

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

DIVISIÓN DE AGRONOMIA



**Híbrido Triples de Maíz QPM Predichos para
Producción y Calidad de Forraje**

**Por:
YAHAIRA MARO PAREDES**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el Título De:

INGENIERO AGRONOMO EN PRODUCCIÓN

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México
Junio del 2004**

INDICE DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO	2
HIPOTESIS	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
Antecedentes	4
Métodos de predicción	13
Hibridación	20
Procedimiento general para la información de híbridos de maíz	21
III. MATERIALES Y METODOS	23
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
V. CONCLUSIONES	33
VI. LITERATURA CITADA	34
VII. APÉNDICE	39

INDICE DE CUADROS

Cuadro 3.1 Pedigrí de las ocho líneas de maíz QPM utilizados.

Cuadro 3.2 Efectos de aptitud combinatoria general (ACG) de ocho líneas de maíz QPM, para forraje en materia seca.

Cuadro 3.3 Medias de producción de forraje y efecto de aptitud combinatoria

especifica de los 28 genotipos evaluados

Cuadro 3.4 Cruzas triples predichas sobresalientes

Cuadro 3.5 Produccion y calidad de forraje en cruzas triples predichas de mas alto valor

INTRODUCCIÓN

La investigación de los mejoradores de ganado lechero ha generado vacas capaces de producir un promedio de treinta y cinco litros de leche diarios, para rendir tal cantidad de leche requieren de una dieta alimenticia muy completa y balanceada donde el maíz ensilado va adquiriendo mayor importancia.

En México, los ensilados de maíz tienen un valor de energía neta de lactancia (ENI) bajo (< 1.5 mcal / kg de materia seca) en comparación con los ensilados de maíz de Estados Unidos de América y Europa. Lo anterior se atribuye al énfasis en el rendimiento de forraje por unidad de superficie, sin considerar la calidad nutritiva (Nuñez et al. 2003). La selección de híbridos es fundamental para mejorar esta situación; existe suficiente evidencia de diferencias entre híbridos en contenidos de proteína, fibra y digestibilidad de la materia seca (Allen et al. 1995).

Los maíces QPM tienen mayor porcentaje de lisina en el grano, en comparación con los híbridos convencionales (Preciado et al. 2001). Este aminoácido es uno de los principales que limitan la eficiencia alimenticia del ganado bovino lechero de alta producción (Dado, 1999). No obstante, debido a la degradación de la lisina en el rumen del ganado y a la dilución del ensilado de maíz con otros ingredientes en las raciones del ganado lechero, el impacto del mayor contenido de lisina de los maíces QPM puede ser pequeño, aunque existen

otros aspectos en estos maíces con alto contenido de lisina, como un endospermo suave que puede ser fácilmente degradado por los microorganismos del rumen, lo cual puede permitir que sean más digeridos en el rumen que los maíces normales (Dado, 1999; Nuñez et al. 2001). Además el endospermo suave no daña el rumen de los animales como sucede con el endospermo vítreo que les causa pequeñas heridas.

Se cuenta con información de la producción de forraje de 28 cruzas simples, sin embargo con híbridos simples resulta difícil obtener una cantidad de semilla suficiente para ofrecerla al agricultor a precios accesibles; por lo tanto es necesario pensar en la formación de híbridos triples.

OBJETIVO

El objetivo del presente escrito es obtener la predicción de híbridos triples en cuanto a producción y calidad de forraje en base a la estimación de los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) de ocho líneas endogámicas de maíz QPM y la aptitud combinatoria específica (ACE) de sus 28 cruzas simples para características forrajeras.

HIPÓTESIS

Por medio de las estimaciones de los efectos de la aptitud combinatoria general y específica se va a obtener que híbridos son los más aptos para la producción y calidad forrajera

REVISION DE LITERATURA

Antecedentes

El objetivo de la presente contribución fue predecir la producción forrajera híbridos triples a partir de los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) de ocho líneas de maíz QPM del CIMMYT y la aptitud combinatoria específica (ACE) de sus cruzas.

De la Cruz (2003) informa de un experimento de cruzas dialelicas entre ocho líneas: CML146 (1), CLQ6203 (2), CML147 (3), CML148 (4), CML150 (5), CML173 (6), CML144 (7) y CML159 (8). Con el dialelico método IV de Griffing (1956) se realizaron todas las cruzas directas entre las líneas; lo que dio 28 cruzas que fueron evaluadas en el 2000 y 2001, en Torreón, Coahuila, México. El diseño experimental utilizado en ambos años fue bloques al azar con dos repeticiones. La densidad poblacional fue de 80,000 plantas / ha.

De la Cruz reporta que el análisis de varianza combinado para materia seca total (MST), detectó diferencias significativas para años, lo que significa que el ambiente constituido por clima, suelo y manejo no es uniforme de un año a otro. Por ello, en un programa de mejoramiento genético de plantas es común establecer el mismo experimento en diferentes ambientes o años, para estimar con mayor precisión el valor de los componentes genéticos y separar el efecto de la interacción genotipo x ambiente. Para cruzas se detectaron diferencias

estadísticas ($P \leq 0.01$), lo que era de esperarse dada la diversidad de orígenes de los progenitores (líneas) incluidos en la presente investigación. Para la interacción Años x cruzas (GXA) no se encontró significancia estadística ($P \leq 0.01$). El análisis de varianza dialélico detectó diferencias estadísticas ($P \leq 0.01$) entre cruzas, lo que sugiere que los genotipos son diferentes entre sí para estas características.

Con base en la descomposición de las sumas de cuadrados, se encontraron diferencias estadísticas ($P \leq 0.01$) para la ACG de los progenitores. También para ACE se encontraron diferencias significativas, lo anterior sugiere que existen cruzas específicas con los efectos de dominancia de algunas líneas que pueden ser utilizadas para formar híbridos con características agronómicas y químicas de alta calidad forrajera.

Otzuka et al 1972 reporta los valores predichos de cruzas triples posibles considerando los efectos de aptitud combinatoria general y específica partiendo de una evaluación de cruzas simples. Al desglosar el rendimiento de las cruzas simples resulta ($Y = \eta + g_i + g_j + s_{ij}$) igual al valor de la media general mas los efectos de aptitud combinatoria general de las dos líneas y el efecto de aptitud combinatoria específica entre las líneas. De esta forma la predicción de una craza triple es:

$$\hat{Y} = \eta + \frac{1}{2}(g_i + g_j) + g_k + \frac{1}{2}(s_{ik} + s_{jk})$$

Núñez et al (2003) Encontraron que en general en las cruzas con mayor rendimiento de forraje verde, se observó que esta característica estuvo asociada con mayor altura de planta y materia seca total pero en contraste, tienen bajos porcentajes de elote. Las cruzas con mayor porcentaje de elote estuvieron asociadas con menor altura de planta.

Latournerie et al. (2001) difieren de Núñez ya que quienes señalan que los genotipos con mayor producción de forraje no necesariamente son los de mayor altura.

Peña et al. (2003) quienes reportan que los bajos porcentajes de elote no necesariamente se relacionan con alta DIV, pero sí se correlacionan con altos contenidos de PC y con bajos contenidos de fibras (FDA y FDN).

Por el contrario Reta et al. (2000) mencionan que existe una relación directa entre el contenido de grano y la digestibilidad de la planta total. Lozano et al. (2002) para mezclas de triticale y ballico observaron que conforme incrementan el contenido de fibras, disminuye el contenido de PC. Nuñez et al. (2003), mencionan que la concentración de fibras están asociadas de manera negativa con la ENL.

