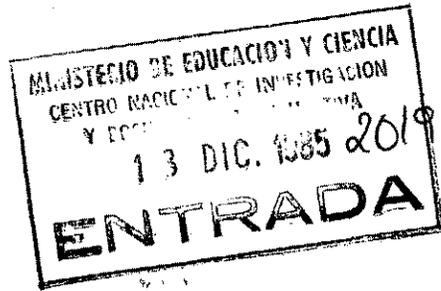


Innovación
1984-1985

Murcia



Enseñanza de las Ciencias asistida por ordenador



MEMORIA DEL PROYECTO DE INVESTIGACION EDUCATIVA:

ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS ASISTIDA POR ORDENADOR

Murcia, Noviembre de 1985

R. 8694BU

R-8694



La presente Memoria refleja el trabajo realizado por un grupo de profesores de la Universidad de Murcia a lo largo del curso 1984-85, bajo el título "ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS ASISTIDA POR ORDENADOR", con financiación por el Centro Nacional de Investigación y Documentación Educativa, en función de lo dispuesto en la resolución 13733 de 13 de junio de 1984, publicada en el B.O.E. de 16 de junio de 1984.

La investigación recogida en esta Memoria ha sido realizada por:

José Luis Micol Molina, Profesor Ayudante. Departamento de Genética, Facultad de Biología (Coordinador).

Fernando Muñoz Valcárcel, Profesor Titular. Departamento de Matemáticas y Estadística, Facultad de Veterinaria.

José Antonio Palazón Ferrando, Profesor Encargado de Curso. Departamento de Matemáticas y Estadística, Facultad de Veterinaria.

Rafael Arana Castillo, Catedrático. Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Químicas y Matemáticas.

Ernesto Martín Rodríguez, Catedrático. Departamento de Física, Facultad de Ciencias Químicas y Matemáticas.

José Miguel Zamarro Minguell, Profesor Titular. Departamento de Física, Facultad de Ciencias Químicas y Matemáticas.

Rafael Menéndez-Barzanallana Asensio, Profesor Ayudante. Departamento de Física, Facultad de Ciencias Químicas y Matemáticas.

Antonio Salinas Albaladejo, Profesor Colaborador. Departamento de Física, Escuela Universitaria de Informática.

I N D I C E

Introducción	6
Objetivos generales y metodología	8
Recursos empleados	12
Programas para la enseñanza de la Bioestadística	14
Programas para la enseñanza de la Física	23
Programas para la enseñanza de la Genética	32
Programas para la enseñanza de la Geología	45
Conclusiones generales	62

INTRODUCCION

OBJETIVOS GENERALES Y METODOLOGIA

RECURSOS EMPLEADOS

INTRODUCCION

Durante los últimos años el ordenador ha sido paulatinamente incorporado como una herramienta docente más en centros de enseñanza media y superior de numerosos países occidentales. El rápido descenso de los precios de estas máquinas y sus periféricos ha hecho posible su introducción en la vida académica. Sin embargo, aún en las naciones cuyo parque informático es más abundante, el número de programas para uso docente es escaso. La mayoría de los disponibles se dirigen a la enseñanza primaria y, habitualmente, han sido escritos para aparatos de escasa memoria y posibilidades gráficas muy limitadas. La oferta de programas de ordenador para uso docente en la enseñanza superior es reducida en lengua inglesa y totalmente inexistente en lengua española. Quienes estimamos que un ordenador del estrato de los llamados "personales" posee la potencia adecuada para constituir un instrumento eficaz de enseñanza en disciplinas que exigen el abordaje de problemas de una cierta complejidad y que han de ser representados gráficamente, nos vemos en la necesidad de desarrollar nuestros propios programas. Este es el punto de partida del trabajo que aquí se expone.

Los Departamentos de Bioestadística (F. de Veterinaria), Genética (F. de Biología) y Física y Geología (F. de Ciencias Químicas y Matemáticas) de la Universidad de Murcia han coincidido en los dos últimos años en el planteamiento a sus alumnos de unas clases prácticas en las que el ordenador sustituya o complemente las sesiones tradicionales de laboratorio. La naturaleza dispar de las disciplinas impartidas por estos Departamentos obliga a que tal confluencia no pueda ir más allá de la reflexión conjunta en torno a las pautas generales de la interacción entre el ordenador y el alumno, a la vez que aporta un contraste enriquecedor en cuanto a los diferentes enfoques del uso del ordenador como herramienta docente.

A lo largo de este curso 1984-85 hemos completado un buen número de programas de ordenador para uso docente. Estimamos que nuestra labor puede ser de gran utilidad para otras universidades, y hemos constatado que nuestras experiencias han sido acogidas muy favorablemente por los asistentes a los diferentes congresos a los que han sido presentadas. Se ha de advertir, no obstante, que los programas desarrollados sólo pueden ser utilizados, de forma inmediata, en ordenadores OLIVETTI M20. La incompatibilidad entre diferentes ordenadores restringe las posibilidades de difusión de experiencias de este tipo y plantea, inevitablemente, la cuestión de la conveniencia del uso de máquinas correspondientes al canon actual en el mercado informático mundial: la compatibilidad con IBM. La continuación de investigaciones como la aquí recogida se hará, muy probablemente, en máquinas que -como el Olivetti M24 o los IBM PC y XT- sean compatibles con otras marcas y modelos.

