

ESTADISTICA

DIALLEL: PROGRAMA DE ANALISIS ESTADISTICO PARA CRUZAMIENTOS DIALELICOS

Rafael Ortíz B.*; Luis E. Garces P.**

RESUMEN

Con base en la metodología propuesta por B. Griffing se desarrolló un programa, en el lenguaje Pascal, para efectuar el análisis de varianza y estimar las habilidades combinatorias de los cruces dialélicos efectuados entre líneas de especies agrícolas o pecuarias. El programa contempla ocho casos diferentes de acuerdo a los cuatro métodos experimentales y los dos modelos existentes. Se presenta un ejemplo numérico de uno de los casos.

Palabras Claves Adicionales: Genética cuantitativa, híbridos, modelo estadístico.

ABSTRACT

Diallel: A Statistical Analysis Program for the Diallelic Crosses

A program in Pascal language was developed, to perform the analysis of variance and to estimate the combining abilities of diallelic crosses among lines according to the methodology proposed by B. Griffing. The program considers eight different cases related to four experimental methods and two models. A numerical example is presented.

Additional Index Words: Quantitative genetics, hybrids, statistical model.

El análisis dialélico y el concepto de habilidad combinatoria son muy importantes dentro del mejoramiento animal y vegetal; la metodología de análisis estadístico de los dialélicos es más compleja que la usualmente involucrada en los diseños experimentales clásicos, ya que ellos corresponden a estructuras incompletas de un factorial de dos vías.

Por lo anterior y como una herramienta práctica y de fácil uso, se desarrolló un programa para efectuar el análisis dialélico de líneas. El programa contempla ocho casos según la metodología propuesta por B. Griffing (3), cada uno de los casos se trata en forma independiente y el análisis de varianza en bloques al azar es el único proceso común a todos los métodos.

* Ingeniero Electricista. División de Biometría. Bogotá.

** Analista de Sistemas. A.A. 151123 El Dorado, Bogotá.

El programa procesa la información generada por los experimentos dialélicos utilizando un archivo tipo texto que debe ser creado previamente y de acuerdo con el formato establecido para tal efecto; como información adicional durante la ejecución del programa se debe indicar el método y modelo fijo o al azar, así como también el número de padres y repeticiones del experimento.

Según el diseño utilizado en campo, el programa realiza la tabla de análisis de varianza incluyendo la probabilidad de rechazo de cada fuente de variación; estima los efectos generales, específicos y recíprocos para el modelo fijo y calcula los componentes de varianza de los efectos mencionados cuando el modelo es al azar.

Para ilustrar en forma práctica el uso del programa, al final de este artículo se presenta un ejemplo numérico de uno de los casos contemplados.

MATERIALES Y METODOS

Un cruce dialélico consiste en seleccionar un conjunto de P líneas y cruzarlas entre ellas mismas con el objeto de obtener elementos genéticamente mejores; este método produce un máximo de $p \times p$ combinaciones las cuales se pueden clasificar en tres grupos diferentes así:

1. Las p líneas parentales en estudio, que en una matriz de orden $p \times p$ corresponden a los elementos de la diagonal principal.
2. Un conjunto de $p(p-1)/2$ cruces denominado $F1$'s, que corresponde a la matriz triangular superior.
3. Un conjunto de $p(p-1)/2$ cruces denominados recíprocos de $F1$'s que corresponde a la matriz triangular inferior.

Con base en la clasificación anterior se establecen cuatro métodos experimentales que dependen de los conjuntos de cruces así:

Método 1: Considera Padres, $F1$'s y Recíprocos; corresponden a p^2 combinaciones.

Método 2: Considera Padres y $F1$'s; corresponden a $(p + p(p-1)/2)$ combinaciones.

Método 3: $F1$'s y Recíprocos; corresponden a $p(p-1)$ combinaciones.

Método 4: $F1$'s solamente; corresponden a $p(p-1)/2$ combinaciones.

Cada uno de esos métodos requiere un análisis estadístico diferente, el cual es presentado en forma detallada por Griffing (3) y Becker (1). De acuerdo con el muestreo que se efectúe en el experimento, es necesario considerar dos situaciones diferentes: El modelo al azar que ocurre cuando las líneas se toman aleatoriamente de la población en estudio y el modelo fijo cuando no se eligen mediante un procedimiento aleatorio.