En genética vegetal, cuando los investigadores disponen de una muestra de P líneas y efectúan cruzas simples entre ellas llamadas cruzas dialelicas, los diseños de cruzamiento de Griffing (1956) son de gran utilidad para evaluar

diferentes aspectos genéticos asociados con las cruzas, apoyándose para ello en la realización de pruebas de hipótesis y en la estimación de parámetros. En ciertas especies vegetales es posible utilizar a las líneas que participan en una determinada craza como padres, madres o para efectuar autofecundaciones. La elección de alguno de los diseños de Griffing, depende de las cruzas que se incluyan en el experimento.

Vasal et al. , (1987) mediante la utilización de dialélicos, lograron generar información sobre la aptitud combinatoria de germoplasma tropical de maíz del CIMMYT, la agrupación del germoplasma e informaciones de patrones heteróticos fueron referentes a caracteres de rendimiento, tipo de endospermo, color, precocidad y calidad proteínica.

Terrón (1981) aplicó el modelo estadístico propuesto por Gardner y Eberhart, que a su vez es una modificación del diseño dos de Griffing para análisis de dialélicos, el autor concluye que dicho modelo puede ser útil para obtener conocimiento de la variación genética y aptitud combinatoria mediante parámetros con la heterosis.

Los diseños de apareamiento dialélico pueden ser muy útiles si se analizan e interpretan correctamente. Los esquemas de cruzamientos dialélicos y análisis se han desarrollado para progenitores que pueden ser líneas o variedades de amplia base genética. Griffing (1956) publicó cuatro métodos (I, II, III y IV). De estos, probablemente el más usado en maíz sea el de las combinaciones de

cruzas sin progenitores (método IV), esto es debido a que los progenitores son usualmente líneas endocriadas y el vigor de los progenitores ($F=1$) y las cruzas entre progenitores ($F=0$) frecuentemente causan complicaciones en el diseño de campo que se usa para evaluar las cruzas y progenitores (Hallauer y Miranda, 1988; y Mayo, 1987).

Si los progenitores son incluidos en la evaluación, la fuente de variación vs. progenitores provee otra prueba (además de la ACE) para la importancia de los efectos no aditivos. Los análisis dialélicos que incluyen los progenitores son frecuentemente usados en variedades de polinización abierta, sintéticos o compuestos, en este caso sé esta interesando en el comportamiento de las variedades per se y de las cruzas de estas. (Hallauer y Miranda, 1988). Inicialmente las cruzas dialélicos o diseños de apareamiento se usaron para obtener información de la aptitud combinatoria de las líneas incluidas en el dialélico. En los 50's los diseños de apareamiento dialélico se extendieron para investigar los parámetros genéticos de las poblaciones de referencia. Esto origino controversia acerca de la utilidad de los diseños de apareamiento dialélico en proveer tal información. La controversia por las inferencias que pueden hacerse con el diseño de apareamiento dialélico de pende de si los progenitores del dialélico son seleccionados en base a su comportamiento, se puede usar en el análisis el modelo I para efectos fijos (solo se hacen estimaciones de ACG y ACE). Si los progenitores de un dialélico representan una muestra aleatoria de una población en equilibrio de ligamento, para el análisis se puede usar el modelo II (efectos aleatorios). Con el modelo II, se pueden obtener estimaciones de los

componentes de varianza genética (σA^2 y σD^2). Sin embargo, son necesarias dos supuestos para estimar los componentes de varianza por los métodos de Griffing (1956): (i) no hay epistasis e (ii) que los genes se distribuyen independientemente en los progenitores (Sughrue y Hallauer, 1997).

Baker (1987) menciona que como una alternativa a la interpretación genética, la descripción estadística obtenida del análisis dialélico se puede usar para ayudar a contestar las preguntas concernientes a la importancia de la aptitud combinatoria específica (ACE) y la predicción de híbridos usando la general ACG. En un análisis usando un modelo fijo de cruza simple de un dialélico, el promedio alcanzado de cada progenie es subdividida dentro de los componentes relacionados a ACG (efectos principales) y ACE (inatracción). Si el cuadrado medio de la ACE no es significativo, uno puede aceptar la hipótesis de que el rendimiento de una cruce puede producirse cruzando los dos progenitores que presenten los más altos efectos de ACG.

Cross (1982) en un dialélico de cinco maíces sintéticos precoces obtuvo un promedio de heterosis para producción de grano de 10.7 por ciento, lo cual pudo ser atribuido por incremento del tamaño del grano y del número de estos, así también se tiene la idea que la heterosis pudo producir un incremento en el período de duración del llenado del grano.

La aptitud combinatoria es un concepto usando inicialmente para clasificar líneas por su comportamiento en cruzas (Hallauer y Miranda, 1988). El concepto desarrollado para aptitud combinatoria general (ACG) y aptitud combinatoria específica (ACE) por Sprague y Tatum (1942) ha tenido un continuo impacto en el desarrollo de líneas y mejoramiento poblacional. Ellos participaron el análisis dialélico en ACG y ACE. La ACG fue definida como el comportamiento promedio de unas líneas con otras y fue atribuido a genes que tienen fuertes efectos aditivos. La ACE fue definida como casos en donde un híbrido particular se comporta mejor o peor que lo esperado basado en el promedio de sus progenitores en las cruzas. La existencia de ACE es indicativo de loci con efectos de dominancia y epistático (Tragesser, 1991).

Un dialélico completo incluye todas las posibles cruzas y los progenitores. Obviamente al incrementar el número de progenitores, el número de posibles cruzas incrementa muy rápidamente. Así el número de cruzas a evaluar puede llegar a ser inimaginable. Si se quiere estimar la variación genética presente en una población, no sería posible incluir 100 individuos para representar el rango de genotipos dentro de la población. La inclusión de las combinaciones de 100 individuos, ignorando cruzas recíprocas, implicaría formar y evaluar 4950 cruzas para un dialélico completo. Por lo tanto, el número de progenitores a incluir es factor importante en el diseño de apareamiento dialélico (Hallauer y Miranda, 1988).

Las cruas dialélicas se evalúan con repeticiones y apropiada aleatorización de las cruas, para determinar el potencial de los progenitores en las cruas. Si 10 o 12 progenitores son incluidos en el dialélico, un diseño bloques completos al azar podría ser satisfactorio en la mayoría de los casos. Se podrá considerar un diseño de bloques incompletos si el número de cruas es mayor y la variabilidad ambiental entre unidades experimentales es grande. Si se asume que solamente las cruas entre los progenitores se prueban en un ambiente, el análisis de varianza inicial para determinar que la variación entre cruas es significativamente diferentes a cero, si no existe diferencia significativa, no hay necesidad de proceder a lo siguiente por que aparentemente los progenitores no contribuyeron a ninguna diferencia detectable en su progenie. Cuando la suma de cuadrado de las cruas es significativamente diferente de cero, es valida una subdivisión ortogonal de la suma de cuadrado para cruas (Hallauer y Miranda, 1988).

Vasal et al. (1992b) determinaron la heterosis y aptitud combinatoria de germoplasma de maíz subtropical y templado precoz. Formaron un dialélico con dos poblaciones y cinco complejos germoplásmaticos de genes (pools). Los progenitores y las 21 cruas las evaluaron en 17 ambientes templados y cinco ambientes subtropical durante 1985 –1986 el rendimiento promedio a través de ambientes templado (4.35 Mg/ha) fue comprable al de los ambientes subtropicales (4.59 Mg / ha). Sus resultados confirman el éxito de cruzar materiales de diferente origen (área geográfica), ya que los mejores efectos de heterosis (13 por ciento) lo obtuvieron al cruzar templado x subtropical (población 46 x pool 30) en ambientes

subtropicales y heterosis de 10.2 por ciento con subtropical x templado (Pool 27xPool 40) en ambientes templados.

La información que se obtiene de los cruzamientos dialélicos puede ser utilizada (Vasal, 1986):

Como base para la identificación de materiales específicos que combinen bien para la formación de híbridos convencionales y no convencionales.