OBJETIVOS GENERALES Y METODOLOGIA

La tentación más frecuente que sufren quienes comienzan a utilizar el ordenador en la enseñanza es emplearlo a modo de pizarra automatizada, convirtiendo la pantalla en una hoja de un libro de enseñanza programada. El ordenador es limitado en muchas ocasiones a exponer información en forma de texto y a ofrecer series de preguntas con respuestas alternativas. Este enfoque denota no sólo falta de imaginación sino también ignorancia acerca de las potencialidades del instrumento que se emplea. La capacidad del ordenador de procesar datos suministrados por el usuario, para su introducción en la simulación de un proceso cualquiera, constituye la fuente fundamental de interacción con el usuario y le sitúa a un nivel radicalmente distinto del de un libro. El estudiante, ante un ordenador que le fuerza a determinar los valores de las variables que inciden en un proceso, constata de inmediato y cuantas veces le sea necesario, la forma en que cada una de ellas influye en el resultado final. La comprensión de fenómenos complejos que obedecen a leyes conocidas es así facilitada mediante su simulación en el ordenador y es mucho más completa si se trata de una simulación dinámica, en la que el estudiante pueda variar los parámetros del sistema y contemplar las consecuencias. La representación gráfica de los fenómenos bajo simulación, de sus etapas o aspectos críticos, debe sustituir siempre que sea posible a la exposición mediante texto, ya que la comprensión es normalmente más rápida y la retención del concepto más duradera. El valor de los gráficos se acentúa si son animados, aspecto en el que el ordenador, nuevamente, puede jugar un papel insustituible.

Las pautas bajo las cuales se han escrito los programas comprendidos en este trabajo son, pues, las siguientes: han de constituir simulaciones dinámicas e interactivas de los fenómenos que describen, han de apoyarse fundamentalmente en las representaciones gráficas, a ser posible animadas, y han de limitar a su mínima ex-

presión la aparición de texto en pantalla. Los programas suponen un cierto conocimiento por el alumno del tema que se aborda, pero no exigen en absoluto nociones acerca del funcionamiento o la programación de ordenadores. La comisión de errores por el alumno no implica en ningún caso la detención de la ejecución de un programa, ya que se han empleado subrutinas de previsión de errores en todas las etapas que implican la intervención del usuario. En muchos casos, el alumno recibe información a través de impresoras o trazadores de gráficos, a fin de facilitarle el seguimiento de la simulación. Es también frecuente el orden optativo de las etapas a cubrir en una sesión, de forma que cada alumno pueda determinar la secuencia en que ejecuta las diferentes partes de un programa, retrocediendo o avanzando a placer.

Es idea común a todos los autores de este trabajo que el ordenador no debe ser utilizado como instrumento único para la enseñanza de un concepto, sino que ha de ser limitado a una función complementaria, en el terreno de lo que han sido tradicionalmente las clases prácticas de laboratorio, algunas de las cuales pueden ser sustituidas por una práctica mediante ordenador, y otras simplemente completadas en determinados aspectos, imposibles de abordar sin ordenador.

Se ha pretendido, pues, el desarrollo de una serie de clases prácticas totalmente basadas o parcialmente apoyadas en ordenadores, acordes a las características de cada una de las asignaturas implicadas en el proyecto.

Se ha considerado el interés de la evaluación de la experiencia por el propio alumnado, para lo que se ha diseñado la siguiente encuesta:

Licenciatura: Curso: Asignatura:
Edad: Sexo:

¿Habías tenido algún contacto anterior con los ordenadores?

- Nunca
- Alguna vez
- Habitualmente

¿Cuántas prácticas has realizado en esta asignatura mediante ordenador?

¿Crees que el tiempo que permaneciste trabajando con el ordenador fue suficiente?

- SI
- NO

¿Juzgas útil la utilización de ordenadores en la enseñanza universitaria?

- Nada
- Regular
- Muy útil

¿Comprendiste en su totalidad lo que debías hacer a través de la información suministrada por la pantalla del ordenador o necesitaste preguntar al profesor?

- Lo comprendí todo sin ayuda
- Consulté una vez al profesor
- Consulté varias veces
- No comprendí nada

Cuál es tu opinión sobre el papel de la utilización de ordenadores para complementar la enseñanza de esta asignatura.

- Inútil
- De escasa utilidad
- Util, pero no imprescindible
- Imprescindible

Califica de 0 (pésimo) a 10 (excelente) cada una de las prácticas mediante ordenador que has realizado en esta asignatura

-
-
-
-
-

Sugerencias, opiniones y comentarios...

Esta encuesta no ha sido realizada ya que las versiones definitivas de los programas se han obtenido en los últimos meses del curso. Las versiones iniciales fueron empleadas por grupos reducidos de alumnos voluntarios, lo que permitió eliminar fallos imprevistos y la adición de aspectos sugeridos por los estudiantes. Esperamos aplicar la encuesta durante el actual curso 1985-86, en el que la totalidad de los alumnos de cada asignatura llevará a cabo prácticas mediante ordenadores, en base a las versiones definitivas de los programas.