Con base en los cuatro métodos experimentales y los dos modelos mencionados, se presentan ocho casos que se contemplan en el programa desarrollado. En cada caso el diseño experimental básico es el de bloques completos al azar.

En el análisis dialélico para cruces se consideran dos conceptos importantes cuando se trata de estudiar y comparar el comportamiento de cruces de líneas; estos son habilidad combinatoria general - HCG - y habilidad combinatoria específica - HCE -. La HCG es el comportamiento promedio de una línea en todas sus combinaciones híbridas; la HCE se usa para definir el comportamiento promedio de una línea con otra.

Para el desarrollo del programa se utilizó un microcomputador PS/30 y el lenguaje Turbo-Pascal (2) bajo el sistema operacional DOS Versión 3.30. El lenguaje Pascal ofrece gran versatilidad para la elaboración de este tipo de programas y actualmente es uno de los más difundidos en el desarrollo de Software. Además, el programa puede migrar fácilmente a otras máquinas y otros sistemas operacionales a través del código fuente.

RESULTADOS Y DISCUSION

El Programa Diallel fue implementado en el lenguaje Pascal (2) para operar en forma interactiva y procesar diferentes variables durante una sesión para cualquiera de los 8 casos contemplados.

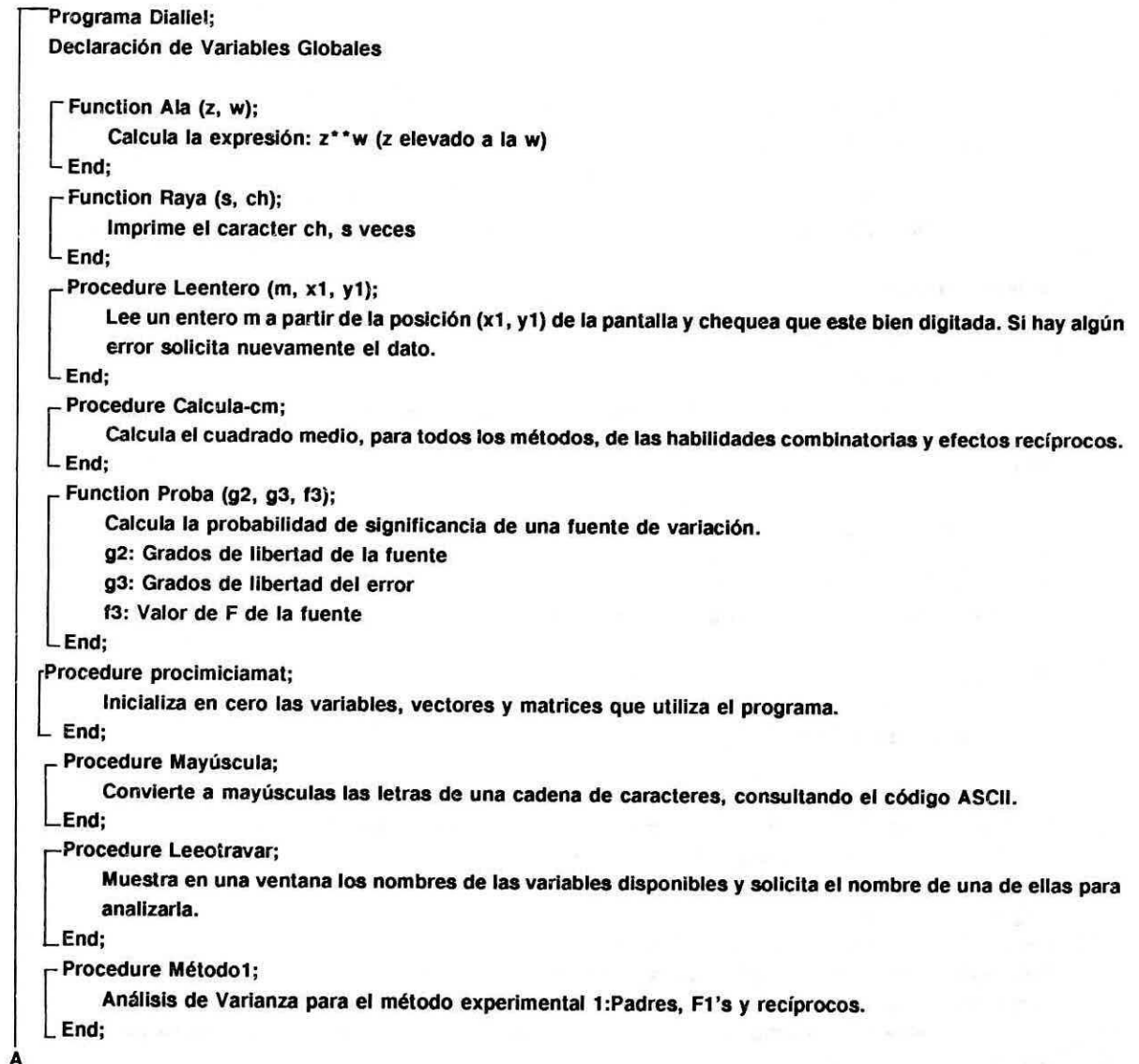
ESTRUCTURA DEL PROGRAMA

El programa fue desarrollado con base en la técnica de programación estructurada o "top down"; esta técnica establece que un programa debe estar constituido por una serie de procedimientos y funciones los cuales son utilizados por un programa coordinador denominado programa principal, a su vez este programa principal tiene una secuencia de arriba hacia abajo (top-down) de tal forma que no hay retornos directos del control del programa (goto); se defi-

nen grupos repetitivos los cuales finalizan al cumplirse una condición determinada por el programador.

En la Figura 1 se muestra la estructura general del programa Diallel tal como fue desarrollado en Pascal; con base en esta estructura se hace una breve descripción de cada uno de los procedimientos y funciones declarados, además se presenta un resumen del programa principal. Los nombres de los procedimientos y funciones son los mismos utilizados en la codificación del programa.

FIGURA 1. Estructura del Programa Diallel



```

A
├── Procedure Método1f;
│   ├── Estimación de efectos de las Habilidades Combinatorias: General, Específica y Recíproca correspondiente