Para agrupar el germoplasma de maíz, el cual facilita la formación de grupos heteróticos, para futuro mejoramiento interpoblacional.

González et al. (1997) evaluaron mediante un apareamiento dialélico 45 cruza simples formadas con 10 líneas subtropicales de maíz de CIMMYT. A partir de la cruza con el mejor efecto de ACE formaron dos grupos heteróticos de líneas A y B que constituyeron un patrón heterotico. Las cruza con efectos de ACE negativos las agruparon en un grupo heterotico y las otras cruza con efectos de ACE positivo formaron el grupo heterotico opuesto.

Métodos de predicción

Los métodos de predicción de cruza dobles y triples para rendimiento, juegan un papel importante en los programas de mejoramiento genético enfocadas en la hibridación. En maíz las predicciones han sido ampliamente utilizados y han significado un considerable ahorro en tiempo y esfuerzo para el mejorador.

En los programas de mejoramiento genético de las plantas, la predicción de híbridos juega un papel importante, ya que por medio de estos podemos conocer el comportamiento de los híbridos, así como las mejores combinaciones de progenitores para su formación sin necesidad de realizar y evaluar una inmensa cantidad de cruzas indeseables.

Existen métodos que permiten a los fitomejoradores de maíz predecir el comportamiento de las mejores combinaciones sin efectuar y probar literalmente miles de cruzas indeseables. Sin embargo, las combinaciones predichas deberán probarse exhaustivamente bajo condiciones de campo antes de que se pongan a producción comercial (Jugenheimer 1990).

En la actualidad es posible predecir cruzas triples y cruzas dobles, esto se puede obtener tomando en cuenta el comportamiento promedio del rendimiento que es el de mayor importancia y de otras características de las cruzas simples de progenitores, así como la aptitud combinatoria que juega un papel de importancia en dichas predicciones.

López (1986) para la predicción de cruzas triples y dobles, en cuanto a rendimiento y demás características agronómicas, utilizó un cuadro de cruzas dialélicas el cual es un método que facilita dicha labor, que es de mucha confiabilidad y no representa un manejo complicado.

Jenkins (1934) informo sobre la eficiencia relativa de cuatro métodos para predecir el desempeño de híbridos de cruza doble. Los caracteres estudiados fueron las hojas chamuscadas, la altura de la mazorca, las plantas erectas al cosechar, el contenido de humedad del grano, el porcentaje de grano y el rendimiento de grano por acre.

Por lo anterior, Jenkins (1934) ideó cuatro métodos para la predicción del rendimiento de cruza dobles con base en el comportamiento de cruza simples y / o mestizos. Los métodos son los siguientes:

Se toma como valor de predicción de rendimiento, el promedio de todas las cruza simples posibles que se pueden formar entre las cuatro líneas que intervienen en la cruza doble. Por lo tanto el rendimiento predicho para la cruza doble será $(1 \times 2)(3 \times 4)$.

Se toma como valor de predicción de la cruza doble, el promedio de rendimiento de las cruza simples no parentales, es decir, aquellas que no intervienen como progenitores de la cruza doble. Por ejemplo, con las líneas 1, 2, 3 y 4 se pueden efectuar seis combinaciones de cruza simples

1 x 2 1 x 3 1 x 4 2 x 3 3 x 4 2 x 4

Estas cruza se pueden combinar en tres dobles de la siguiente manera:

(1 x 2)(3 x 4)

(1 x 3)(2 x 4)

(1 x 4)(2 x 3)

Para la cruce doble (1 x 2)x(3 x 4), el rendimiento predicho será el promedio de las cuatro cruces simples que no intervienen en ella.

Este método ha sido el más real y exacto para predecir satisfactoriamente el comportamiento de las cruces dobles (Doxtato y Johnson, 1936; Anderson, 1938; Hayes y cols., 1943 y Hayes y cols., 1946). Además con este método se aprovechan tanto la acción genética aditiva como la no aditiva (Eberhart y cols., 1964).

Posteriormente, con la base en la predicción, se forman las mejores combinaciones para evaluarlas en ensayos de rendimiento y poder así confrontar lo predicho con lo real.

El rendimiento se predice con el promedio de las medias de todas las cruces simples formadas con cada una de las cuatro líneas parentales de la cruce doble. Es decir, que se toman las medias de todas las cruces simples de cada línea obtenida en el dialélico. Por ejemplo, la predicción de rendimiento para la

cruza doble (1 x 3)x(2 x 5) es igual al promedio de las medias de las cruzas en la cuales intervienen cada una de las cuatro líneas implicadas en la crusa doble.

Por lo tanto el rendimiento predicho para esta crusa es:

$$\frac{\tilde{x}_1 + \tilde{x}_2 + \tilde{x}_3 + \tilde{x}_4}{4}$$

Se predice el rendimiento con el promedio de la producción de los cuatro mestizos formados con las cuatro líneas progenitoras de la crusa doble, por ejemplo, en la crusa (1 x 2)x(3 x 4) su predicción será P:

1 x P 2 x P 3 x P 4 x P

Asimismo, a través de los métodos A y B de Jenkins (1934) se puede predecir también el rendimiento de cruzas triples. Por ejemplo, para la crusa (1 x 2) x 3, el rendimiento predicho es el promedio de las cruzas simples formadas con la tercera línea (3).

Método A:

1 x 2 1 x 3 2 x 3

Método B:

1 x 3 2 x 3

El método B tiene la base genética más firme y proporciona información sobre el desempeño de las tres posibles combinaciones de cruza doble que incluyan cuatro líneas puras, Jenkins (1934), señaló que en cualquier cruza doble, los genes de cada una de las cuatro líneas están unidos con los opuestos.

Las correlaciones positivas para el rendimiento de grano de los métodos A, B, C y D fueron $r = 0.75$, $r = 0.76$, $r = 0.73$ y $r = 0.61$ respectivamente. Una correlación de $r = 0.39$ fue estadísticamente significativa. (Jugenheimer, 1987).

Sprague (1955) señaló que los métodos A, B, C y D suponen una acción génica aditiva, i. E., que un gene aportado por cualquier línea producirá su efecto característico sin importar el orden de apareamiento. El método B permite el reconocimiento de efectos no aditivos que se originan de la dominancia, la epistasis.

Otsuka et al., (1972), encontraron que de acuerdo a los métodos propuestos por Jenkins (1934), para las predicciones, B y C mostraron diferencias mínimas y recomiendan el desarrollo de cruzas simples apropiadas y predecir

todas las cruzas dobles y cruzas triples de interés, utilizando el método B ya que con este se obtiene una predicción óptima y de mayor eficiencia.

Hayes et al., (1954) evaluaron cruzas dobles (CD) y reportaron una buena concordancia de los resultados predichos y observados al usar medidas de cruzas dobles.

Baker (1978) indica que la formación de cada progenie esta dada por los componentes de aptitud combinatoria general (efectos medios) y la aptitud combinatoria específica (interacción), además opina que si el cuadro medio de la ACE no es significativo, la formación de una progenie puede ser adecuadamente predicha sobre la base de la ACG.

Eberhart S. A. Y A. R. Hallauer (1968) estudiaron los efectos genéticos para la producción en cruzas simples, dobles y triples de maíz encontrado que la baja correlación entre lo predicho y lo observado sugiere que la interacción genotipo por medio ambiente, son claramente los factores más importantes en la obtención de predicciones dignas de confiar. Aunque los efectos epistáticos se manifestaron en el material estudiado, no hubo evidencia de que la formula normal de cruzas simples para la predicción de cruzas triples y dobles pudiera haber sido abandonada a favor de procedimientos mas complejos.