RECURSOS EMPLEADOS

Las características de cada uno de los programas y la naturaleza y el interés del tema que abordan se describen en los apartados correspondientes a la actividad de cada Departamento participante en este proyecto. En todos los casos se utilizaron ordenadores OLIVETTI M20, con un mínimo de 128 kb. Este ordenador, con un microprocesador de 16 bit y una resolución en pantalla de 512x256 pixels posee la rapidez de operación y las capacidades gráficas antes enunciadas como imprescindibles para satisfacer nuestros objetivos. Se han empleado 13 de estos ordenadores, todos ellos dotados de monitor monocromo y una o dos unidades de disco de 5 1/4 pulgadas. Todos los ordenadores contaron con impresora o trazador de gráficos ("plotter") durante el desarrollo experimental de las prácticas.

PROGRAMAS PARA LA ENSEÑANZA DE LA BIOESTADISTICA

ENSEÑANZA DE LA BIOESTADISTICA ASISTIDA POR ORDENADOR

Programas

1. SIMULACION
2. ESTADISTICOS
3. MULTIVARIANTE

Autores:

José Antonio Palazón Ferrando

Departamento de Matemáticas y Estadística
Facultad de Veterinaria
Universidad de Murcia

Fernando Muñoz Valcárcel

Departamento de Matemáticas y Estadística
Facultad de Veterinaria
Universidad de Murcia

INTRODUCCION

La enseñanza de la Estadística, más concretamente de la Bioestadística, choca generalmente con un problema de naturaleza dual: Por un lado, se presenta un aspecto relacionado con lo rutinario de los cálculos, frecuentemente sencillos (aunque iterativos), así como la cantidad de datos a manejar; esto da como resultado elementos negativos cuando se plantea la resolución de ejercicios al alumno. Por otro lado, los datos con una "calidad" pedagógica no son fáciles de encontrar en la naturaleza.

La forma de abordar los problemas se apoya en las posibilidades que pone a nuestro alcance el ordenador con su potencia y rapidez de cálculo, origen de dos tipos básicos de programas: programas de cálculo y programas de simulación.

Así mismo, debe abordarse la necesidad del alumno en cuanto a la comprensión del manejo de las distintas técnicas que ha de utilizar; esto, como indica Pielou (The interpretation of Ecological data, 1982) exige la realización de ejemplos numéricos de forma manual, como base fundamental para la comprensión de los programas que han de resolver los cálculos con gran número de datos. Esta es sin duda la primera etapa a cubrir en la enseñanza de esta disciplina. Después, el uso del ordenador para resolver problemas simulados, cubre la visión de conjunto que debe tener el alumno.

DESCRIPCION DE LOS PROGRAMAS

a) Programas de simulación

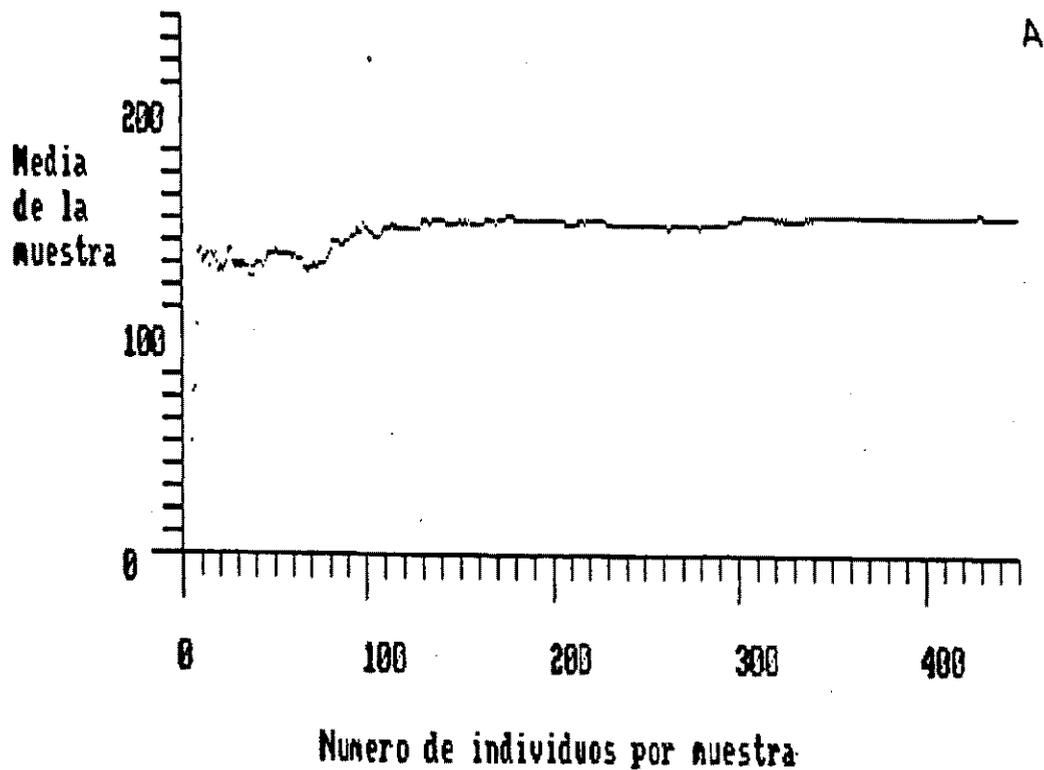
Simulación de datos para procesado. Se ha elaborado un conjunto de programas que proporcionan una matriz de datos. Esta matriz tiene la siguiente estructura: cada fila representa a un individuo y cada columna una variable. Los programas se basan en la posibilidad de simular distintas variables cuantitativas (de distri-

bución normal, hipergeométrica, logaritmo-normal, etc.) o cualitativa, con un grado de relación definido en función de un modelo. Tanto el número de variables de un tipo como de otro, es definido en un modelo previo, y tiene como objetivo el análisis por parte del alumno de dicho modelo. La matriz de datos obtenida así, ver figura 1, es grabada en un fichero, proporcionando una fácil manipulación de los datos por parte de los alumnos.