│   │   └── al Método 1 Modelo Fijo.
│   └── End;
├── procedure Método1a;
│   ├── Estimación de varianzas: General, Específica y Recíproca correspondiente al Método 1 Modelo al Azar.
│   └── End;
├── Procedure Método2;
│   ├── Análisis de Varianza para el Método Experimental 2:Padres y F1's.
│   └── End;
├── Procedure Método2f;
│   ├── Estimación del Efecto de las Habilidades Combinatorias General y Específica correspondiente al Método
│   │   └── 2 Modelo Fijo.
│   └── End;
├── Procedure Método 2a;
│   ├── estimación de Varianzas General y Específica correspondiente al Método 2 Modelo al Azar.
│   └── End;
├── procedure Método3;
│   ├── Análisis de Varianza para el Método experimental 3:F1's y Recíprocos.
│   └── End;
├── procedure Método3f;
│   ├── Estimación de Efectos de las Habilidades Combinatorias, General, Específica y Recíproca correspondientes
│   │   └── al Método 3 Modelo Fijo.
│   └── End;
├── Procedure Método3a;
│   ├── Estimación de Varianza General, Específica y Recíproca correspondiente al Método 3 Modelo al azar.
│   └── End;
├── Procedure Método4;
│   ├── Análisis de Varianza para el Método Experimental 4:F1's solamente.
│   └── End;
├── Procedure Método4f;
│   ├── Estimación de efectos de las Habilidades Combinatorias General y Específica correspondiente al Método
│   │   └── 4 Modelo Fijo.
│   └── End;
├── Procedure Método4a;
│   ├── estimación de Varianza General y específica correspondiente al Método 4 Modelo al azar.
│   └── End;
├── Procedure Imprimeanova;
│   ├── Imprime el análisis de varianza de todos los Métodos.
│   └── End;
├── Procedure Imprimeefectos;
│   ├── Imprime Efectos Estimados de las Habilidades Combinatorias General, Específica y Recíproca, de acuerdo
│   │   └── con el Método aplicado.
│   └── End;
├── Procedure Imprimecompvarianza;
│   ├── Imprime los componentes de varianza estimados para Habilidad Combinatoria General, Específica,
│   │   └── Recíproca de acuerdo con el Método aplicado.
│   └── End;
├── Begin (Programa Principal)
│   ├── - Pantalla de presentación del sistema de Análisis Dialélico
│   ├── - Solicitud del nombre del archivo de entrada, número de tratamientos, número de repeticiones y número de
│   │   └── padres utilizados en el experimento.
│   └── - Solicitud del diseño del registro del archivo; el programa requiere los nombres de las variables y las columnas
│       └── entre las cuales se encuentra cada una.
└── A
    
```