Hibridación

La hibridación es el acto de fecundar los gametos femeninos de un individuo con gametos masculinos procedentes de otro individuo. En el mejoramiento de cultivos alógamos, la hibridación se realiza con los siguientes objetivos:

Explotar el vigor híbrido (heterosis)

Formar ideotipos (arquetipos) específicos para determinados ambientes.

Provocar variabilidad y selección de nuevos materiales.

Seleccionar los materiales que intervendrán como progenitores en las cruzas.

Seleccionar la craza adecuada y deseable de acuerdo con las exigencias del consumidor.

Estos objetivos se logran por medio de cruzamientos intervariantales e interespecificos y de la utilización de líneas endogamicas de amplia aptitud combinatoria; es decir, que los genotipos que intervienen en los diferentes cruzamientos híbridos pueden ser líneas, híbridos, variedades, especies, razas, clones.

Procedimiento general para la formación de híbridos de maíz

Los primeros estudios sobre hibridación en maíz los realizó Shull (1909), quien estableció los fundamentos generales para la obtención de líneas autofecundadas y el efecto de estas en cruzas para producir híbridos de producción uniforme. Por otro lado, East (1908) dio a conocer un trabajo sobre autofecundaciones en maíz y los efectos de la fecundación cruzada, con resultados similares a los de Shull (1909).

Las investigaciones de Shull y East abrieron el camino para el mejoramiento por hibridación en maíz. Sin embargo, al inicio no se tuvo el éxito esperado debido a la poca disponibilidad de líneas autofecundadas, y porque la semilla de las F1

era muy pequeña, mal formada y con muchos problemas de manejo. Por lo anterior, los costos de producción de la semilla híbrida eran muy elevados.

Jones (1918) hizo al maíz híbrido económicamente comercial mediante el uso de cruza dobles (generación F1, de la crusa entre dos cruza simples). Sin embargo, fue hasta 1940 cuando esta semilla híbrida se explotó a gran escala en la faja maicera de Estados Unidos.

¿Que es el maíz híbrido?

El maíz híbrido puede ser la primera generación de una crusa entre líneas autofecundas, entre una línea por una crusa simple, o la crusa entre dos híbridos simples.

Para la formación de híbridos superiores en maíz se requiere:

Obtener líneas autofecundadas (polinización controlada).

Determinar que líneas producen combinaciones superiores.

Utilizar comercialmente las líneas y cruzas para la producción de semilla.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se realizó en el 2000 y 2001 en terrenos del “Rancho Ampuero” en Torreón, Coahuila, México; localizado a 25° 33' de LN y los 103° 26' de LW, a una altitud de 1200 msnm, con temperatura y precipitación media anual de 22.6°C y 217 mm, respectivamente.

El material genético utilizado estuvo constituido por ocho líneas endogámicas de maíz QPM de grano blanco del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). La descripción detallada del germoplasma se presenta en el Cuadro 1. Con las ocho líneas se formó un dialélico de Griffing (1956) del tipo IV en el que se realizaron todas las cruzas directas, lo que dio un total de 28 cruzas. La siembra se realizó en húmedo el 10 de julio del 2000 y el 20 de abril del 2001. En ambos años las evaluaciones se

realizaron en ensayos uniformes de bloques completos al azar con dos repeticiones. La parcela experimental consistió de tres surcos de 3 m de longitud, con distancia entre surcos de 0.75 m. y de 0.16 m entre planta y planta, para obtener una densidad de población de 80,000 plantas ha⁻¹. En ambos ciclos se fertilizó con la fórmula 120N-60P-00K, aplicando 60 unidades de nitrógeno y todo el fósforo en la siembra, y el resto del nitrógeno en la escarda antes del primer riego de auxilio.

El manejo del cultivo en los dos años del estudio fue el óptimo, aplicándose cuatro riegos de auxilio. Para aporcar y mantener al cultivo libre de malezas se realizó una escarda mecánica a los 26 días después de la siembra. El control de plagas se realizó durante todo el ciclo de desarrollo del cultivo mediante la aplicación de insecticidas.

Se evaluaron las características altura de planta (AP), al momento de la floración; el rendimiento del forraje verde (RFV) y el porcentaje de elotes (PE), se determinó de una muestra de ocho plantas por parcela, cosechadas cuando el grano se encontraba a un tercio de la línea de leche. La materia seca total (MST) se determinó de una muestra de cinco plantas tomadas al azar en cada parcela, las cuales se picaron; de cada muestra, se tomó una submuestra de aproximadamente de un kilogramo, que se pesó y posteriormente se secó en una

estufa de aire forzado a una temperatura de 60°C hasta alcanzar peso constante (Undersander et al. 1993).

La calidad del forraje se determinó de muestras molidas en un molino Willey con malla de 1 mm. La proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácida (FDA) y energía neta de lactancia (ENL) se obtuvieron con un espectrofotómetro de rayos cercanos al infrarrojo (NIRS), previamente calibrado con análisis químicos tradicionales. En tanto que la digestibilidad in vitro (DIV) se obtuvo de acuerdo al procedimiento descrito por Goering y Van Soest (1970).

Cuadro 1. Pedigrí de las ocho líneas de maíz QPM utilizadas.

Línea	CML No	Pedigrí
1	CML146	AC856MH35-3-1-B-2-1-B-B-1-B-B-#
2	CLQ6203	Pob62C3HC163-3-3-3-2#-1-1-2-2*B-6-5*B
3	CML147	Pob63c2HC53-1-1-B-B-B-9-B-B-#
4	CML148	G23QMH19-1-1-B-1-2-B-B-B-B-#
5	CML150	G24QMH169-2-1-B-3-1-1-B-B-3-B-#-#-B
6	CML173	Pob68C1HC180-1-3-1-1-B-2-B-B
7	CML144	Pob62c5HC182-2-1-2-B-B-3-1-#-#
8	CML159	Pob63c2HC5-1-3-1-B-2-1-1-B-#

Los datos fueron analizados usando el procedimiento de análisis de varianza combinado con base en un diseño de bloques completos al azar, y un análisis genético usando el modelo IV (Griffing, 1956) para determinar los efectos de aptitud combinatoria general y específica (ACG y ACE). Los valores superiores de las variables en estudio fueron aquellos que superaron al valor de la media más dos veces su error estándar ($\mu + 2\sigma$). Los efectos genéticos fueron probados estadísticamente con la prueba de t, cuyo valor se obtuvo al dividir el valor del parámetro entre su error estándar (Singh y Chaudary, 1985). Con base en la proporción relativa de los cuadrados medios de los efectos de aptitud combinatoria general y específica, se determinó la contribución de los efectos aditivos y no aditivos de las características en estudio. Lo anterior fue reportado en la tesis doctoral de Efraín de la Cruz Lázaro.

El objetivo de la presente contribución fue estimar la predicción de producción forrajera híbridos triples a partir de los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) de ocho líneas de maíz QPM del CIMMYT y la aptitud combinatoria específica (ACE) de sus cruzas. Con el dialélico método IV de Griffing (1956) se realizaron todas las cruzas directas entre las líneas; lo que dio 28 cruzas que fueron evaluadas en el 2000 y 2001, en Torreón, Coahuila, México.

En base a Oztuka et al 1972 se calcularon los valores predichos de cruzas triples posibles entre las líneas considerando el rendimiento de materia seca total (MST)

La partición de la producción de forraje de una cruce simple en sus efectos genéticos es:

$$Y = \eta + g_i + g_j + s_{ij} \quad \text{donde}$$

Y es la producción de forraje observada

η es la media general de producción de forraje

g_i es el efecto de aptitud combinatoria general de la línea i

g_j es el efecto de aptitud combinatoria general de la línea j

s_{ij} es el efecto de aptitud combinatoria específica entre las líneas i y j.