Sexo	Peso	Alzada	Concentración de hematíes
M	93,8	50,1	4,9
H	99,3	59,0	4,9
H	100,3	60,6	5,0
H	101,1	61,9	5,0
M	101,3	62,1	4,9
H	102,2	63,6	5,0
M	103,3	65,3	4,9
H	103,5	65,6	4,9
M	103,9	66,3	4,9
H	105,2	68,4	5,0
H	105,1	69,8	5,0
M	107,2	71,6	4,9

FIGURA 1. Tras una la simulación de un sistema en el que se contempla la aparición de individuos con dimorfismo sexual, y con una proporción en la población de 1:1 para los individuos de sexo hembra frente a los de sexo macho. Se incluye la medida de 3 variables para cada individuo: (1) peso, (2) alzada y (3) concentración de hematíes en sangre. En el modelo no se plantean diferencias entre machos y hembras para ninguna variable cuantitativa. Se define, por otro lado, una correlación alta entre el peso y la alzada de los individuos.

De la misma forma se han elaborado algunos programas que muestran en pantalla las principales leyes de la estadística con resultados gráficos y numéricos (ver figura 2).



Errores absolutos de las estimaciones de la proporcion

B

.070	.106	.115	.108	.106	.104	.098	.109	.098	.081
.114	.109	.116	.095	.088	.113	.108	.100	.104	.110
.108	.087	.093	.110	.088	.101	.095	.107	.089	.082
.102	.116	.112	.114	.115	.104	.092	.101	.095	.091
.109	.106	.111	.089	.091	.090	.101	.110	.116	.096
.111	.090	.096	.116	.099	.099	.115	.096	.096	.109
.103	.101	.113	.102	.090	.112	.105	.098	.106	.091
.077	.108	.092	.104	.107	.105	.087	.103	.101	.112
.105	.102	.099	.104	.094	.108	.099	.095	.106	.092
.092	.076	.105	.097	.104	.094	.074	.119	.085	.115

El numero de muestras con un error superior al deseado es de 6

FIGURA 2. (A) Representación de la variación de la media muestral con el aumento del tamaño de la muestra. (B) Evaluación del error relativo en la estimación de una proporción en una población finita.

b) Programas de cálculo

Agrupamiento de datos, cálculo de estadísticos y elaboración de pruebas estadísticas. En este tema se ha elaborado un conjunto de programas para la obtención de los resultados indicados. Se ha hecho hincapié en los aspectos de ordenación y agrupamiento de los datos, ya que estos procesos son los más rutinarios y engorrosos de los procedimientos estadísticos. Tanto la elaboración de tablas de frecuencias, como las tablas de doble o múltiple entrada (ver figura 3) requieren en el caso de un gran número de datos un tiempo y un esfuerzo notable. También se han utilizado dentro de esta línea las posibilidades de programas comerciales. Programas que en ocasiones han sido conectados (cuando ha existido la posibilidad) con los preparados dentro de este proyecto, con el fin de dar al alumno una visión de las distintas posibilidades que se ofrecen actualmente dentro del campo de la estadística mediante los distintos paquetes estadísticos.

Límite inferior	Límite superior	Marca de clase	Frecuencia
15,50	20,50	18,00	10
20,50	25,50	23,00	23
25,50	30,50	28,00	45
30,50	35,50	33,00	82
35,50	40,50	38,00	117
40,50	45,50	43,00	91
45,50	50,50	48,00	52
50,50	55,50	53,00	17
55,50	60,50	58,00	7

Amplitud de intervalo = 5 N = 444

FIGURA 3. Ejemplo de una tabla de frecuencias obtenida con el programa de estadísticos básicos.

Ejemplo en un caso concreto

Se ha elegido para este ejemplo el programa de estadística descriptiva, pues en él se recogen casi todas las situaciones que van a plantearse en los programas de este proyecto. Este programa ha sido diseñado con la intención de obtener un asentamiento de los conceptos básicos en estadística como son: muestra, población, individuo, variable aleatoria, etc.; y el significado de los estadísticos y tablas de frecuencia utilizados más frecuentemente. Para ello el programa presenta un menú de trabajo, mostrado en la figura 4. Como puede verse en esta figura, en el programa se contempla desde la entrada de datos a la representación gráfica.

- (1) Entrada de datos
- (2) Ordenación de menor a mayor de la variable
- (3) Cálculo de estadísticos
- (4) Agrupamiento en clases
- (5) Representación gráfica
- (9) Fin del programa

Digite la opción elegida _

FIGURA 4. Menú principal de programa de estadísticos básicos.