- A- Solicitud de la variable a analizar.
- Lectura de los datos de la variable indicada.
 - Creación de matrices básicas
 - Análisis de Varianza General (Bloques al Azar)
- Análisis dialélico de acuerdo con el método seleccionado.
 - Cálculo de Habilidades Combinatorias
 - Estimación de Efectos y Varianzas
- Impresión de Resultados
 - Análisis de Varianza
 - Efectos de las Habilidades Combinatorias y Recíprocas.
 - Componentes de Varianza
- Determinación sobre continuación de proceso bajo las opciones:
 - Mostrar resultados por pantalla
 - Mostrar resultados por impresora
 - Analizar otra Variable
 - Terminar proceso
- End.

Algunos de los procedimientos y funciones elaborados para el programa Diallel pueden ser utilizados por otros programas debido al carácter general con que fueron desarrollados, (4) estos son: Ala, Leentero, Proba y Mayúscula, de los cuales se hace una breve descripción en la estructura del programa.

CARACTERÍSTICAS DEL PROGRAMA DIALLEL

El programa se ejecuta digitando la palabra **DIALLEL**, este es el nombre del programa ejecutable bajo el sistema operacional **DOS**; y requiere 256 Kb de memoria **RAM** para su ejecución.

En cada sesión **DIALLEL** procesa el archivo que se le indique y las variables que desee analizar el usuario.

El programa está capacitado para analizar experimentos dialélicos cuyas máximas dimensiones sean:

- No. Padres: 20
- No. Repeticiones: 10
- No. Tratamientos: 100
- No. Variables: 10

Si en un experimento se presentan más de 10 padres, es recomendable imprimir los resultados puesto que la pantalla se satura con una matriz de 10x10.

INFORMACION SOLICITADA POR EL PROGRAMA

La información que requiere el programa para su ejecución está dividida en dos grupos así: Archivo de entrada y datos o características generales del método experimental utilizado. El archivo de entrada contiene las mediciones efectuadas o datos originales de cada una de las variables de estudio, e identificadas por las variables de clasificación. Las características generales del método experimental utilizado son:

Número de Tratamientos: Corresponde al número de cruces hembra-macho efectuados y por lo tanto depende del método.

Número de Repeticiones: Es el número de repeticiones utilizado en el experimento.

Número de Padres: Es el número de padres que fueron utilizados en el experimento.

Método Experimental y Modelo: El programa contempla las ocho (8) alternativas generadas al analizar 4 métodos experimentales con dos modelos, fijo y al azar, cada uno.

Es importante resaltar que el método y modelo deben estar totalmente de acuerdo con el archivo de entrada porque el análisis dialélico se efectúa con base en la información suministrada por el usuario; si el método no concuerda con el archivo los resultados obtenidos serán totalmente erróneos.

TABLA 1. Formato del archivo de entrada para análisis dialélico.

Variables	TRAT	REP	Hembra	Macho	x1	x2	...	x10
Columnas	1-2	3-4	5-6	7-8	9-p1	p1 + 1 - p2
.
.
.

El usuario selecciona las variables que desea analizar y las va indicando al programa a medida que este las va requiriendo dentro del proceso.

DESCRIPCION DEL ARCHIVO DE ENTRADA

El archivo de entrada para el análisis dialélico debe ser tipo texto (ASCII) y debe conservar el diseño establecido para que sea reconocido por el programa. Los registros del archivo deben tener el diseño estándar que se observa en la Tabla 1.

El archivo tiene dos tipos de variables: de clasificación y de análisis. Las variables de clasificación son TRAT, REP, HEMBRA y MACHO, y corresponden a tratamiento, repetición, número de hembra y número de macho respectivamente; estas variables deben conservar las posiciones definidas en la Tabla 1. Las variables de análisis son X1, X2, ... X10; estas variables pueden ocupar las posiciones que desee el usuario y tener las longitudes que mejor se acomoden a los valores que van a tomar.

