 0.622   | 0.626  | 0.256  | 0.197 | 0.313 | 0.617  | 0.699 | 0.693 | 0.217  |
| T1T4       | 0.595  | 0.261 | 0.269  | 0.703  | 0.086 | 0.279 | 0.578 | 0.582 | -     | 0.468  | 0.607   | 0.307  | 0.584  | 0.213 | 0.327 | 0.552  | 0.256 | 0.322 | 0.564  |
| T1T5       | 0.735  | 0.137 | 0.037  | -0.033 | 0.688 | 0.093 | 0.576 | 0.498 | 0.468 | -      | 0.552   | 0.081  | 0.046  | 0.486 | 0.144 | -0.005 | 0.455 | 0.075 | 0.402  |
| T1T6       | 0.689  | 0.233 | 0.235  | 0.159  | 0.122 | 0.721 | 0.619 | 0.622 | 0.607 | 0.552  | -       | 0.260  | 0.220  | 0.230 | 0.568 | 0.233  | 0.293 | 0.548 | 0.183  |
| T2T3       | -0.015 | 0.742 | 0.822  | 0.415  | 0.079 | 0.399 | 0.542 | 0.626 | 0.307 | 0.081  | 0.260   | -      | 0.715  | 0.583 | 0.705 | 0.758  | 0.703 | 0.761 | 0.336  |
| T2T4       | -0.056 | 0.796 | 0.404  | 0.798  | 0.125 | 0.370 | 0.562 | 0.256 | 0.584 | 0.046  | 0.220   | 0.715  | -      | 0.628 | 0.726 | 0.692  | 0.351 | 0.459 | 0.651  |
| T2T5       | 0.056  | 0.811 | 0.202  | 0.233  | 0.673 | 0.287 | 0.658 | 0.197 | 0.213 | 0.486  | 0.230   | 0.583  | 0.628  | -     | 0.694 | 0.242  | 0.556 | 0.290 | 0.601  |
| T2T6       | 0.052  | 0.823 | 0.376  | 0.375  | 0.173 | 0.768 | 0.658 | 0.313 | 0.327 | 0.144  | 0.568   | 0.705  | 0.726  | 0.694 | -     | 0.437  | 0.399 | 0.664 | 0.374  |
| T3T4       | -0.074 | 0.341 | 0.845  | 0.782  | 0.032 | 0.405 | 0.204 | 0.617 | 0.552 | -0.005 | 0.233   | 0.758  | 0.692  | 0.242 | 0.437 | -      | 0.654 | 0.773 | 0.574  |
| T3T5       | 0.084  | 0.323 | 0.783  | 0.268  | 0.567 | 0.347 | 0.300 | 0.699 | 0.256 | 0.455  | 0.293   | 0.703  | 0.351  | 0.556 | 0.399 | 0.654  | -     | 0.709 | 0.558  |
| T3T6       | 0.018  | 0.355 | 0.855  | 0.395  | 0.067 | 0.777 | 0.271 | 0.693 | 0.322 | 0.075  | 0.548   | 0.761  | 0.459  | 0.290 | 0.664 | 0.773  | 0.709 | -     | 0.315  |
| T4T5       | -0.026 | 0.330 | 0.262  | 0.749  | 0.656 | 0.278 | 0.253 | 0.217 | 0.564 | 0.402  | 0.183   | 0.336  | 0.651  | 0.601 | 0.374 | 0.574  | 0.558 | 0.315 | -      |
| T4T6       | -0.024 | 0.384 | 0.443  | 0.801  | 0.105 | 0.780 | 0.277 | 0.338 | 0.617 | 0.035  | 0.532   | 0.492  | 0.725  | 0.314 | 0.698 | 0.726  | 0.361 | 0.713 | 0.634  |
| T5T6       | 0.075  | 0.335 | 0.237  | 0.206  | 0.702 | 0.746 | 0.314 | 0.265 | 0.214 | 0.501  | 0.575   | 0.317  | 0.316  | 0.640 | 0.647 | 0.260  | 0.591 | 0.568 | 0.591  |
| T1T2T3     | 0.419  | 0.680 | 0.707  | 0.335  | 0.156 | 0.390 | 0.793 | 0.827 | 0.551 | 0.420  | 0.553   | 0.874  | 0.620  | 0.579 | 0.668 | 0.629  | 0.687 | 0.682 | 0.332  |
| T1T2T4     | 0.408  | 0.725 | 0.342  | 0.676  | 0.171 | 0.345 | 0.822 | 0.511 | 0.831 | 0.401  | 0.528   | 0.629  | 0.861  | 0.604 | 0.675 | 0.580  | 0.366 | 0.406 | 0.597  |
| T1T2T5     | 0.528  | 0.683 | 0.181  | 0.161  | 0.602 | 0.241 | 0.883 | 0.473 | 0.484 | 0.786  | 0.526   | 0.492  | 0.501  | 0.849 | 0.590 | 0.184  | 0.519 | 0.252 | 0.494  |
| T1T2T6     | 0.489  | 0.720 | 0.311  | 0.280  | 0.195 | 0.678 | 0.872 | 0.540 | 0.560 | 0.468  | 0.820   | 0.598  | 0.599  | 0.630 | 0.877 | 0.341  | 0.392 | 0.575 | 0.320  |
| T1T3T4     | 0.383  | 0.313 | 0.756  | 0.670  | 0.063 | 0.401 | 0.478 | 0.850 | 0.800 | 0.332  | 0.546   | 0.678  | 0.594  | 0.239 | 0.421 | 0.867  | 0.632 | 0.719 | 0.511  |
| T1T3T5     | 0.526  | 0.264 | 0.651  | 0.201  | 0.526 | 0.312 | 0.543 | 0.879 | 0.511 | 0.744  | 0.569   | 0.579  | 0.268  | 0.493 | 0.344 | 0.526  | 0.870 | 0.605 | 0.478  |
| T1T3T6     | 0.446  | 0.310 | 0.739  | 0.311  | 0.108 | 0.709 | 0.519 | 0.885 | 0.559 | 0.396  | 0.804   | 0.655  | 0.370  | 0.282 | 0.599 | 0.649  | 0.672 | 0.886 | 0.281  |
| T1T4T5     | 0.504  | 0.301 | 0.240  | 0.589  | 0.577 | 0.264 | 0.564 | 0.524 | 0.833 | 0.741  | 0.536   | 0.304  | 0.532  | 0.536 | 0.346 | 0.469  | 0.526 | 0.298 | 0.823  |
| T1T4T6     | 0.453  | 0.333 | 0.374  | 0.652  | 0.113 | 0.707 | 0.544 | 0.588 | 0.852 | 0.378  | 0.824   | 0.410  | 0.592  | 0.278 | 0.623 | 0.595  | 0.352 | 0.629 | 0.537  |
| T1T5T6     | 0.573  | 0.278 | 0.209  | 0.135  | 0.591 | 0.623 | 0.588 | 0.545 | 0.500 | 0.800  | 0.849   | 0.264  | 0.228  | 0.531 | 0.542 | 0.199  | 0.532 | 0.481 | 0.465  |