El programa inicia su ejecución con el punto (1) del menú; en él puede optarse por una entrada manual de los datos o bien por la lectura de datos previamente archivados (por el propio alumno o por el programa de simulación).

Después puede optarse por cualquiera de los otros puntos con las indicaciones siguientes:

El programa, siempre que se elige una de la opciones, verifica si se han efectuado los pasos previos y, en caso contrario, anula la elección. Es decir, en el caso de intentar una representación

gráfica de una variable continua, es prioritaria la agrupación en clases de los valores de la variable. Así mismo para un conjunto de datos el tratamiento puede ser variado, tras la anulación de todos los cálculos realizados al pasar por el punto (2).

Se presenta asimismo la posibilidad de volcar a la impresora todos los resultados del programa tanto los numéricos como los gráficos.

Programas desarrollados

Los programas completados durante el curso 1984-85 son los siguientes:

SIMULACION. Con una longitud de 11 Kb, es un programa destinado a estudiar las características de una población, generando individuos y variables de acuerdo con un modelo prefijado. También se utiliza para ver el comportamiento de las distintas técnicas de muestreo.

ESTADISTICOS. Con una longitud de 15 Kb, aborda aspectos de estadística descriptiva mono y bivalente para tratamientos de datos introducidos directamente desde teclado y archivados en disco.

MULTIVARIANTE. Con una longitud de 31 Kb, es un programa para análisis de datos con técnicas multivariantes básicas.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en la aplicación de las prácticas asistidas por ordenador dentro del área de Bioestadística son alentadores, ahora bien, se puede apreciar la falta de programas, que faciliten al alumno la comunicación con el ordenador, en tanto en

cuanto ha de manejar datos ya grabados en ficheros o crear sus propios ficheros de datos. Sin duda este problema es particular de este área, dada la dificultad de utilizar al microordenador como un laboratorio de medida, donde la simulación de los sistemas permite la obtención de observaciones puntuales en condiciones definibles por el alumno o controladas por él. Así mismo, puede observarse una cierta tendencia a no seguir el procedimiento de trabajo, achacable a una cierta rutina en el trabajo con el ordenador, dada la propia naturaleza del trabajo. Del mismo modo puede observarse que el alumno asiste a las prácticas sin haber realizado cálculos manuales como se recomienda sistemáticamente.

PROGRAMAS PARA LA ENSEÑANZA DE LA FISICA

OBJETIVOS

Continuando con las actividades iniciadas los últimos años en nuestro Departamento, se tiende hacia la implantación, en algunas partes de los programas de las asignaturas de Física General correspondientes a diversas Facultades de esta Universidad, del empleo de los microordenadores como complemento de la enseñanza.

Así mismo, nuestros objetivos son los de la creación dentro de nuestro Departamento de todos los programas "software" que se usen en la enseñanza.

Como conclusión se han de valorar los resultados para una posible mejora o readaptación de los programas y de los objetivos del empleo de los microordenadores en la enseñanza universitaria.

A continuación se describen algo más detalladamente los objetivos:

- Conclusión y en su caso elaboración de los programas necesarios para complementar los temas más importantes de los diversos programas de las asignaturas de Física General en las distintas facultades.

- Estos programas tratan de conseguir una serie de lecciones y/o prácticas, no en el sentido tradicional de la palabra (por ejemplo el proyecto realizado en Francia en la década de los 70), donde el ordenador se convierte en una forma de enseñanza programada, en la que el alumno responde a preguntas y el ordenador va elaborando una estadística a partir de las calificaciones obtenidas y tiempos de respuestas, entre otras posibilidades. Nuestros objetivos tratan de hacer participar al estudiante, presentándole situaciones que él puede crear y modificar en base a unas condiciones impuestas al problema inicialmente; también puede participar haciendo medidas de los resultados gráficos obtenidos en pan-

talla (mediante un cursor que se desplaza por la pantalla o de las copias de pantalla obtenidas por la impresora). Por ejemplo, en la simulación de las trayectorias de partículas cargadas en campos eléctricos y magnéticos tiene la posibilidad de ver en la pantalla la trayectoria descrita por las partículas y puede, por ejemplo, seleccionar una partícula con carga neutra y comprobar su comportamiento distinto de si estuviera cargada y, así, muchas posibilidades.

- Otro objetivo es la valoración de los resultados obtenidos, no sólo mediante una encuesta a los estudiantes, sino por una valoración y contraste con respecto a las notas obtenidas en los diversos exámenes del mismo curso por alumnos que no hagan este tipo de prácticas.

- Cursos que participan en esta investigación educativa:

- 1º de Ciencias Químicas (Física General)
- 1º de Ciencias Matemáticas (Física General)
- 1º de Escuela Univ. Informática (Física General)
- 1º de Ciencias Biológicas (Física General)
- Escuelas Técnicas Superiores (Física General)
- Veterinaria (Física Aplicada)

- Resultados: se describen en el apartado correspondiente de la memoria.