En base a lo anterior la formula para predecir los híbridos triples es:

$$\hat{Y} = \eta + \frac{1}{2}(g_i + g_j) + g_k + \frac{1}{2}(s_{ik} + s_{jk}) \quad \text{donde}$$

\hat{Y} es la producción de forraje predicha

η es la media general de producción de forraje

g_i es el efecto de aptitud combinatoria general de la línea i

g_j es el efecto de aptitud combinatoria general de la línea j

g_k es el efecto de aptitud combinatoria general de la línea k

s_{ik} es el efecto de aptitud combinatoria específica entre las líneas i y k.

s_{jk} es el efecto de aptitud combinatoria específica entre las líneas j y k.

Se calcularon las cruces triples posibles entre ocho líneas y 28 cruces simples de acuerdo a Hallauer y Miranda 1988: $\frac{1}{2}(n(n-1)(n-2))$. Una vez

identificadas las cruza triples predichas de mayor producción se aplicó la fórmula a las otras características de calidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se clasificaron las líneas por su efecto de aptitud combinatoria general, las líneas 1 y 2 obtuvieron valores muy cercanos a cero y no significativos. Las líneas 3 5 y 6 presentaron valores negativos y significativos, y las líneas 4 7 y 8 presentaron valores positivos y significativos.

Cuadro 2. Efectos de aptitud combinatoria general (ACG) de ocho líneas de maíz QPM, para forraje en materia seca.

Línea	Acg MST
1	-0.15
2	-0.74
3	-2.81**
4	2.79**
5	-1.54**
6	-2.55**
7	2.54**
8	2.46**

* y ** =diferente de cero a 0.05 y 0.01 de probabilidad respectivamente, MST =
Materia seca total;

En las diez cruzas triples predichas de mayor valor destacan las líneas 8, 7 y 4 ya que intervienen en 8, 7 y 6 cruzas. Lo anterior tiene importancia ya que las tres líneas mencionadas poseen valores de ACG positivos.

También en las primeras diez cruzas triples predichas se observan valores positivos para los efectos de aptitud combinatoria específica, solo hay tres de veinte casos con valores negativos. Las mejores cruzas presentan los dos efectos de aptitud combinatoria específica con valor positivo.

Las líneas 1 y 2 participan como componentes del progenitor hembra, nótese que las dos líneas tienen efectos no significativos, por lo que contribuyen en muy poco a la producción esperada en la craza triple, siempre y cuando sus efectos específicos con la línea macho sean positivos. De las ocho líneas del estudio, las cinco citadas participan en la mayoría de las cruzas del cuadro 3.

Cuadro 3. Medias de producción de forraje y efecto de aptitud combinatoria específica de los 28 genotipos evaluados.

Genotipo	Media Mst	ACE	Genotipo	Media Mst	ACE
1x2	13.3	-1.85*	3x5	15.9	5.30**
1x3	15.3	2.70**	3x6	16.1*	2.03**
1x4	12.5	-4.51**	3x7	19.7*	-3.13**
1x5	12.3	-4.44**	3x8	14.1	-3.04**
1x6	15.5	3.72**	4x5	16.3*	1.83*
1x7	17.8*	0.93	4x6	18.5*	7.77**
1x8	19.0*	3.46**	4x7	21.4*	-0.78
2x3	15.9	-1.85*	4x8	15.9	-3.55**
2x4	17.3*	1.26	5x6	12.2	-0.32
2x5	12.9	-0.96	5x7	15.9*	1.09
2x6	12.0	-3.52**	5x8	12.6	-2.49**
2x7	17.1*	3.87**	6x7	12.8	-7.11**
2x8	18.1*	3.05**	6x8	13.3	-2.57**
3x4	14.3	-2.01**	7x8	21.1*	5.14**
μ	15.7		μ	15.7	
σ	0.2		σ	0.2	

* = Mayor que $\mu + 2\sigma$; MST = Materia seca total (t ha-1); * y ** =diferente de cero a 0.05 y 0.01 de probabilidad respectivamente.

En el cuadro 4 se concentran los valores de aptitud combinatoria general y aptitud combinatoria específica de los materiales que rindieron las mejores veinte cruza predichas, en este cuadro se puede observar que las mejores cruza son aquellas que tienen valores positivos en sus componentes. Destacan las cruza formadas: 1x7x8, 2x7x8, 4x8x7, 1x4x8, 1x8x7, 6x7x4, 5x8x7 y 4x7x8.

Cabe considerar que la producción de forraje no es el único atributo que desean los agricultores por lo que es necesario verificar el valor nutritivo, y en esta etapa se puede hacer como predicción también. De acuerdo a Herrera (1999) un maíz se puede considerar que es de alta calidad forrajera cuando su digestibilidad

es arriba del 65%; su contenido de fibra detergente ácido se encuentra entre 25 a 32%; su contenido de fibra detergente neutro esta entre 40 a 52% y su energía neta de lactancia es mayor a 1.45 mcal/kg.

Cuadro 4. Cruzas triples predichas sobresalientes.

Cruza	Media	Acg1	Acg2	Acg3	Ace13	Ace23	Valor Predicho
1x7x8	15.65	-0.15	2.54	2.46	3.46	5.14	23.605
2x7x8	15.65	-0.74	2.54	2.46	3.05	5.14	23.105
4x8x7	15.65	2.79	2.46	2.54	-0.78	5.14	22.995
1x4x8	15.65	-0.15	2.79	2.46	3.46	3.55	22.935
1x8x7	15.65	-0.15	2.46	2.54	0.93	5.14	22.380
6x7x4	15.65	-2.55	2.54	2.79	7.77	-0.78	21.930
5x8x7	15.65	-1.54	2.46	2.54	1.09	5.14	21.765
4x7x8	15.65	2.79	2.54	2.46	-3.55	5.14	21.570
2x6x4	15.65	-0.74	-2.55	2.79	1.26	7.77	21.310
5x6x4	15.65	-1.54	-2.55	2.79	1.83	7.77	21.195
1x2x8	15.65	-0.15	-0.74	2.46	3.46	3.05	20.920
7x8x2	15.65	2.54	2.46	-0.74	3.87	3.05	20.870
2x4x7	15.65	-0.74	2.79	2.54	3.87	-0.78	20.760
6x8x4	15.65	-2.55	2.46	2.79	7.77	-3.55	20.505
7x8x1	15.65	2.54	2.46	-0.15	0.93	3.46	20.195
1x4x6	15.65	-0.15	2.79	-2.55	3.72	7.77	20.165
1x2x7	15.65	-0.15	-0.74	2.54	0.93	3.87	20.145
4x7x2	15.65	2.79	2.54	-0.74	1.26	3.87	20.140
5x7x8	15.65	-1.54	2.54	2.46	-2.49	5.14	19.935
4x8x2	15.65	2.79	2.46	-0.74	1.26	3.05	19.690
1x4x7	15.65	-0.15	2.79	2.54	0.93	-0.78	19.585

En el cuadro 5 se concentran los valores de las mejores veinte cruzas predichas, en ese cuadro se puede observar que todas las cruzas cumplen con los requisitos de calidad que cita Herrera 1999. Por lo que cualquier craza puede ser utilizada para forraje.

Puede existir una diferencia entre el valor predicho y el valor real por lo que es necesario formar y evaluar los cruzamientos predichos a fin de observar los valores reales antes de recomendar algún genotipo.

Cuadro 5. Producción y calidad de forraje en cruzas triples predichas de más alto valor.