| T2T3T4     | -0.049 | 0.680 | 0.767  | 0.733  | 0.075 | 0.422 | 0.475 | 0.558 | 0.530 | 0.040  | 0.258   | 0.911  | 0.879  | 0.521 | 0.678 | 0.905  | 0.633 | 0.731 | 0.567  |
| T2T3T5     | 0.070  | 0.714 | 0.693  | 0.350  | 0.489 | 0.398 | 0.580 | 0.600 | 0.311 | 0.395  | 0.311   | 0.881  | 0.648  | 0.812 | 0.688 | 0.639  | 0.873 | 0.678 | 0.577  |
| T2T3T6     | 0.024  | 0.689 | 0.770  | 0.435  | 0.111 | 0.716 | 0.529 | 0.615 | 0.354 | 0.111  | 0.509   | 0.912  | 0.690  | 0.562 | 0.862 | 0.739  | 0.679 | 0.908 | 0.374  |
| T2T4T5     | -0.003 | 0.735 | 0.322  | 0.677  | 0.533 | 0.348 | 0.561 | 0.253 | 0.527 | 0.348  | 0.237   | 0.619  | 0.872  | 0.847 | 0.678 | 0.572  | 0.550 | 0.397 | 0.863  |
| T2T4T6     | -0.011 | 0.725 | 0.457  | 0.731  | 0.134 | 0.699 | 0.541 | 0.337 | 0.569 | 0.073  | 0.481   | 0.704  | 0.903  | 0.585 | 0.886 | 0.690  | 0.409 | 0.679 | 0.607  |
| T2T5T6     | 0.064  | 0.744 | 0.306  | 0.294  | 0.573 | 0.674 | 0.611 | 0.289 | 0.269 | 0.419  | 0.512   | 0.608  | 0.625  | 0.880 | 0.888 | 0.348  | 0.581 | 0.574 | 0.583  |
| T3T4T5     | -0.001 | 0.368 | 0.740  | 0.703  | 0.423 | 0.395 | 0.280 | 0.603 | 0.542 | 0.293  | 0.275   | 0.701  | 0.649  | 0.498 | 0.454 | 0.885  | 0.846 | 0.702 | 0.801  |
| T3T4T6     | -0.020 | 0.395 | 0.798  | 0.709  | 0.064 | 0.705 | 0.280 | 0.619 | 0.539 | 0.042  | 0.477   | 0.749  | 0.679  | 0.306 | 0.653 | 0.919  | 0.642 | 0.917 | 0.541  |
| T3T5T6     | 0.081  | 0.381 | 0.743  | 0.330  | 0.460 | 0.718 | 0.339 | 0.663 | 0.309 | 0.369  | 0.545   | 0.701  | 0.428  | 0.542 | 0.654 | 0.665  | 0.885 | 0.894 | 0.537  |
| T4T5T6     | 0.011  | 0.392 | 0.360  | 0.684  | 0.525 | 0.692 | 0.312 | 0.317 | 0.550 | 0.341  | 0.497   | 0.435  | 0.650  | 0.574 | 0.657 | 0.607  | 0.568 | 0.615 | 0.859  |
| T1T2T3T4   | 0.286  | 0.665 | 0.706  | 0.665  | 0.108 | 0.431 | 0.691 | 0.731 | 0.728 | 0.293  | 0.499   | 0.856  | 0.818  | 0.526 | 0.679 | 0.820  | 0.625 | 0.698 | 0.538  |
| T1T2T3T5   | 0.413  | 0.639 | 0.626  | 0.278  | 0.484 | 0.367 | 0.760 | 0.769 | 0.496 | 0.635  | 0.531   | 0.788  | 0.552  | 0.751 | 0.628 | 0.548  | 0.824 | 0.619 | 0.511  |
| T1T2T3T6   | 0.348  | 0.647 | 0.697  | 0.378  | 0.152 | 0.688 | 0.718 | 0.771 | 0.538 | 0.356  | 0.718   | 0.833  | 0.624  | 0.554 | 0.822 | 0.653  | 0.671 | 0.846 | 0.361  |
| T1T2T4T5   | 0.394  | 0.688 | 0.301  | 0.580  | 0.508 | 0.320 | 0.789 | 0.484 | 0.737 | 0.616  | 0.495   | 0.574  | 0.770  | 0.789 | 0.637 | 0.498  | 0.542 | 0.369 | 0.766  |
| T1T2T4T6   | 0.339  | 0.695 | 0.405  | 0.638  | 0.162 | 0.667 | 0.751 | 0.521 | 0.752 | 0.336  | 0.710   | 0.647  | 0.815  | 0.581 | 0.850 | 0.602  | 0.415 | 0.630 | 0.561  |
| T1T2T5T6   | 0.434  | 0.683 | 0.277  | 0.238  | 0.529 | 0.614 | 0.816 | 0.492 | 0.485 | 0.658  | 0.737   | 0.548  | 0.548  | 0.802 | 0.815 | 0.294  | 0.551 | 0.521 | 0.507  |
| T1T3T4T5   | 0.391  | 0.348 | 0.676  | 0.574  | 0.443 | 0.369 | 0.519 | 0.805 | 0.725 | 0.586  | 0.525   | 0.643  | 0.550  | 0.498 | 0.431 | 0.759  | 0.823 | 0.649 | 0.718  |
| T1T3T4T6   | 0.327  | 0.360 | 0.736  | 0.630  | 0.088 | 0.684 | 0.478 | 0.798 | 0.733 | 0.297  | 0.706   | 0.682  | 0.598  | 0.293 | 0.621 | 0.831  | 0.631 | 0.864 | 0.501  |
| T1T3T5T6   | 0.439  | 0.340 | 0.665  | 0.270  | 0.452 | 0.643 | 0.543 | 0.831 | 0.515 | 0.623  | 0.750   | 0.623  | 0.357  | 0.505 | 0.585 | 0.576  | 0.827 | 0.802 | 0.482  |
| T1T4T5T6   | 0.415  | 0.368 | 0.324  | 0.578  | 0.499 | 0.637 | 0.552 | 0.540 | 0.761 | 0.616  | 0.749   | 0.391  | 0.561  | 0.535 | 0.608 | 0.520  | 0.549 | 0.562 | 0.755  |
| T2T3T4T5   | 0.011  | 0.675 | 0.694  | 0.663  | 0.391 | 0.429 | 0.515 | 0.557 | 0.517 | 0.283  | 0.300   | 0.853  | 0.822  | 0.718 | 0.681 | 0.819  | 0.791 | 0.689 | 0.751  |
| T2T3T4T6   | -0.007 | 0.650 | 0.746  | 0.682  | 0.098 | 0.676 | 0.481 | 0.574 | 0.526 | 0.074  | 0.462   | 0.870  | 0.825  | 0.516 | 0.812 | 0.864  | 0.630 | 0.865 | 0.544  |
| T2T3T5T6   | 0.065  | 0.670 | 0.682  | 0.371  | 0.436 | 0.673 | 0.546 | 0.591 | 0.331 | 0.347  | 0.505   | 0.839  | 0.631  | 0.747 | 0.827 | 0.647  | 0.825 | 0.829 | 0.553  |