Para facilitar la creación de los archivos se desarrolló un programa en dBASE III Plus el cual permite la digitación de los datos a analizar sin tener que digitar los datos de las variables de clasificación, este proceso se hace de acuerdo con el método experimental utilizado, el número de padres y el número de repeticiones del ensayo.

Sin embargo, el archivo puede ser creado por procesadores de palabra o editores de texto, conservando el diseño establecido, identificando plenamente cada una de las variables de clasificación de acuerdo al método elegido. El Anexo 1 (Tablas 1, 2, 3, 4) presentan el modelo

para la creación de un archivo con cualquiera de los cuatro (4) métodos experimentales básicos.

RESULTADOS ESTADISTICOS

El sistema de análisis dialélico presenta los resultados de acuerdo al método experimental y el modelo fijo o al azar utilizados en el ensayo. Los resultados para cualquier método son entregados en tres grupos diferentes así:

a. Matriz de Promedios

Es un resumen de los datos originales presentados en forma matricial; cada fila corresponde a una hembra y cada columna a un macho, los elementos de la matriz son el promedio de los cruces respectivos.

b. Análisis de Varianza

El análisis de varianza se efectúa con base en el diseño de bloques al azar. la fuente de variación tratamientos o cruces de padres se subdivide en Habilidad Combinatoria General -HCG-Habilidad Combinatoria Específica -HCE- y Efecto Recíproco -RECIP.

c. Efectos Estimados y Componentes de Varianza

Para los modelos fijos los efectos estimados son los correspondientes a las habilidades combinatorias general y específica y los recíprocos; en cada uno de estos efectos los padres son identificados con los mismos códigos o números asignados en la matriz de promedios por repetición.

Para los modelos al azar se estiman los componentes de varianza de la habilidad combinato-

ria general y específica, y el efecto recíproco.

EJEMPLO NUMERICO

Aunque el programa realiza el análisis de los ocho métodos mencionados, se presenta sólo un ejemplo correspondiente al método 3 que considera las F1's y recíprocas con el modelo fijo.

Se desea averiguar cuales son los mejores híbridos como resultado del cruce de cuatro líneas de pino. Los árboles se cruzan en forma dialélica para producir híbridos F1's y sus recíprocos; los F1's y recíprocos se siembran en parcelas de 10 árboles en dos replicaciones y se mide la altura, en centímetros, de cada uno de ellos a los 2 años.

Para iniciar el análisis dialélico se debe crear el archivo con las características descritas en la Tabla 1, de tal manera que cada observación corresponde a la altura de cada cruce dialélico; como cada cruce dialélico corresponde a una parcela de 10 árboles se toma el promedio de la altura en centímetros como dato original para el análisis y se crea el archivo denominado PINODIAL.TXT.

A continuación se presenta el contenido del archivo PINODIAL.TXT. Las 2 primeras líneas son descriptivas pero no se incluyen en el archivo texto, el cual sólo posee los datos en la disposición indicada.

Como se observa, en el archivo cada dato está totalmente identificado en cuanto al cruce hembra-macho y repetición se refiere, el tratamiento (TRAT) es una identificación adicional para efectos del análisis de varianza en bloques al azar.

En la línea de comandos DOS se tecléa DIAL. DIAL es el procedimiento en "batch" para iniciar un programa dBASE III Plus que permite la selección de entrada de datos, o la ejecución del programa DIALLEL; si el usuario selecciona ejecutar el análisis dialélico, el programa solicita la siguiente información:

Nombre del archivo	PINODIAL.TXT
No. de Tratamiento	12
No. de Repeticiones	2
No. de Padres	4

	TRAT	REP	Hembra	Macho	Altura
Columnas	1-2	3-4	5-6	7-8	9-11
	1	1	1	2	201
	1	2	1	2	199
	2	1	1	3	199
	2	2	1	3	201
	3	1	1	4	210
	3	2	1	4	212
	4	1	2	1	200
	4	2	2	1	197
	5	1	2	3	211
	5	2	2	3	209
	6	1	2	4	222
	6	2	2	4	220
	7	1	3	1	200
	7	2	3	1	199
	8	1	3	2	209
	8	2	3	2	211
	9	1	3	4	221
	9	2	3	4	220
	10	1	4	1	210
	10	2	4	1	208
	11	1	4	2	218
	11	2	4	2	220
	12	1	4	3	220
	12	2	4	3	222

Archivo: PINODIAL.TXT. (Favor completar el diseño del registro).