Características de los programas

Los objetivos de estas prácticas son el conseguir una simulación, pero que a su vez ofrezca al estudiante las posibilidades de interactuar con ella, por lo que los programas tendrán, fundamentalmente, cuatro partes:

a) Hay una serie de explicaciones a dos niveles, sobre la ejecución y la práctica en sí, sugiriéndole valores adecuados para las condiciones iniciales.

b) Imposición de unas condiciones iniciales dadas por el estudiante, elegidas dentro de unos márgenes, con las diversas opciones de modificación una vez comprobados los resultados de la simulación.

c) Simulación gráfica del fenómeno bajo estudio, con posibilidad de copiado en impresora de los gráficos obtenidos en pantalla.

d) Posibilidad de realizar medidas a escala real, de las representaciones obtenidas por pantalla, mediante el desplazamiento de un cursor por la pantalla.

Para especificar los cuatro puntos anteriormente citados se toma como ejemplo la práctica que realizan los alumnos de FÍSICA GENERAL, denominada Kepler, la cual se describe a continuación.

Objetivos de la práctica "Kepler"

Esta práctica permite la simulación de la órbita de un planeta alrededor de su estrella, viéndose en pantalla la trayectoria descrita por el planeta, con las diversas posiciones por las que ha pasado; también se pueden ver, opcionalmente los radios que unen la estrella con el planeta en cada una de las posiciones dibujadas y se indica, además, el período (sólo en el caso de órbitas cerradas). Es de destacar que las distintas posiciones del planeta se pueden medir con el cursor y a escala real.

Para distintas condiciones iniciales de posición se pueden tomar suficientes medidas como para verificar las tres leyes de Kepler, que es la finalidad de esta práctica.

Presentación de la práctica en el ordenador

Una vez puesto en marcha el microordenador, aparecen unas ilustraciones generales, comunes a todas las prácticas disponibles y a continuación un menú en el que el estudiante seleccionará la práctica que le corresponda realizar.

A continuación aparecerá el menú general de la práctica seleccionada, en este caso la de las leyes de Kepler, que se muestra a continuación:

Explica la ejecución	(E)
Explicación de la práctica	(C)
Ejecución por vez primera	(1)
Medir con cursor	(2)
Cambiar masa	(3)
Cambiar velocidades iniciales	(4)
Cambiar posiciones iniciales	(5)
Cambiar intervalo temporal	(6)
Variar la ley del movimiento	(7)
Copiar en impresora	(8)
Finalizar la ejecución	(F)

donde hay dos opciones que, lógicamente, el estudiante deberá pulsar antes de ejecutar la simulación, la (E) da una breve explicación del manejo de la práctica y se le indica que pulsando la (C) tendrá una explicación más detallada de los objetivos (en un programa que se encadena) y del cual se muestra a continuación el menú.

- (1) Familiarización con el programa y el fenómeno estudiado
- (2) Estudiar los tipos de órbitas
- (3) Comprobar la validez de las leyes de Kepler
- (4) Investigación de la situación hipotética de si la ley de gravitación no variará con $1/r^2$
- (E) Explicación sobre el problema
- (C) Conduce a la ejecución de la práctica

Ejecución de la práctica

Pulsando la opción (1) en el menú, el estudiante puede dar los valores que quiera dentro de una subopción que le da la posibilidad de elegir el sistema de unidades en que quiere trabajar (S.I., Normalizado a $G*M=1$, U.A.) e incluso le da la posibilidad de visualizar valores sugeridos para las condiciones iniciales en función del sistema de unidades escogido.

Una vez seleccionadas las unidades, el estudiante introducirá las posiciones y velocidades iniciales, potencia en la ley de gravitación, intervalo temporal en los cálculos y masa.

A continuación se ejecutará el programa saliendo en pantalla la trayectoria de la órbita descrita y el planeta en distintas posiciones a intervalos iguales de tiempo. Opcionalmente el usuario puede indicar al microordenador que trace los radios que unen la estrella con el planeta. Simultáneamente aparece el menú general en la otra ventana de la pantalla, permitiendo empezar de nuevo o cambiar las condiciones iniciales de la práctica, siendo destacable la opción de cambiar el 2 en el exponente de la distancia que aparece en la ley de gravitación lo cual da origen a la posibilidad de estudiar un gran tipo de órbitas y ver su estabilidad. También existen las opciones de copiar el dibujo de la pantalla en la impresora y la realización de medidas con cursor.

Conclusiones a obtener por el estudiante

Una vez terminada la ejecución de la práctica, en un tiempo máximo de dos horas, el estudiante dispondrá de:

- a) Copia de las explicaciones aparecidas por pantalla (sólo las que él elija)
- b) Copia de los gráficos obtenidos por pantalla, junto con las condiciones impuestas por el usuario.

c) Valor de las posiciones del planeta, medidas con el cursor (anotadas por el usuario o copiadas por impresora)

d) Períodos de las distintas órbitas, siempre que sean cerradas.

En base a toda esta información el estudiante entregará un resumen de lo realizado y las conclusiones por él obtenidas, que en una descripción general y resumida serán:

a) Comprobación de la primera ley de Kepler, pues en pantalla lo normal es que se obtengan trayectorias elípticas.

b) Verificación de la segunda ley de Kepler, a partir de las medidas realizadas con el cursor se obtienen las posiciones que permiten deducir aproximadamente las áreas que barren los planetas en sus órbitas.

c) Verificación de la tercera ley de Kepler, variando las posiciones iniciales de partida y manteniendo constantes el resto se obtendrán diferentes períodos.

d) Comprobación de la obtención de órbitas que normalmente no son cerradas para potencias distintas de dos en la distancia que aparece en el denominador de la ley de gravitación.