| T2T4T5T6   | 0.023  | 0.710 | 0.388  | 0.630  | 0.471 | 0.649 | 0.556 | 0.325 | 0.513 | 0.322  | 0.469   | 0.644  | 0.822  | 0.788 | 0.847 | 0.591  | 0.572 | 0.612 | 0.783  |
| T3T4T5T6   | 0.027  | 0.416 | 0.729  | 0.649  | 0.359 | 0.697 | 0.330 | 0.611 | 0.526 | 0.263  | 0.499   | 0.713  | 0.647  | 0.501 | 0.667 | 0.842  | 0.791 | 0.867 | 0.716  |
| T1T2T3T4T5 | 0.317  | 0.648 | 0.638  | 0.583  | 0.417 | 0.412 | 0.700 | 0.713 | 0.679 | 0.516  | 0.502   | 0.797  | 0.748  | 0.710 | 0.659 | 0.730  | 0.776 | 0.646 | 0.706  |
| T1T2T3T4T6 | 0.257  | 0.639 | 0.698  | 0.628  | 0.120 | 0.668 | 0.650 | 0.710 | 0.679 | 0.269  | 0.645   | 0.825  | 0.776  | 0.518 | 0.805 | 0.796  | 0.628 | 0.829 | 0.521  |
| T1T2T3T5T6 | 0.350  | 0.637 | 0.637  | 0.334  | 0.432 | 0.631 | 0.714 | 0.735 | 0.500 | 0.545  | 0.678   | 0.782  | 0.584  | 0.716 | 0.785 | 0.589  | 0.796 | 0.776 | 0.521  |
| T1T2T4T5T6 | 0.336  | 0.676 | 0.367  | 0.562  | 0.463 | 0.620 | 0.741 | 0.505 | 0.685 | 0.540  | 0.675</ |        |        |       |       |        |       |       |        |

Tabla A4. Correlaciones posibles para índice de selección entre todas las combinaciones posibles de los probadores.

|          | T4T6   | T5T6  | T1T2T3 | T1T2T4 | T1T2T5 | T1T2T6 | T1T3T4 | T1T3T5 | T1T3T6 | T1T4T5 | T1T4T6 | T1T5T6 | T2T3T4 | T2T3T5 | T2T3T6 | T2T4T5 | T2T4T6 | T2T5T6  | T3T4T5 | T3T4T6 | T3T5T6 | T4T5T6 |
|----------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|
| T1       | -0.024 | 0.075 | 0.419  | 0.408  | 0.528  | 0.489  | 0.383  | 0.526  | 0.446  | 0.504  | 0.453  | 0.573  | -0.049 | 0.070  | 0.024  | -0.003 | -0.011 | 0.064   | -0.001 | -0.020 | 0.081  | 0.011  |
| T2       | 0.384  | 0.335 | 0.680  | 0.725  | 0.683  | 0.720  | 0.313  | 0.264  | 0.310  | 0.301  | 0.333  | 0.278  | 0.680  | 0.714  | 0.689  | 0.735  | 0.725  | 0.744   | 0.368  | 0.395  | 0.381  | 0.392  |
| T3       | 0.443  | 0.237 | 0.707  | 0.342  | 0.181  | 0.311  | 0.756  | 0.651  | 0.739  | 0.240  | 0.374  | 0.209  | 0.767  | 0.693  | 0.770  | 0.322  | 0.457  | 0.306   | 0.740  | 0.798  | 0.743  | 0.360  |
| T4       | 0.801  | 0.206 | 0.335  | 0.676  | 0.161  | 0.280  | 0.670  | 0.201  | 0.311  | 0.589  | 0.652  | 0.135  | 0.733  | 0.350  | 0.435  | 0.677  | 0.731  | 0.294   | 0.703  | 0.709  | 0.330  | 0.684  |
| T5       | 0.105  | 0.702 | 0.156  | 0.171  | 0.602  | 0.195  | 0.063  | 0.526  | 0.108  | 0.577  | 0.113  | 0.591  | 0.075  | 0.489  | 0.111  | 0.533  | 0.134  | 0.573   | 0.423  | 0.064  | 0.460  | 0.525  |
| T6       | 0.780  | 0.746 | 0.390  | 0.345  | 0.241  | 0.678  | 0.401  | 0.312  | 0.709  | 0.264  | 0.707  | 0.623  | 0.422  | 0.398  | 0.716  | 0.348  | 0.699  | 0.674   | 0.395  | 0.705  | 0.718  | 0.692  |
| T1T2     | 0.277  | 0.314 | 0.793  | 0.822  | 0.883  | 0.872  | 0.478  | 0.543  | 0.519  | 0.564  | 0.544  | 0.588  | 0.475  | 0.580  | 0.529  | 0.561  | 0.541  | 0.611   | 0.280  | 0.280  | 0.339  | 0.312  |
| T1T3     | 0.338  | 0.265 | 0.827  | 0.511  | 0.473  | 0.540  | 0.850  | 0.879  | 0.885  | 0.524  | 0.588  | 0.545  | 0.558  | 0.600  | 0.615  | 0.253  | 0.337  | 0.289   | 0.603  | 0.619  | 0.663  | 0.317  |
| T1T4     | 0.617  | 0.214 | 0.551  | 0.831  | 0.484  | 0.560  | 0.800  | 0.511  | 0.559  | 0.833  | 0.852  | 0.500  | 0.530  | 0.311  | 0.354  | 0.527  | 0.569  | 0.269   | 0.542  | 0.539  | 0.309  | 0.550  |
| T1T5     | 0.035  | 0.501 | 0.420  | 0.401  | 0.786  | 0.468  | 0.332  | 0.744  | 0.396  | 0.741  | 0.378  | 0.800  | 0.040  | 0.395  | 0.111  | 0.348  | 0.073  | 0.419   | 0.293  | 0.042  | 0.369  | 0.341  |
| T1T6     | 0.532  | 0.575 | 0.553  | 0.528  | 0.526  | 0.820  | 0.546  | 0.569  | 0.804  | 0.536  | 0.824  | 0.849  | 0.258  | 0.311  | 0.509  | 0.237  | 0.481  | 0.512   | 0.275  | 0.477  | 0.545  | 0.497  |
| T2T3     | 0.492  | 0.317 | 0.874  | 0.629  | 0.492  | 0.598  | 0.678  | 0.579  | 0.655  | 0.304  | 0.410  | 0.264  | 0.911  | 0.881  | 0.912  | 0.619  | 0.704  | 0.608   | 0.701  | 0.749  | 0.701  | 0.435  |
| T2T4     | 0.725  | 0.316 | 0.620  | 0.861  | 0.501  | 0.599  | 0.594  | 0.268  | 0.370  | 0.532  | 0.592  | 0.228  | 0.879  | 0.648  | 0.690  | 0.872  | 0.903  | 0.625   | 0.649  | 0.679  | 0.428  | 0.650  |