Variables de clasificación	Posición inicial	Posición final	Variables a analizar	Posición inicial	Posición final
Tratamiento	1	2	Altura	9	11
Repetición	3	4			
No. Hembra	5	6			
No. Macho	7	8			

A continuación, el programa presenta una pantalla en la cual solicita el formato de las variables de análisis dentro del archivo; el usuario debe indicar el nombre de las variables a analizar y las columnas entre las cuales se encuentran los datos como se muestra a continuación:

En esta pantalla el programa solicita únicamente las variables a analizar ya que las variables de clasificación tienen formato fijo entre las columnas 1 y 8. El cursor aparece directamente bajo el título "Variables a Analizar" y el usuario debe teclear los nombres y las columnas de todas las variables que desee analizar; se finaliza la definición de variables pulsando ENTER cuando el programa solicite una nueva variable.

Cuando se termina la definición de variables, el programa solicita el nombre de la primera variable a analizar:

**NOMBRE DE LA VARIABLE A ANALIZAR:
ALTURA**

Luego de indicar la variable a analizar el programa DIALLEL lee el archivo y efectúa el análisis de varianza; posteriormente solicita el método experimental y el modelo con base en la siguiente pantalla:

En este caso se seleccionó la opción 5 puesto que se trata del método experimental que considera F1's y Recíprocos con modelo fijo. Luego de entrar la opción deseada el programa efectúa

Opción	Método experimental	Modelo
1	F1's Recíprocos y Padres	I (Fijo)
2	F1's Recíprocos y Padres	II (Azar)
3	F1's y Padres	I (Fijo)
4	F1's y Padres	II (Azar)
5	F1's y Recíprocos	I (Fijo)
6	F1's y Recíprocos	II (Azar)
7	F1's	I (Fijo)
8	F1's	II (Azar)

Opción deseada: 5

el análisis dialélico y presenta los resultados por pantalla como se observa en la Tabla 2. El análisis de varianza muestra que la habilidad combinatoria específica y los efectos recíprocos no son significativos, mientras que la habilidad combinatoria general es significativa al 1%.

En la Tabla 3 se presentan los resultados de este ejemplo considerando que el modelo es al azar.

Finalmente, el programa le indica al usuario las alternativas para la continuación del proceso a través de las siguientes opciones:

- [1] Ver resultados por pantalla
- [2] Imprimir resultados
- [3] Analizar otra variable
- [4] Terminar proceso

Opción deseada: 2

TABLA 2. Resultados generados por el programa de análisis estadístico para componentes dialélicos. Método 3 Modelo Fijo.

SISTEMA DE ANALISIS DIALELICO					
Matriz de promedios por repetición					
Variable: Altura					
No. Padre	1	2	3	4	
1		200.00	200.00	211.00	
2	198.50		210.00	221.00	
3	199.50	210.00		220.50	
4	209.00	219.00	221.00		
SISTEMA DE ANALISIS DIALELICO					
Análisis de varianza: Bloques al azar					
Variable: Altura					
Método: 3 Modelo: Fijo					
Fuente	G.L.	S.C.	C.M.	F	PROB
REP	1	0.3750	0.3750	0.18	
TRAT	11	1755.4583	159.5871	75.91	0.0000
H.C.G.	3	1744.6249	581.5416	276.63	0.0000
H.C.E.	2	0.0834	0.0417	0.02	0.9814
Ef. Re.	6	10.7500	1.7917	0.85	0.5573
Error	11	23.1250	2.1023		
Total	23	1778.9583	77.3460		
SISTEMA DE ANALISIS DIALELICO					
Efecto de la habilidad combinatoria general					
Variable: Altura					
	No. Padre	Efecto			
	1	-10.437			
	2	-0.313			
	3	0.313			
	4	10.437			
Efectos de la habilidad combinatoria específica					
Variable: Altura					
No. Padre	1	2	3	4	
1		0.04	-0.08	0.04	
2	0.04		0.04	-0.08	
3	-0.08	0.04		0.04	
4	0.04	-0.08	0.04		
Efectos recíprocos					
Variable: Altura					
No. Padres	1	2	3	4	
1		0.75	0.25	1.00	
2	-0.75		0.00	1.00	
3	-0.25	0.00		-0.25	
4	-1.00	-1.00	0.25		

TABLA 3. resultados generados por el programa de análisis estadístico para componentes dialélicos. Método 3 Modelo Aleatorio.