PROGRAMAS DESARROLLADOS

Con las prácticas mediante ordenador de la asignatura de Física General de las distintas Facultades de la Universidad de Murcia, se pretende que el estudiante llegue a descubrir las leyes que rigen los fenómenos físicos que se le presentan en la pantalla del ordenador y asimismo que, variando las condiciones iniciales, observe las consecuencias. Cada práctica a su vez lleva a unas breves explicaciones sobre el fenómeno y consejos sobre su ejecución.

En ningún momento se pretende con estas simulaciones hacer una descripción de los fenómenos, como estamos acostumbrados a verlo en los libros, sino que se pretende complementar o sustituir, según la práctica, a un laboratorio de Física.

1. Movimiento planetario ("KEPLER")

Permite representar la trayectoria de un planeta, así como algunas de las distintas posiciones por las que pasa. Sirve para comprobar las tres leyes de Kepler, mediante modificaciones de las distintas condiciones iniciales. Se dispone de una versión compilada (mediante OLIBASC) y otra ejecutable en compatibles con IBM, en GWBASIC, bajo MS-DOS.

2. Resorte

Permite representar los desplazamientos de su posición de equilibrio de una masa unida a un resorte con constante equilibrio k ; también es posible el amortiguamiento mediante la introducción de una fuerza de rozamiento. Permite estudiar: linealidad, dependencia de T en función de K/M e influencia del amortiguamiento.

3. Cinemática

Permite representar en la pantalla la evolución en el tiempo de una partícula, en dos dimensiones; posibilita la simulación de distintos tipos de movimientos en función de las condiciones iniciales.

Sirve para introducir los conceptos de velocidad, aceleración y los distintos tipos de movimientos.

4. Partículas cargadas

Permite "experimentar" con partículas que se mueven bajo la influencia de un campo magnético. A partir de la trayectoria se pueden identificar los diversos tipos de partículas.

PROGRAMAS PARA LA ENSEÑANZA DE LA GENETICA

ENSEÑANZA DE LA GENETICA ASISTIDA POR ORDENADOR

Programas

1. CONJUGACION BACTERIANA
2. LA PRUEBA DE LA FLUCTUACION DE LURIA Y DELBRUCK

Autor:

José Luis Micol Molina
Departamento de Genética
Facultad de Biología
Universidad de Murcia

INTRODUCCION

En Biología, al igual que en otras áreas de la educación, los programas de ordenador pueden jugar un importante papel. El uso de ordenadores con pantallas gráficas de alta resolución permite la representación de los fenómenos biológicos en toda su complejidad, con lo que las simulaciones pueden llevarse a cabo con exposición gráfica del desarrollo de los procesos, facilitando su comprensión por el estudiante.

La Genética es una de las parcelas de la Biología más fértiles para el desarrollo de programas de ordenador con propósitos docentes. Se han publicado numerosos trabajos sobre el tema, habiéndose centrado la atención de los autores en la Genética mendeliana (especialmente la recombinación en eucariontes), molecular y, mayoritariamente, cuantitativa y de poblaciones. Sin embargo, desde el primer artículo publicado sobre este tema (Fraser, 1957) hasta nuestros días, se ha dedicado bien poca atención a la genética microbiana. Muchos experimentos de genética microbiana útiles para su incorporación como clases prácticas en un curso de Genética general son onerosos por su duración, complejidad, costo o peligro, razones por las cuales su simulación mediante ordenador puede constituir el complemento -o, incluso, el sustituto- ideal para su realización.

Se describen en este apartado dos programas de ordenador para la enseñanza de Genética bacteriana. En uno de ellos se ha empleado el enfoque sustitutivo, de modo que la ejecución del programa puede suplantar a la práctica realizada en el laboratorio, superando con creces su contenido conceptual. En el segundo caso, el programa complementa al trabajo práctico en el laboratorio, contribuyendo a la comprensión de los conceptos aplicados por el alumno en su trabajo experimental.

Ambos programas son autónomos, en el sentido de no requerir la presencia de un profesor durante su ejecución. El estudiante, al que no se le exigen conocimientos acerca del manejo de un ordenador, se limita a seguir las instrucciones que aparecen en la pantalla, las cuales contienen toda la información necesaria para completar con éxito el proceso.

CONJUGACION BACTERIANA

La conjugación bacteriana es uno de los fenómenos de transferencia de genes entre procariotas que han resultado de mayor utilidad para el establecimiento de la genética de Escherichia coli, que ha constituido la base del conocimiento de los mecanismos genéticos en otras especies.

Se ha redactado un conjunto de programas para la enseñanza del concepto de conjugación bacteriana y sus aplicaciones genéticas, con el fin de introducirlo como una clase práctica de Genética de tercer curso de la Licenciatura en Biología. Este conjunto consta de cuatro programas encadenados.