| T2T5     | 0.314  | 0.640 | 0.579  | 0.604  | 0.849  | 0.630  | 0.239  | 0.493  | 0.282  | 0.536  | 0.278  | 0.531  | 0.521  | 0.812  | 0.562  | 0.847  | 0.585  | 0.880   | 0.498  | 0.306  | 0.542  | 0.574  |
| T2T6     | 0.698  | 0.647 | 0.668  | 0.675  | 0.590  | 0.877  | 0.421  | 0.344  | 0.599  | 0.346  | 0.623  | 0.542  | 0.678  | 0.688  | 0.862  | 0.678  | 0.886  | 0.888   | 0.454  | 0.653  | 0.654  | 0.657  |
| T3T4     | 0.726  | 0.260 | 0.629  | 0.580  | 0.184  | 0.341  | 0.867  | 0.526  | 0.649  | 0.469  | 0.595  | 0.199  | 0.905  | 0.639  | 0.739  | 0.572  | 0.690  | 0.348   | 0.885  | 0.919  | 0.665  | 0.607  |
| T3T5     | 0.361  | 0.591 | 0.687  | 0.366  | 0.519  | 0.392  | 0.632  | 0.870  | 0.672  | 0.526  | 0.352  | 0.532  | 0.633  | 0.873  | 0.679  | 0.550  | 0.409  | 0.581   | 0.846  | 0.642  | 0.885  | 0.568  |
| T3T6     | 0.713  | 0.568 | 0.682  | 0.406  | 0.252  | 0.575  | 0.719  | 0.605  | 0.886  | 0.298  | 0.629  | 0.481  | 0.731  | 0.678  | 0.908  | 0.397  | 0.679  | 0.574   | 0.702  | 0.917  | 0.894  | 0.615  |
| T4T5     | 0.634  | 0.591 | 0.332  | 0.597  | 0.494  | 0.320  | 0.511  | 0.478  | 0.281  | 0.823  | 0.537  | 0.465  | 0.567  | 0.577  | 0.374  | 0.863  | 0.607  | 0.583   | 0.801  | 0.541  | 0.537  | 0.859  |
| T4T6     | -      | 0.582 | 0.436  | 0.636  | 0.244  | 0.581  | 0.661  | 0.304  | 0.618  | 0.535  | 0.855  | 0.462  | 0.708  | 0.450  | 0.704  | 0.633  | 0.897  | 0.595   | 0.669  | 0.879  | 0.634  | 0.865  |
| T5T6     | 0.582  | -     | 0.359  | 0.330  | 0.557  | 0.601  | 0.282  | 0.537  | 0.543  | 0.537  | 0.540  | 0.832  | 0.319  | 0.588  | 0.562  | 0.577  | 0.561  | 0.858   | 0.517  | 0.506  | 0.797  | 0.821  |
| T1T2T3   | 0.436  | 0.359 | -      | 0.769  | 0.715  | 0.781  | 0.781  | 0.779  | 0.796  | 0.534  | 0.586  | 0.524  | 0.783  | 0.836  | 0.822  | 0.583  | 0.633  | 0.606   | 0.642  | 0.654  | 0.684  | 0.428  |
| T1T2T4   | 0.636  | 0.330 | 0.769  | -      | 0.728  | 0.781  | 0.732  | 0.508  | 0.545  | 0.753  | 0.766  | 0.493  | 0.758  | 0.621  | 0.623  | 0.794  | 0.801  | 0.598   | 0.595  | 0.590  | 0.425  | 0.604  |
| T1T2T5   | 0.244  | 0.557 | 0.715  | 0.728  | -      | 0.770  | 0.416  | 0.695  | 0.463  | 0.715  | 0.460  | 0.733  | 0.423  | 0.711  | 0.481  | 0.698  | 0.478  | 0.748   | 0.426  | 0.252  | 0.489  | 0.473  |
| T1T2T6   | 0.581  | 0.601 | 0.781  | 0.781  | 0.770  | -      | 0.543  | 0.550  | 0.729  | 0.546  | 0.753  | 0.750  | 0.558  | 0.628  | 0.747  | 0.588  | 0.748  | 0.797   | 0.400  | 0.547  | 0.603  | 0.573  |
| T1T3T4   | 0.661  | 0.282 | 0.781  | 0.732  | 0.416  | 0.543  | -      | 0.734  | 0.815  | 0.677  | 0.781  | 0.461  | 0.792  | 0.608  | 0.684  | 0.512  | 0.625  | 0.347   | 0.801  | 0.833  | 0.648  | 0.567  |
| T1T3T5   | 0.304  | 0.537 | 0.779  | 0.508  | 0.695  | 0.550  | 0.734  | -      | 0.785  | 0.708  | 0.524  | 0.733  | 0.508  | 0.757  | 0.575  | 0.467  | 0.334  | 0.513   | 0.714  | 0.538  | 0.777  | 0.497  |
| T1T3T6   | 0.618  | 0.543 | 0.796  | 0.545  | 0.463  | 0.729  | 0.815  | 0.785  | -      | 0.506  | 0.771  | 0.696  | 0.615  | 0.630  | 0.803  | 0.351  | 0.584  | 0.534   | 0.629  | 0.797  | 0.828  | 0.557  |
| T1T4T5   | 0.535  | 0.537 | 0.534  | 0.753  | 0.715  | 0.546  | 0.677  | 0.708  | 0.506  | -      | 0.728  | 0.715  | 0.475  | 0.534  | 0.350  | 0.728  | 0.518  | 0.523   | 0.688  | 0.469  | 0.507  | 0.735  |
| T1T4T6   | 0.855  | 0.540 | 0.586  | 0.766  | 0.460  | 0.753  | 0.781  | 0.524  | 0.771  | 0.728  | -      | 0.697  | 0.581  | 0.409  | 0.617  | 0.537  | 0.768  | 0.535   | 0.583  | 0.752  | 0.589  | 0.761  |
| T1T5T6   | 0.462  | 0.832 | 0.524  | 0.493  | 0.733  | 0.750  | 0.461  | 0.733  | 0.696  | 0.715  | 0.697  | -      | 0.247  | 0.512  | 0.475  | 0.455  | 0.445  | 0.712   | 0.433  | 0.415  | 0.685  | 0.666  |
| T2T3T4   | 0.708  | 0.319 | 0.783  | 0.758  | 0.423  | 0.558  | 0.792  | 0.508  | 0.615  | 0.475  | 0.581  | 0.247  | -      | 0.798  | 0.859  | 0.750  | 0.840  | 0.570   | 0.826  | 0.863  | 0.659  | 0.614  |
| T2T3T5   | 0.450  | 0.588 | 0.836  | 0.621  | 0.711  | 0.628  | 0.608  | 0.757  | 0.630  | 0.534  | 0.409  | 0.512  | 0.798  | -      | 0.830  | 0.777  | 0.651  | 0.793   | 0.798  | 0.656  | 0.824  | 0.611  |