SISTEMA DE ANALISIS DIALELICO					
Matriz de promedios por repetición					
Variable: Altura					
No. Padre	1	2	3	4	
1		200.00	200.00	211.00	
2	198.50		210.00	221.00	
3	199.50	210.00		220.50	
4	209.00	219.00	221.00		

SISTEMA DE ANALISIS DIALELICO					
Análisis de varianza: Bloques al Azar					
Variable: Altura					
Método: 3 Modelo: Azar					
Fuente	G.L.	S.C.	C.M.	F	PROB
REP	1	0.3750	0.3750	0.18	
TRAT	11	1755.4583	159.5871	75.91	0.0000
H.C.G.	3	1744.6249	581.5416	276.63	0.0000
H.C.E.	2	0.0834	0.0417	0.02	0.9814
Ef. Re.	6	10.7500	1.7917	0.85	0.5573
Error	11	23.1250	2.1023		
Total	23	1778.9583	77.3460		

Componentes de varianza estimados

Habilidad combinatoria general:	145.375
Habilidad combinatoria específica:	-1.030
Efecto recíproco:	-0.155

En este momento el usuario decide si quiere ver por pantalla o imprimir los resultados de la variable que está analizando, o bien analizar otra variable en cuyo caso el programa desplegaría una lista de las variables a analizar para que el usuario escoja la nueva variable. Si decide escoger la opción 4 el programa termina la ejecución y retorna al menú principal de captura de datos DIALELICOS.

CONCLUSIONES

1. Con el desarrollo del sistema de Análisis Dialélico, el Instituto dispone de un Software especializado en genética cuantitativa para analizar resultados de experimentos en cruces dialélicos para líneas de especies.
2. Pascal, lenguaje en el cual se hizo el programa, está difundido entre diversas marcas de computadores y sistemas operacionales; esto indica que, a través del programa fuente, es fácil su montaje en diferentes máquinas para que más investigadores tengan acceso a él.
3. Los resultados presentados por el programa suministran la información necesaria para hacer los análisis básicos y llegar a conclusiones precisas sobre el experimento analizado.
4. Con base en este modelo se puede continuar con el desarrollo de Software de este tipo para hacer más eficiente la labor del investigador evitando errores durante procesos manuales, en los análisis que pueden ser realizados con gran

precisión por programas especializados con base en la informática. El siguiente paso po-

dría ser el desarrollo de un sistema gemelo para el cruce dialélico de variedades.

ANEXO 1

TABLA 1. Modelo de archivo de datos para el análisis estadístico de cruzamiento dialélicos. Método 1 (Padres y Recíprocos).

TRAT	REP	Hembra	Macho	Altura
1	1	1	1	12.5
1	2	1	1	14.5
2	1	1	2	16.4
2	2	1	2	13.5
3	1	1	3	12.4
3	2	1	3	12.6
4	1	1	4	14.5
4	2	1	4	13.6
5	1	2	1	12.5
5	2	2	1	14.8
6	1	2	2	15.8
6	2	2	2	14.6
7	1	2	3	19.4
7	2	2	3	14.7
8	1	2	4	15.2
8	2	2	4	15.4
9	1	3	1	12.5
9	2	3	1	17.4
10	1	3	2	18.5
10	2	3	2	19.6
11	1	3	3	17.4
11	2	3	3	15.2
12	1	3	4	12.4
12	2	3	4	15.4
13	1	4	1	12.5
13	2	4	1	11.1
14	1	4	2	11.2
14	2	4	2	15.4
15	1	4	3	13.2
15	2	4	3	12.4
16	1	4	4	15.4
16	2	4	4	12.1

ANEXO 1

TABLA 2. Modelo de archivo de datos para el análisis estadístico de cruzamientos dialélicos. Método 2 (Padres y F1's).