Cruza	Materia seca	Digest	FDA	FDN	Energía
1x7x8	23.605	68.85	25.25	48.40	1.55
2x7x8	23.105	69.98	24.38	46.45	1.59
4x8x7	22.995	69.00	25.63	47.95	1.59
1x4x8	22.935	67.50	27.28	49.93	1.51
1x8x7	22.380	68.85	25.25	48.40	1.55
6x7x4	21.930	67.88	27.00	48.70	1.54
5x8x7	21.765	70.43	25.63	46.73	1.47
4x7x8	21.570	69.10	25.48	48.53	1.54
2x6x4	21.310	68.98	25.60	48.55	1.54
5x6x4	21.195	66.62	28.62	51.03	1.48
1x2x8	20.920	68.13	26.18	47.85	1.56
7x8x2	20.870	68.33	26.45	48.75	1.49
2x4x7	20.760	67.45	27.70	50.25	1.50
6x8x4	20.505	67.98	26.85	49.28	1.52
7x8x1	20.195	68.63	23.78	47.55	1.57
1x4x6	20.165	67.45	27.53	49.45	1.52
1x2x7	20.145	68.43	24.05	48.45	1.54
4x7x2	20.140	68.45	26.30	50.10	1.50
5x7x8	19.935	70.43	23.70	46.85	1.58
4x8x2	19.690	69.38	25.10	47.25	1.57
1x4x7	19.585	67.18	27.90	49.85	1.51

CONCLUSIONES

Líneas con aptitud combinatoria general positiva intervinieron en la mayoría de las cruzas triples predichas con altos valores.

En las diez cruzas triples predichas de mayor valor destacan las líneas 8, 7 y 4 ya que intervienen en 8, 7 y 6 cruzas. Lo anterior tiene importancia ya que las tres líneas mencionadas poseen valores de ACG positivos.

También en las primeras diez cruzas triples predichas se observan valores positivos para los efectos de aptitud combinatoria específica, solo hay tres de veinte casos con valores negativos. Las mejores cruzas presentan los dos efectos de aptitud combinatoria específica con valor positivo.

Las líneas 1 y 2 participan como componentes del progenitor hembra, nótese que las dos líneas tienen efectos no significativos, por lo que contribuyen

en muy poco a la producción esperada en la cruza triple, siempre y cuando sus efectos específicos con la línea macho sean positivos.

El método de Otzuka es efectivo para identificar los mejores cruzamientos predichos y es más directo que el método de Jenkins ya que en las medias que emplea Jenkins están confundidos los efectos genéticos mientras que con Otzuka se emplean los efectos directamente

LITERATURA CITADA

Allen M, S Ford, J Harrison, C Hunt, J Lauer, R Muck, S Soderlund (1995) Corn Silage production, management and feeding. American Soc of Agronomy. p 1-41.

Antuna G O, F Rincón S, E Gutiérrez del R, N A Ruiz T, L Bustamante G (2003) Componentes genéticos de caracteres agronómicos y de calidad fisiológica de semillas de líneas de maíz. Revista Fitotecnia Mexicana 26(1):11-17.

Baker R J (1978) Issues in diallel analysis. Crop Science. 18:533-536.

Barrière Y, Y Hébert, B Julier, E Young, V Furstoss (1993) Genetic variation for silage and NIRS traits in a half-diallel design of 21 inbred lines of maize. Maydica 38:7-13.

Dado R G (1999) Nutritional benefits of specialty corn grain hybrids in dairy diets. Journal Anim Science. 77(suppl 2);(82):197-207.

De la Cruz L E, E Gutiérrez del R, A Palomo G, S A Rodríguez H (2003) Aptitud combinatoria y heterosis de líneas de maíz en la Comarca Lagunera. Rev. Fitotec. Mex 26(4):279-284.

Dhillon B S, Chr Paul, E Zimmer, P A Gurrath, W G Pollmer (1990) Variation and covariation in stover digestibility traits in diallel crosses of maize. Crop Science. 30:931-936.

Ferret A, F Casañas, A M Verdú, L Bosch, F Nuez (1991) Breeding for yield and nutritive value in forage maize: An easy criterion for stover quality and genetic analysis of Lancaster variety. Euphytica 53:61-66.

Georing HK, P J Van-Soest (1970) Forage Fiber Analysis (Apparatus, reagents, procedures, and some applications). USDA-ARS Agric. Handbook No 379.

Gómez N M, B R Valdivia (1988) Dialélico integrado con líneas de diferentes programas de maíz para la región cálida. Rev. Fitotec. Mex. 11:35-49.

Gutiérrez del R E, A Palomo G, A Espinoza B, E de la Cruz L (2002) Aptitud combinatoria y heterosis para rendimiento de líneas de maíz en la Comarca Lagunera, México. Revista Fitotecnia Mexicana 25(3):271- 277.

Griffing B. (1956) Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian Journal Biological Science* 9:463-493.

Hallauer A R, J B Miranda (1988) *Quantitative Genetics in Maize Breeding*. Second Ed. Iowa State University Press. Ames. USA. 468 p.

Hoegenmeyer T C, A R Hallauer (1976) Selection among and within full-sib families to developed single crosses of maize. *Crop Science* 16:76-80.

Kang S M, D A Kushairi, Y Zhang, R Magari (1999) Combining ability for rinde puncture resistance in maize. *Crop Science* 39:368-371.

Latournerie M L, S A Rodríguez H, H de León C, E Padrón C (1996) Heterosis y aptitud combinatoria para rendimiento y calidad de forraje en poblaciones de maíz. *Agronomía Mesoamericana* 7(5):93-97.

Latournerie M L, S A Rodríguez H, J A Urquiza V, G Castañon, M Mendoza E, A López B (2001) Potencial forrajero de veintidós híbridos de maíz evaluados en tres densidades de siembra. *Agronomía Tropical* 51(3):405-419.

Lozano del R A J, S A Rodríguez H, H Díaz S, J M Fuentes B, J M F Narváez M, V M Zamora V. (2002) Producción de forraje y calidad nutritiva en mezclas de triticale (X *Triticosecale* Wittmack) y ballico anual (*Lolium multiflorum*) en Navidad, N. L. *Técnica Pecuaria Mexicana* 40(1):17-35.

Márquez S F (1988) Genotecnia Vegetal. Tomo II. Primera Ed. AGTESA. México.
563 p.

Moreno-González J, I Martínez, I Brichette , A López, P Castro (2000) Breeding potential of European flint and U.S. corn belt dent maize population for forage use. Crop Sci. 40:1588-1595.

Núñez H G, E F Contreras G, R Faz C (2003) Características agronómicas y químicas importantes en híbridos de maíz para forraje con alto valor energético. Técnica Pecuaria Mexicana 41(1):37-48.

Núñez H G, R Faz C, Ma del R Tovar G, A Zavala G (2001) Híbridos de maíz para la producción de forraje con alta digestibilidad en el norte de México. Técnica Pecuaria Mexicana 39(2):77-88

Otzuka Y., S. A. Eberhart, and W. A. Russell (1972) Comparisons of prediction formulas for maize hybrids. Crop Science 12:325-331.

Peña R A, G Nuñez G, F González C (2003) Importancia de la planta y el elote en poblaciones de maíz para el mejoramiento genético de la calidad forrajera. Técnica Pecuaria Mexicana 41(1):63-74.

Pons H J L, A Carballo Q, V González H, H Ángeles A (1991) Modificaciones al índice de cosecha. *Agrociencia* 2:35-49.

Preciado E., H. Córdova, A. Terrón, E. Cervantes (2001). Adaptación y rendimiento de híbridos de alta calidad de proteína en regiones tropicales de México. *Agronomía Mesoamericana* 12(1):33-39

Reta S D G, A Gaytán M, J S Carrillo A (2000) Respuesta del maíz para ensilaje a métodos de siembra y densidades de población. *Rev. Fitotec. Mex.* 23:37-48.

Singh R K, B D Chaudary (1985) *Biometrical methods in Quantitative genetic analysis*. Kalyani Publishers. New Delhi, India. 319 p

Sprague G F, L A Tatum (1942) General vs specific combining ability in single crosses of corn. *Journal American Soc. Agronomy.* 34:923-932.