| T2T3T6   | 0.704  | 0.562 | 0.822  | 0.623  | 0.481  | 0.747  | 0.684  | 0.575  | 0.803  | 0.350  | 0.617  | 0.475  | 0.859  | 0.830  | -      | 0.613  | 0.832  | 0.753   | 0.698  | 0.868  | 0.842  | 0.630  |
| T2T4T5   | 0.633  | 0.577 | 0.583  | 0.794  | 0.698  | 0.588  | 0.512  | 0.467  | 0.351  | 0.728  | 0.537  | 0.455  | 0.750  | 0.777  | 0.613  | -      | 0.797  | 0.791   | 0.747  | 0.576  | 0.569  | 0.798  |
| T2T4T6   | 0.897  | 0.561 | 0.633  | 0.801  | 0.478  | 0.748  | 0.625  | 0.334  | 0.584  | 0.518  | 0.768  | 0.445  | 0.840  | 0.651  | 0.832  | 0.797  | -      | 0.766   | 0.656  | 0.821  | 0.632  | 0.803  |
| T2T5T6   | 0.595  | 0.858 | 0.606  | 0.598  | 0.748  | 0.797  | 0.347  | 0.513  | 0.534  | 0.523  | 0.535  | 0.712  | 0.570  | 0.793  | 0.753  | 0.791  | 0.766  | -       | 0.551  | 0.550  | 0.752  | 0.772  |
| T3T4T5   | 0.669  | 0.517 | 0.642  | 0.595  | 0.426  | 0.400  | 0.801  | 0.714  | 0.629  | 0.688  | 0.583  | 0.433  | 0.826  | 0.798  | 0.698  | 0.747  | 0.656  | 0.551   | -      | 0.828  | 0.800  | 0.772  |
| T3T4T6   | 0.879  | 0.506 | 0.654  | 0.590  | 0.252  | 0.547  | 0.833  | 0.538  | 0.797  | 0.469  | 0.752  | 0.415  | 0.863  | 0.656  | 0.868  | 0.576  | 0.821  | 0.550   | 0.828  | -      | 0.809  | 0.750  |
| T3T5T6   | 0.634  | 0.797 | 0.684  | 0.425  | 0.489  | 0.603  | 0.648  | 0.777  | 0.828  | 0.507  | 0.589  | 0.685  | 0.659  | 0.824  | 0.842  | 0.569  | 0.632  | 0.752   | 0.800  | 0.809  | -      | 0.755  |
| T4T5T6   | 0.865  | 0.821 | 0.428  | 0.604  | 0.473  | 0.573  | 0.567  | 0.497  | 0.557  | 0.735  | 0.761  | 0.666  | 0.614  | 0.611  | 0.630  | 0.798  | 0.803  | 0.772   | 0.772  | 0.750  | 0.755  | -      |
| T1T2T3T4 | 0.675  | 0.348 | 0.909  | 0.890  | 0.606  | 0.725  | 0.898  | 0.668  | 0.749  | 0.646  | 0.737  | 0.451  | 0.924  | 0.781  | 0.828  | 0.721  | 0.807  | 0.581   | 0.781  | 0.811  | 0.658  | 0.603  |
| T1T2T3T5 | 0.387  | 0.561 | 0.924  | 0.711  | 0.852  | 0.747  | 0.699  | 0.895  | 0.740  | 0.675  | 0.533  | 0.682  | 0.694  | 0.920  | 0.753  | 0.691  | 0.571  | 0.733   | 0.717  | 0.582  | 0.774  | 0.550  |
| T1T2T3T6 | 0.649  | 0.567 | 0.921  | 0.730  | 0.643  | 0.879  | 0.768  | 0.724  | 0.907  | 0.516  | 0.740  | 0.654  | 0.774  | 0.801  | 0.931  | 0.584  | 0.770  | 0.735   | 0.658  | 0.795  | 0.820  | 0.606  |
| T1T2T4T5 | 0.557  | 0.538 | 0.727  | 0.916  | 0.872  | 0.744  | 0.645  | 0.653  | 0.509  | 0.881  | 0.683  | 0.649  | 0.670  | 0.738  | 0.575  | 0.897  | 0.718  | 0.734   | 0.681  | 0.517  | 0.546  | 0.715  |
| T1T2T4T6 | 0.816  | 0.558 | 0.753  | 0.913  | 0.657  | 0.898  | 0.721  | 0.508  | 0.709  | 0.681  | 0.892  | 0.639  | 0.754  | 0.638  | 0.780  | 0.750  | 0.919  | 0.747   | 0.611  | 0.744  | 0.619  | 0.755  |
| T1T2T5T6 | 0.522  | 0.783 | 0.724  | 0.717  | 0.893  | 0.923  | 0.476  | 0.668  | 0.661  | 0.675  | 0.667  | 0.869  | 0.501  | 0.731  | 0.687  | 0.703  | 0.683  | 0.908   | 0.494  | 0.488  | 0.695  | 0.684  |
| T1T3T4T5 | 0.578  | 0.518 | 0.774  | 0.709  | 0.631  | 0.562  | 0.892  | 0.896  | 0.762  | 0.845  | 0.706  | 0.647  | 0.722  | 0.771  | 0.648  | 0.677  | 0.575  | 0.539   | 0.899  | 0.733  | 0.773  | 0.704  |
| T1T3T4T6 | 0.815  | 0.503 | 0.762  | 0.703  | 0.417  | 0.688  | 0.932  | 0.698  | 0.918  | 0.633  | 0.888  | 0.602  | 0.777  | 0.629  | 0.814  | 0.529  | 0.755  | 0.529   | 0.778  | 0.924  | 0.787  | 0.711  |
| T1T3T5T6 | 0.555  | 0.736 | 0.779  | 0.541  | 0.648  | 0.719  | 0.744  | 0.916  | 0.919  | 0.668  | 0.706  | 0.846  | 0.571  | 0.761  | 0.753  | 0.506  | 0.549  | 0.685   | 0.722  | 0.716  | 0.915  | 0.679  |
| T1T4T5T6 | 0.764  | 0.765 | 0.571  | 0.732  | 0.656  | 0.730  | 0.691  | 0.678  | 0.700  | 0.889  | 0.894  | 0.856  | 0.533  | 0.576  | 0.577  | 0.709  | 0.711  | 0.713   | 0.693  | 0.666  | 0.708  | 0.893  |
| T2T3T4T5 | 0.666  | 0.536 | 0.778  | 0.750  | 0.604  | 0.594  | 0.743  | 0.667  | 0.614  | 0.651  | 0.574  | 0.444  | 0.923  | 0.920  | 0.824  | 0.881  | 0.801  | 0.731</ |        |        |        |        |

Tabla A4. Correlaciones posibles para índice de selección entre todas las combinaciones posibles de los probadores.