TRAT	REP	Hembra	Macho	Altura
1	1	1	1	45.8
1	2	1	1	47.8
2	1	1	2	46.9
2	2	1	2	58.7
3	1	1	3	45.6
3	2	1	3	42.5
4	1	1	4	43.6
4	2	1	4	41.5
5	1	1	5	47.8
5	2	1	5	45.8
6	1	2	2	46.9
6	2	2	2	47.8
7	1	2	3	42.4
7	2	2	3	45.4
8	1	2	4	44.4
8	2	2	4	45.6
9	1	2	5	45.4
9	2	2	5	44.4
10	1	3	3	54.2
10	2	3	3	44.5
11	1	3	4	42.4
11	2	3	4	54.1
12	1	3	5	41.5
12	2	3	5	26.2
13	1	4	4	44.1
13	2	4	4	44.4
14	1	4	5	11.4
14	2	4	5	54.5
15	1	5	5	47.8
15	2	5	5	48.4

ANEXO 1

TABLA 3. Modelo de archivo de datos para el análisis estadístico de cruzamientos dialélicos. Método 3 (F1's y Recíprocos).

TRAT	REP	Hembra	Macho	Altura
1	1	1	2	65.8
1	2	1	2	78.5
2	1	1	3	48.9
2	2	1	3	75.2
3	1	1	4	41.5
3	2	1	4	46.3
4	1	1	5	45.8
4	2	1	5	47.8
5	1	2	1	45.9
5	2	2	1	58.7
6	1	2	3	69.5
6	2	2	3	45.2
7	1	2	4	45.8
7	2	2	4	47.8
8	1	2	5	49.8
8	2	2	5	45.6
9	1	3	1	48.7
9	2	3	1	54.6
10	1	3	2	56.5
10	2	3	2	86.8
11	1	3	4	76.5
11	2	3	4	85.7
12	1	3	5	58.8
12	2	3	5	55.4
13	1	4	1	58.8
13	2	4	1	59.7
14	1	4	2	58.8
14	2	4	2	55.5
15	1	4	3	45.5
15	2	4	3	44.4
16	1	4	5	47.8
16	2	4	5	77.4
17	1	5	1	78.5
17	2	5	1	74.4
18	1	5	2	55.5
18	2	5	2	47.7
19	1	5	3	77.8
19	2	5	3	44.7
20	1	5	4	88.8
20	2	5	4	58.5

ANEXO 1

TABLA 4. Modelo de archivo de datos para el análisis estadístico de cruzamientos dialélicos. Método 4 (F1's).

TRAT	REP	Hembra	Macho	Altura
1	1	1	2	87.8
1	2	1	2	45.4
2	1	1	3	84.5
2	2	1	3	48.7
3	1	1	4	89.8
3	2	1	4	98.7
4	1	1	5	87.4
4	2	1	5	54.8
5	1	1	6	78.4
5	2	1	6	54.8
6	1	2	3	78.5
6	2	2	3	48.7
7	1	2	4	87.8
7	2	2	4	78.7
8	1	2	5	87.8
8	2	2	5	78.5
9	1	2	6	78.4
9	2	2	6	98.8
10	1	3	4	75.5
10	2	3	4	47.8
11	1	3	5	84.5
11	2	3	5	45.8
12	1	3	6	99.8
12	2	3	6	98.9
13	1	4	5	98.9
13	2	4	5	78.8
14	1	4	6	78.4
14	2	4	6	54.7
15	1	5	6	46.8
15	2	5	6	78.7

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. **Becker, Walter A.** 1984. Manual de Genética Cuantitativa. Cuarta Edición, traducida a Español Academic Enterprises. Pullman, Washington, EE.UU.
2. **Borland International.** 1987. Turbo Pascal Owner's Handbook. Borland International. Printed in the U.S.A.
3. **Griffing, B.** 1956. Concept of General and Specific Combining Ability in Relation to Diallelic Crossing Systems. Australian J. Biol. Sci. 9:463-493.
4. **McGraw-Hill.** 1982. Algunos Programas de uso común en Pascal. Traducido de la primera edición en inglés. Ediciones La Colina S.A. España.