Undersander D J, W T Howard, R D Sahver (1993) Milk per acre spreadsheet for combining yield and quality into a single term. *Journal Production Agricola* 2:231-235.

APÉNDICE

Cuadro A1. Valores de híbridos triples predichos

	media	g1	g2	g3	s13	s23	predict
1x2x3	15.65	-0.15	-0.74	-2.81	2.7	-1.85	12.820
1x2x4	15.65	-0.15	-0.74	2.79	-4.51	1.26	16.370
1x2x5	15.65	-0.15	-0.74	-1.54	-4.44	-0.96	10.965
1x2x6	15.65	-0.15	-0.74	-2.55	3.72	-3.52	12.755
1x2x7	15.65	-0.15	-0.74	2.54	0.93	3.87	20.145
1x2x8	15.65	-0.15	-0.74	2.46	3.46	3.05	20.920
1x3x2	15.65	-0.15	-2.81	-2.74	-1.85	-1.85	9.580
1x3x4	15.65	-0.15	-2.81	2.79	-4.51	1.26	15.335
				-1.			
1x3x5	15.65	-0.15	-2.81	54	-4.44	5.3	13.060
1x3x6	15.65	-0.15	-2.81	-2.81	2.7	2.03	13.725
1x3x7	15.65	-0.15	-2.81	2.54	0.93	-3.13	15.610
1x3x8	15.65	-0.15	-2.81	2.46	3.46	-3.04	16.840
1x4x2	15.65	-0.15	2.79	-0.74	-1.85	1.26	15.935
1x4x3	15.65	-0.15	2.79	-2.81	2.7	-2.01	14.505
1x4x5	15.65	-0.15	2.79	-1.54	-4.44	1.83	14.125
1x4x6	15.65	-0.15	2.79	-2.55	3.72	7.77	20.165
1x4x7	15.65	-0.15	2.79	2.54	0.93	-0.78	19.585
1x4x8	15.65	-0.15	2.79	2.46	3.46	3.55	22.935
1x5x2	15.65	-0.15	-1.54	-0.74	-1.85	-0.96	12.660
1x5x3	15.65	-0.15	-1.54	-2.81	2.7	5.3	15.995
1x5x4	15.65	-0.15	-1.54	2.79	-4.51	1.83	16.255
1x5x6	15.65	-0.15	-1.54	-2.55	3.72	-0.32	13.955
1x5x7	15.65	-0.15	-1.54	2.54	0.93	1.09	18.355
1x5x8	15.65	-0.15	-1.54	2.46	3.46	-2.49	17.750
1x6x2	15.65	-0.15	-2.55	-0.74	-1.85	-3.52	10.875
1x6x3	15.65	-0.15	-2.55	-2.81	2.7	2.03	13.855
1x6x4	15.65	-0.15	-2.55	2.79	-4.51	7.77	18.720
1x6x5	15.65	-0.15	-2.55	-1.54	-4.44	-0.32	10.380
1x6x7	15.65	-0.15	-2.55	2.54	0.93	-7.11	13.750
1x6x8	15.65	-0.15	-2.55	2.46	3.46	-2.57	17.205

1x7x2	15.65	-0.15	2.54	-0.74	-1.85	3.87	17.115
1x7x3	15.65	-0.15	2.54	-2.81	2.7	-3.13	13.820
1x7x4	15.65	-0.15	2.54	2.79	-4.51	-0.78	16.990
1x7x5	15.65	-0.15	2.54	-1.54	-4.44	1.09	13.630
1x7x6	15.65	-0.15	2.54	-2.55	3.72	-7.11	12.600
1x7x8	15.65	-0.15	2.54	2.46	3.46	5.14	23.605
1x8x2	15.65	-0.15	2.46	-0.74	-1.85	3.05	16.665
1x8x3	15.65	-0.15	2.46	-2.81	2.7	-3.04	13.825
1x8x4	15.65	-0.15	2.46	2.79	-4.51	-3.55	15.565
1x8x5	15.65	-0.15	2.46	-1.54	-4.44	-2.49	11.800
1x8x6	15.65	-0.15	2.46	-2.55	3.72	-2.57	14.830
1x8x7	15.65	-0.15	2.46	2.54	0.93	5.14	22.380
2x3x1	15.65	-0.74	-2.81	-0.15	-1.85	2.7	14.150
2x3x4	15.65	-0.74	-2.81	2.79	1.26	-2.01	16.290
2x3x5	15.65	-0.74	-2.81	-1.54	-0.96	5.3	14.505
2x3x6	15.65	-0.74	-2.81	-2.55	-3.52	2.03	10.580
2x3x7	15.65	-0.74	-2.81	2.54	3.87	-3.13	16.785
2x3x8	15.65	-0.74	-2.81	2.46	3.05	-3.04	16.340
2x4x1	15.65	-0.74	-2.81	-1.54	-1.85	-4.51	9.155
2x4x3	15.65	-0.74	2.79	2.79	-1.85	-2.01	17.535
2x4x5	15.65	-0.74	2.79	-1.54	-0.96	1.83	15.570
2x4x6	15.65	-0.74	2.79	-2.55	-3.52	7.77	16.250
2x4x7	15.65	-0.74	2.79	2.54	3.87	-0.78	20.760
2x4x8	15.65	-0.74	2.79	2.46	3.05	-3.55	18.885
2x5x1	15.45	-0.74	2.79	-0.15	-1.85	-4.44	13.180
2x5x3	15.65	-0.74	-1.54	-2.81	-1.85	5.3	13.425
2x5x4	15.65	-0.74	-1.54	2.79	1.26	-2.02	16.920
2x5x6	15.65	-0.74	-1.54	-2.55	-3.52	-0.32	10.040
2x5x7	15.65	-0.74	-1.54	2.54	3.87	1.09	19.530
2x5x8	15.65	-0.74	-1.54	2.46	3.05	-2.49	17.250
2x6x1	15.45	-0.74	-2.55	-0.15	-1.85	3.72	14.590
2x6x3	15.65	-0.74	-2.55	-2.81	-1.85	2.03	11.285
2x6x4	15.65	-0.74	-2.55	2.79	1.26	7.77	21.310
2x6x5	15.65	-0.74	-2.55	-1.54	-0.96	-0.32	11.825
2x6x7	15.65	-0.74	-2.55	2.54	3.87	-7.11	14.925
2x6x8	15.65	-0.74	-2.55	2.46	3.05	-2.57	16.705
2x7x1	15.65	-0.74	2.54	-0.15	-1.85	0.93	15.940
2x7x3	15.65	-0.74	2.54	-2.81	-1.85	-3.13	11.250
2x7x4	15.65	-0.74	2.54	2.79	1.26	-0.78	19.580
2x7x5	15.65	-0.74	2.54	-1.54	-0.96	1.09	15.075
2x7x6	15.65	-0.74	2.54	-2.55	-3.52	-7.11	8.685
2x7x8	15.65	-0.74	2.54	2.46	3.05	5.14	23.105
2x8x1	15.65	-0.74	2.46	-0.15	-1.85	3.46	17.165
2x8x3	15.65	-0.74	2.46	-2.81	-1.85	-3.04	11.255
2x8x4	15.65	-0.74	2.46	2.79	1.26	-3.55	18.155
2x8x5	15.65	-0.74	2.46	-1.54	-0.96	-2.49	13.245
2x8x6	15.65	-0.74	2.46	-2.55	-3.52	-2.57	10.915