|          | T1T2T3T4 | T1T2T3T5 | T1T2T3T6 | T1T2T4T5 | T1T2T4T6 | T1T2T5T6 | T1T3T4T5 | T1T3T4T6 | T1T3T5T6 | T1T4T5T6 | T2T3T4T5 | T2T3T4T6 | T2T3T5T6 | T2T4T5T6 | T3T4T5T6 | T1T2T3T4T5 | T1T2T3T4T6 | T1T2T3T5T6 | T1T2T4T5T6 | T1T3T4T5T6 | T2T3T4T5T6 | T1T2T3T4T5T6 |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------------|
| T1       | 0.286    | 0.413    | 0.348    | 0.394    | 0.339    | 0.434    | 0.391    | 0.327    | 0.439    | 0.415    | 0.011    | -0.007   | 0.065    | 0.023    | 0.027    | 0.317      | 0.257      | 0.350      | 0.336      | 0.330      | 0.032      | 0.275        |
| T2       | 0.665    | 0.639    | 0.647    | 0.688    | 0.695    | 0.683    | 0.348    | 0.360    | 0.340    | 0.368    | 0.675    | 0.650    | 0.670    | 0.710    | 0.416    | 0.648      | 0.639      | 0.637      | 0.676      | 0.394      | 0.653      | 0.635        |
| T3       | 0.706    | 0.626    | 0.697    | 0.301    | 0.405    | 0.277    | 0.676    | 0.736    | 0.665    | 0.324    | 0.694    | 0.746    | 0.682    | 0.388    | 0.729    | 0.638      | 0.698      | 0.637      | 0.367      | 0.685      | 0.690      | 0.657        |
| T4       | 0.665    | 0.278    | 0.378    | 0.580    | 0.638    | 0.238    | 0.574    | 0.630    | 0.270    | 0.578    | 0.663    | 0.682    | 0.371    | 0.630    | 0.649    | 0.583      | 0.628      | 0.334      | 0.562      | 0.568      | 0.624      | 0.563        |
| T5       | 0.108    | 0.484    | 0.152    | 0.508    | 0.162    | 0.529    | 0.443    | 0.088    | 0.452    | 0.499    | 0.391    | 0.098    | 0.436    | 0.471    | 0.359    | 0.417      | 0.120      | 0.432      | 0.463      | 0.382      | 0.358      | 0.372        |
| T6       | 0.431    | 0.367    | 0.688    | 0.320    | 0.667    | 0.614    | 0.369    | 0.684    | 0.643    | 0.637    | 0.429    | 0.676    | 0.673    | 0.649    | 0.697    | 0.412      | 0.668      | 0.631      | 0.620      | 0.661      | 0.659      | 0.640        |
| T1T2     | 0.691    | 0.760    | 0.718    | 0.789    | 0.751    | 0.816    | 0.519    | 0.478    | 0.543    | 0.552    | 0.515    | 0.481    | 0.546    | 0.556    | 0.330    | 0.700      | 0.650      | 0.714      | 0.741      | 0.509      | 0.511      | 0.661        |
| T1T3     | 0.731    | 0.769    | 0.771    | 0.484    | 0.521    | 0.492    | 0.805    | 0.798    | 0.831    | 0.540    | 0.557    | 0.574    | 0.591    | 0.325    | 0.611    | 0.713      | 0.710      | 0.735      | 0.505      | 0.769      | 0.569      | 0.700        |
| T1T4     | 0.728    | 0.496    | 0.538    | 0.737    | 0.752    | 0.485    | 0.725    | 0.733    | 0.515    | 0.761    | 0.517    | 0.526    | 0.531    | 0.513    | 0.526    | 0.679      | 0.500      | 0.685      | 0.681      | 0.508      | 0.637      | 0.637        |
| T1T5     | 0.293    | 0.635    | 0.356    | 0.616    | 0.336    | 0.658    | 0.586    | 0.297    | 0.623    | 0.616    | 0.283    | 0.074    | 0.347    | 0.322    | 0.263    | 0.516      | 0.269      | 0.545      | 0.540      | 0.493      | 0.268      | 0.449        |
| T1T6     | 0.499    | 0.531    | 0.718    | 0.495    | 0.710    | 0.737    | 0.525    | 0.706    | 0.750    | 0.749    | 0.300    | 0.462    | 0.505    | 0.469    | 0.499    | 0.502      | 0.645      | 0.678      | 0.675      | 0.687      | 0.474      | 0.635        |
| T2T3     | 0.856    | 0.788    | 0.833    | 0.574    | 0.647    | 0.548    | 0.643    | 0.682    | 0.623    | 0.391    | 0.853    | 0.870    | 0.839    | 0.644    | 0.713    | 0.797      | 0.825      | 0.782      | 0.605      | 0.667      | 0.831      | 0.794        |
| T2T4     | 0.818    | 0.552    | 0.624    | 0.770    | 0.815    | 0.548    | 0.550    | 0.598    | 0.357    | 0.561    | 0.822    | 0.825    | 0.631    | 0.822    | 0.647    | 0.748      | 0.776      | 0.584      | 0.750      | 0.576      | 0.783      | 0.727        |
| T2T5     | 0.526    | 0.751    | 0.554    | 0.789    | 0.581    | 0.802    | 0.498    | 0.293    | 0.505    | 0.535    | 0.718    | 0.516    | 0.747    | 0.788    | 0.501    | 0.710      | 0.518      | 0.716      | 0.752      | 0.498      | 0.680      | 0.673        |
| T2T6     | 0.679    | 0.628    | 0.822    | 0.637    | 0.850    | 0.815    | 0.431    | 0.621    | 0.585    | 0.608    | 0.681    | 0.812    | 0.827    | 0.847    | 0.667    | 0.659      | 0.805      | 0.785      | 0.810      | 0.634      | 0.808      | 0.786        |
| T3T4     | 0.820    | 0.548    | 0.653    | 0.498    | 0.602    | 0.294    | 0.759    | 0.831    | 0.576    | 0.520    | 0.819    | 0.864    | 0.647    | 0.591    | 0.842    | 0.730      | 0.796      | 0.589      | 0.534      | 0.760      | 0.795      | 0.734        |
| T3T5     | 0.625    | 0.824    | 0.671    | 0.542    | 0.415    | 0.551    | 0.823    | 0.631    | 0.827    | 0.549    | 0.791    | 0.630    | 0.825    | 0.572    | 0.791    | 0.776      | 0.628      | 0.796      | 0.569      | 0.784      | 0.765      | 0.762        |
| T3T6     | 0.698    | 0.619    | 0.846    | 0.369    | 0.630    | 0.521    | 0.649    | 0.864    | 0.802    | 0.562    | 0.689    | 0.865    | 0.829    | 0.612    | 0.867    | 0.646      | 0.829      | 0.776      | 0.582      | 0.818      | 0.818      | 0.788        |
| T4T5     | 0.538    | 0.511    | 0.361    | 0.766    | 0.561    | 0.507    | 0.718    | 0.501    | 0.482    | 0.755    | 0.751    | 0.544    | 0.553    | 0.783    | 0.716    | 0.706      | 0.521      | 0.521      | 0.719      | 0.668      | 0.695      | 0.659        |
| T4T6     | 0.675    | 0.387    | 0.649    | 0.557    | 0.816    | 0.522    | 0.578    | 0.815    | 0.555    | 0.764    | 0.666    | 0.842    | 0.637    | 0.803    | 0.834    | 0.612      | 0.805      | 0.589      | 0.739      | 0.759      | 0.794      | 0.745        |
| T5T6     | 0.348    | 0.561    | 0.567    | 0.538    | 0.558    | 0.783    | 0.518    | 0.503    | 0.736    | 0.765    | 0.536    | 0.517    | 0.754    | 0.763    | 0.704    | 0.542      | 0.526      | 0.721      | 0.735      | 0.692      | 0.683      | 0.681        |
| T1T2T3   | 0.909    | 0.924    | 0.921    | 0.727    | 0.753    | 0.724    | 0.774    | 0.762    | 0.779    | 0.571    | 0.778    | 0.770    | 0.796    | 0.615    | 0.665    | 0.882      | 0.867      | 0.886      | 0.729      | 0.765      | 0.769      | 0.858        |
| T1T2T4   | 0.890    | 0.711    | 0.730    | 0.916    | 0.913    | 0.717    | 0.709    | 0.703    | 0.541    | 0.732    | 0.750    | 0.729    | 0.601    | 0.759    | 0.599    | 0.849      | 0.830      | 0.703      | 0.862      | 0.692      | 0.723      | 0.803        |
| T1T2T5   | 0.606    | 0.852    | 0.643    | 0.872    | 0.657    | 0.893    | 0.631    | 0.417    | 0.648    | 0.656    | 0.604    | 0.430    | 0.647    | 0.655    | 0.429    | 0.765      | 0.571      | 0.778      | 0.799      | 0.585      | 0.578      | 0.703        |
| T1T2T6   | 0.725    | 0.747    | 0.879    | 0.744    | 0.898    | 0.923    | 0.562    | 0.688    | 0.719    | 0.730    | 0.594    | 0.688    | 0.742    | 0.740    | 0.585    | 0.725      | 0.817      | 0.851      | 0.867      | 0.704      | 0.707      | 0.813        |
| T1T3T4   | 0.898    | 0.699    | 0.768    | 0.645    | 0.721    | 0.476    | 0.892    | 0.932    | 0.744    | 0.691    | 0.743    | 0.783    | 0.620    | 0.550    | 0.785    | 0.825      | 0.860      | 0.706      | 0.656      | 0.863      | 0.738      | 0.809        |
| T1T3T5   | 0.668    | 0.895    | 0.724    | 0.653    | 0.508    | 0.668    | 0.896    | 0.698    | 0.916    | 0.678    | 0.667    | 0.525    | 0.715    | 0.494    | 0.681    | 0.812      | 0.651      | 0.835      | 0.644      | 0.828      | 0.654      | 0.774        |
| T1T3T6   | 0.749    | 0.740    | 0.907    | 0.509    | 0.709    | 0.661    | 0.762    | 0.918    | 0.919    | 0.700    | 0.614    | 0.751    | 0.760    | 0.550    | 0.780    | 0.721      | 0.850      | 0.849      | 0.672      | 0.879      | 0.735      | 0.825        |
| T1T4T5   | 0.646    | 0.675    | 0.516    | 0.881    | 0.681    | 0.675    | 0.845    | 0.633    | 0.668    | 0.889    | 0.651    | 0.476    | 0.514    | 0.677    | 0.634    | 0.793      | 0.609      | 0.647      | 0.810      | 0.769      | 0.617      | 0.729        |
| T1T4T6   | 0.737    | 0.533    | 0.740    | 0.683    | 0.892    | 0.667    | 0.706    | 0.888    | 0.706    | 0.894    | 0.574    | 0.720    | 0.577    | 0.702    | 0.738    | 0.691      | 0.834      | 0.682      | 0.819      | 0.835      | 0.699      | 0.788        |
| T1T5T6   | 0.451    | 0.682    | 0.654    | 0.649    | 0.639    | 0.869    | 0.647    | 0.602    | 0.846    | 0.856    | 0.444    | 0.423    | 0.641    | 0.620    | 0.589    | 0.617      | 0.574      | 0.776      | 0.780      | 0.750      | 0.570      | 0.705        |
| T2T3T4   | 0.924    | 0.694    | 0.774    | 0.670    | 0.754    | 0.501    | 0.722    | 0.777    | 0.571    | 0.533    | 0.923    | 0.944    | 0.776    | 0.748    | 0.811    | 0.841      | 0.884      | 0.716      | 0.688      | 0.737      | 0.889      | 0.831        |
| T2T3T5   | 0.781    | 0.920    | 0.801    | 0.738    | 0.638    | 0.731    | 0.721    | 0.629    | 0.761    | 0.576    | 0.920    | 0.778    | 0.935    | 0.775    | 0.781    | 0.893      | 0.767      | 0.892      | 0.748      | 0.763      | 0.885      | 0.870        |
| T2T3T6   | 0.828    | 0.753    | 0.931    | 0.575    | 0.780    | 0.687    | 0.648    | 0.814    | 0.753    | 0.577    | 0.824    | 0.947    | 0.927    | 0.769    | 0.841    | 0.779      | 0.915      | 0.871      | 0.732      | 0.794      | 0.913      | 0.881        |