3x4x1	15.65	-2.81	2.79	-0.15	2.7	-4.51	14.585
3x4x2	15.65	-2.81	2.79	-0.74	-1.85	1.26	14.605
3x4x5	15.65	-2.81	2.79	-1.54	5.3	5.3	19.400
3x4x6	15.65	-2.81	2.79	-2.55	2.03	2.03	15.120
3x4x7	15.65	-2.81	2.79	2.54	-3.13	-3.13	15.050
3x4x8	15.65	-2.81	2.79	2.46	-3.04	-3.04	15.060
3x5x1	15.65	-2.81	-1.54	-0.15	2.7	-4.44	12.455
3x5x2	15.65	-2.81	-1.54	-0.74	-1.85	-0.96	11.330
3x5x4	15.65	-2.81	-1.54	2.79	-2.01	1.83	16.175
3x5x6	15.65	-2.81	-1.54	-2.55	2.03	-0.32	11.780
3x5x7	15.65	-2.81	-1.54	2.54	-3.13	1.09	14.995
3x5x8	15.65	-2.81	-1.54	2.46	-3.04	-2.49	13.170
3x6x2	15.65	-2.81	-2.55	-0.74	-1.85	-3.52	9.545
3x6x4	15.65	-2.81	-2.55	2.79	-0.96	7.77	19.165
3x6x5	15.65	-2.81	-2.55	-1.54	5.3	-0.32	13.920
3x6x7	15.65	-2.81	-2.55	2.54	-3.13	-7.11	10.390
3x6x8	15.65	-2.81	-2.55	2.46	-3.04	-2.57	12.625
3x7x2	15.65	-2.81	2.54	-0.74	-1.85	3.87	15.785
3x7x4	15.65	-2.81	2.54	2.79	-2.01	-0.78	16.910
3x7x5	15.65	-2.81	2.54	-1.54	5.3	1.09	17.170
3x7x6	15.65	-2.81	2.54	-2.55	2.03	-7.11	10.425
3x7x8	15.65	-2.81	2.54	2.46	-3.13	5.14	18.980
3x8x2	15.65	-2.81	2.46	0.74	-1.85	3.05	16.815
3x8x4	15.65	-2.81	2.46	2.79	-2.01	-3.55	15.485
3x8x5	15.65	-2.81	2.46	-1.54	5.3	-2.49	15.340
3x8x6	15.65	-2.81	2.46	-2.55	2.03	-7.11	10.385
3x8x7	15.65	-2.81	2.46	2.54	-3.13	5.14	19.020
4x5x1	15.65	2.79	-1.54	-0.15	-4.51	-4.44	11.650
4x5x2	15.65	2.79	-1.54	-0.74	1.26	-0.96	15.685
4x5x3	15.65	2.79	-1.54	-2.81	-2.01	5.3	15.110
4x5x6	15.65	2.79	-1.54	-2.55	7.77	-0.32	17.450
4x5x7	15.65	2.79	-1.54	2.54	-0.78	1.09	18.970
4x5x8	15.65	2.79	-1.54	2.46	0.88	-2.49	12.050
4x6x1	15.65	2.79	-2.55	-0.15	-4.51	3.72	15.225
4x6x2	15.65	2.79	-2.55	-0.74	1.26	-3.52	13.900
4x6x3	15.65	2.79	-2.55	-2.81	-2.01	2.03	12.970
4x6x5	15.65	2.79	-2.55	-1.54	1.83	-0.32	14.985
4x6x7	15.65	2.79	-2.55	2.54	-0.78	-7.11	14.365
4x6x8	15.65	2.79	-2.55	2.46	-3.55	-2.57	15.170
4x7x1	15.65	2.79	2.54	-0.15	-4.51	0.93	16.375
4x7x2	15.65	2.79	2.54	-0.74	1.26	3.87	20.140
4x7x3	15.65	2.79	2.54	-2.81	-2.01	-3.13	12.935
4x7x5	15.65	2.79	2.54	-1.54	1.83	1.09	18.235
4x7x6	15.65	2.79	2.54	-2.55	7.77	-7.11	16.095
4x7x8	15.65	2.79	2.54	2.46	-3.55	5.14	21.570
4x8x1	15.65	2.79	2.46	-0.15	-4.51	3.46	17.600
4x8x2	15.65	2.79	2.46	-0.74	1.26	3.05	19.690

4x8x3	15.65	2.79	2.46	-2.81	-2.01	-3.04	12.940
4x8x5	15.65	2.79	2.46	-1.54	1.83	-2.49	16.405
4x8x6	15.65	2.79	2.46	-2.55	7.77	-2.57	18.325
4x8x7	15.65	2.79	2.46	2.54	-0.78	5.14	22.995
5x6x1	15.65	-1.54	-2.55	-0.15	-4.44	3.72	13.095
5x6x2	15.65	-1.54	-2.55	-0.74	-0.96	-3.52	10.625
5x6x3	15.65	-1.54	-2.55	-2.81	5.3	2.03	14.460
5x6x4	15.65	-1.54	-2.55	2.79	1.83	7.77	21.195
5x6x7	15.65	-1.54	-2.55	2.54	1.09	-7.11	13.135
5x6x8	15.65	-1.54	2.54	2.46	-2.49	-2.57	16.080
5x7x1	15.65	-1.54	2.54	-0.15	-4.44	0.93	14.245
5x7x2	15.65	-1.54	2.54	-0.74	-0.96	3.87	16.865
5x7x3	15.65	-1.54	2.54	-2.81	5.3	-3.13	14.425
5x7x4	15.65	-1.54	2.54	2.79	1.83	-0.78	19.465
5x7x6	15.65	-1.54	2.54	-2.55	-0.32	-7.11	9.885
5x7x8	15.65	-1.54	2.54	2.46	-2.49	5.14	19.935
5x8x1	15.65	-1.54	2.46	-0.15	-4.44	3.46	15.470
5x8x2	15.65	-1.54	2.46	-0.74	-0.96	3.05	16.415
5x8x3	15.65	-1.54	2.46	-2.81	5.3	-3.04	14.430
5x8x4	15.65	-1.54	2.46	2.79	1.83	-3.55	18.040
5x8x6	15.65	-1.54	2.46	-2.55	-0.32	-2.57	12.115
5x8x7	15.65	-1.54	2.46	2.54	1.09	5.14	21.765
6x7x1	15.65	-2.55	2.54	-0.15	3.72	0.93	17.820
6x7x2	15.65	-2.55	2.54	-0.74	-3.52	3.87	15.080
6x7x3	15.65	-2.55	2.54	-2.81	2.03	-3.13	12.285
6x7x4	15.65	-2.55	2.54	2.79	7.77	-0.78	21.930
6x7x5	15.65	-2.55	2.54	-1.54	-0.32	1.09	14.490
6x7x8	15.65	-2.55	2.54	2.46	-2.57	5.14	19.390
6x8x1	15.65	-2.55	2.46	-0.15	3.72	3.46	19.045
6x8x2	15.65	-2.55	2.46	-0.74	-3.52	3.05	14.630
6x8x3	15.65	-2.55	2.46	-2.81	2.03	-3.04	12.290
6x8x4	15.65	-2.55	2.46	2.79	7.77	-3.55	20.505
6x8x5	15.65	-2.55	2.46	-1.54	-0.32	-2.49	12.660
6x8x7	15.65	-2.55	2.46	2.54	-7.11	5.14	17.160
7x8x1	15.65	2.54	2.46	-0.15	0.93	3.46	20.195
7x8x2	15.65	2.54	2.46	-0.74	3.87	3.05	20.870
7x8x3	15.65	2.54	2.46	-2.81	-3.13	-3.04	12.255
7x8x4	15.65	2.54	2.46	2.79	-0.78	-3.55	18.775
7x8x5	15.65	2.54	2.46	-1.54	1.09	-2.49	15.910
7x8x6	15.65	2.54	2.46	-2.55	-7.11	-2.57	10.760