| T2T4T5   | 0.721    | 0.691    | 0.584    | 0.897    | 0.750    | 0.703    | 0.677    | 0.529    | 0.506    | 0.709    | 0.881    | 0.716    | 0.734    | 0.920    | 0.712    | 0.833      | 0.692      | 0.692      | 0.852      | 0.666      | 0.827      | 0.789        |
| T2T4T6   | 0.807    | 0.571    | 0.770    | 0.718    | 0.919    | 0.683    | 0.575    | 0.755    | 0.549    | 0.711    | 0.801    | 0.921    | 0.769    | 0.911    | 0.796    | 0.744      | 0.886      | 0.716      | 0.847      | 0.727      | 0.883      | 0.835        |
| T2T5T6   | 0.581    | 0.733    | 0.735    | 0.344    | 0.747    | 0.908    | 0.539    | 0.529    | 0.685    | 0.713    | 0.731    | 0.697    | 0.885    | 0.909    | 0.705    | 0.719      | 0.697      | 0.842      | 0.867      | 0.685      | 0.823      | 0.809        |
| T3T4T5   | 0.781    | 0.717    | 0.658    | 0.681    | 0.611    | 0.494    | 0.899    | 0.778    | 0.722    | 0.693    | 0.920    | 0.798    | 0.775    | 0.735    | 0.919    | 0.858      | 0.763      | 0.729      | 0.690      | 0.862      | 0.876      | 0.836        |
| T3T4T6   | 0.811    | 0.582    | 0.795    | 0.517    | 0.744    | 0.488    | 0.733    | 0.924    | 0.716    | 0.666    | 0.799    | 0.945    | 0.779    | 0.725    | 0.933    | 0.734      | 0.895      | 0.723      | 0.674      | 0.860      | 0.884      | 0.834        |
| T3T5T6   | 0.658    | 0.774    | 0.820    | 0.546    | 0.619    | 0.695    | 0.773    | 0.787    | 0.915    | 0.708    | 0.780    | 0.787    | 0.930    | 0.736    | 0.917    | 0.761      | 0.778      | 0.887      | 0.715      | 0.891      | 0.878      | 0.865        |
| T4T5T6   | 0.603    | 0.550    | 0.606    | 0.716    | 0.755    | 0.684    | 0.704    | 0.711    | 0.679    | 0.893    | 0.755    | 0.738    | 0.745    | 0.913    | 0.881    | 0.718      | 0.720      | 0.700      | 0.851      | 0.827      | 0.844      | 0.809        |
| T1T2T3T4 | -        | 0.817    | 0.874    | 0.799    | 0.864    | 0.651    | 0.832    | 0.866    | 0.707    | 0.678    | 0.878    | 0.895    | 0.767    | 0.735    | 0.784    | 0.927      | 0.949      | 0.817      | 0.800      | 0.829      | 0.859      | 0.903        |
| T1T2T3T5 | 0.817    | -        | 0.857    | 0.815    | 0.696    | 0.828    | 0.849    | 0.689    | 0.861    | 0.675    | 0.823    | 0.692    | 0.861    | 0.696    | 0.710    | 0.927      | 0.787      | 0.941      | 0.799      | 0.813      | 0.800      | 0.887        |
| T1T2T3T6 | 0.874    | 0.857    | -        | 0.688    | 0.855    | 0.809    | 0.746    | 0.873    | 0.864    | 0.699    | 0.772    | 0.872    | 0.890    | 0.735    | 0.797    | 0.845      | 0.947      | 0.945      | 0.816      | 0.860      | 0.862      | 0.925        |
| T1T2T4T5 | 0.799    | 0.815    | 0.688    | -        | 0.835    | 0.825    | 0.794    | 0.627    | 0.647    | 0.821    | 0.805    | 0.651    | 0.693    | 0.835    | 0.654    | 0.905      | 0.750      | 0.782      | 0.924      | 0.748      | 0.762      | 0.841        |
| T1T2T4T6 | 0.864    | 0.696    | 0.855    | 0.835    | -        | 0.817    | 0.689    | 0.824    | 0.679    | 0.834    | 0.750    | 0.845    | 0.745    | 0.864    | 0.748    | 0.824      | 0.926      | 0.808      | 0.935      | 0.806      | 0.834      | 0.891        |
| T1T2T5T6 | 0.651    | 0.828    | 0.809    | 0.825    | 0.817    | -        | 0.641    | 0.611    | 0.790    | 0.807    | 0.656    | 0.624    | 0.809    | 0.814    | 0.636    | 0.776      | 0.737      | 0.898      | 0.919      | 0.743      | 0.743      | 0.837        |
| T1T3T4T5 | 0.832    | 0.849    | 0.746    | 0.794    | 0.689    | 0.641    | -        | 0.840    | 0.859    | 0.812    | 0.839    | 0.713    | 0.744    | 0.677    | 0.843    | 0.927      | 0.798      | 0.824      | 0.774      | 0.932      | 0.808      | 0.883        |
| T1T3T4T6 | 0.866    | 0.689    | 0.873    | 0.627    | 0.824    | 0.611    | 0.840    | -        | 0.837    | 0.792    | 0.744    | 0.873    | 0.748    | 0.681    | 0.886    | 0.805      | 0.936      | 0.803      | 0.757      | 0.936      | 0.834      | 0.884        |
| T1T3T5T6 | 0.707    | 0.861    | 0.864    | 0.647    | 0.679    | 0.790    | 0.859    | 0.837    | -        | 0.806    | 0.700    | 0.695    | 0.848    | 0.659    | 0.827    | 0.811      | 0.795      | 0.930      | 0.771      | 0.931      | 0.790      | 0.882        |
| T1T4T5T6 | 0.678    | 0.675    | 0.699    | 0.821    | 0.834    | 0.807    | 0.812    | 0.792    | 0.806    | -        | 0.679    | 0.659    | 0.693    | 0.822    | 0.798    | 0.789      | 0.765      | 0.782      | 0.918      | 0.893      | 0.767      | 0.851        |
| T2T3T4T5 | 0.878    | 0.823    | 0.772    | 0.805    | 0.750    | 0.       |          |          |          |          |          |          |          |          |          |            |            |            |            |            |            |              |