El primer programa expone al alumno información acerca de su relación con la máquina a lo largo de la práctica y en torno a las bases teóricas del proceso que va a estudiar. Cada pantalla incluye un párrafo, de menos de 70 palabras, y una figura, en todos los casos animada. Se explica así al estudiante la naturaleza de las estirpes F^- , F^+ y Hfr, sus interacciones y las consecuencias genéticas de las mismas (ver Fig. 1). El papel del usuario en esta parte se limita a "pulsar una tecla para continuar" cuando lo desea.

El segundo programa propone al alumno un ejercicio de aplicación interactiva de los conceptos asimilados en la etapa anterior.

El resto del ADN plasmídico permanece unido al extremo opuesto del cromosoma, por lo que penetra en la célula F⁻ en último lugar.

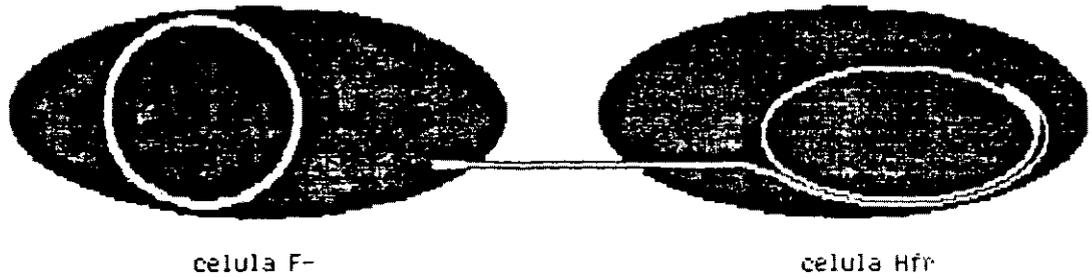


Figura 1. Una pantalla del primer programa de la práctica CONJUGACION BACTERIANA.

MEDIO DE CULTIVO	C608	HB10	SE43	MU23	MU76	SE56	HB98	RA39	C954	FT33
AGA+SAL+GLU	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
AGA+SAL+ARA	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
AGA+SAL+GLU+LEU+VAL+PRO+GLI	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
AGA+SAL+GLU+LEU	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-
AGA+SAL+GLU+VAL	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-

ESTIPES

C608
HB10
SE43
MU23
MU76
SE56
HB98
RA39
C954
FT33

Tecllea las iniciales de cada uno de los componentes elegidos. Despues de cada componente, pulsa retorno de carro. Cuando no desees incorporar mas componentes a un medio, tecllea z.

COMPONENTES DEL MEDIO 6

COMPONENTES

Agar(AGA)
Sales(SAL)
Glucosa(GLU)
Leucina(LEU)
Valina(VAL)
Prolina(PRO)
Glicina(GLI)
Arabinosa(ARA)
Lactosa(LAC)
Galactosa(GAL)
Kanamicina(KAN)
Penicilina(PEN)
Estreptomyciná(STR)

MUTACIONES

leu- val- pro- gli- araS lac- gal- fanR penR strR

Figura 2. Una pantalla del segundo programa de la práctica CONJUGACION BACTERIANA.

Se presentan diez estirpes hipotéticas de E. coli, de genotipo desconocido, y se suministran diferentes reactivos (ver Fig. 2), sugiriendo al alumno los mezcle para preparar diferentes medios de cultivo en cada uno de los cuales se observará o no el crecimiento de cada estirpe. Tras la observación de los resultados obtenidos en medios de diferente composición, el alumno puede determinar las mutaciones de las que es portadora cada estirpe. Tras el establecimiento del genotipo de las 10 estirpes, se propone al alumno la realización de todos los cruzamientos posibles entre ellas, en diferentes medios de cultivo, de composición nuevamente definida por el alumno. En esta etapa, como en la anterior, el número de intentos no está limitado por el programa. En esta segunda parte se suministran resúmenes en papel de los resultados que el alumno obtiene a lo largo de la ejecución, así como esquemas para facilitar el seguimiento del programa (ver Fig. 3).

El tercer programa simula experimentos de conjugación interrumpida. De las diez estirpes previamente introducidas y estudiadas, cuyos genotipo y sexo se han determinado a lo largo de la segunda parte, los alumnos pueden elegir parejas a fin de cartografiar su genomio. Los tiempos de apareamiento y la composición de los medios de cultivo para selección de los conjugantes son definidos por el alumno. Para facilitar la labor del estudiante, todas las estirpes Hfr que se obtienen transfieren sus genomios en la misma dirección. Los resultados se representan gráficamente en la pantalla y en papel (ver Fig. 4).

La parte final de esta práctica mediante ordenador, actualmente en desarrollo, ofrece una serie de preguntas con respuestas alternativas relacionadas con los temas abordados a lo largo de las tres primeras partes. La práctica tiene una duración de tres a cuatro horas. Toda la información presentada como texto en pantalla aparece letra a letra a una velocidad de 13 caracteres por segundo, dentro del rango (10-15 caracteres por segundo) de velo-

ESTIRPES	GENOTIFOS									
	leu-	val-	gli-	pro-	araS	lac-	gal-	kanR	penR	strK
C600	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
HR10	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
SE43	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
MU23	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
MU76	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
SE56	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
HR90	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
RA39	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
CV54	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
FT33	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

Figura 3. Uno de los esquemas que se facilitan al alumno durante la ejecución del segundo programa de la práctica CONJUGACION BACTERIANA.

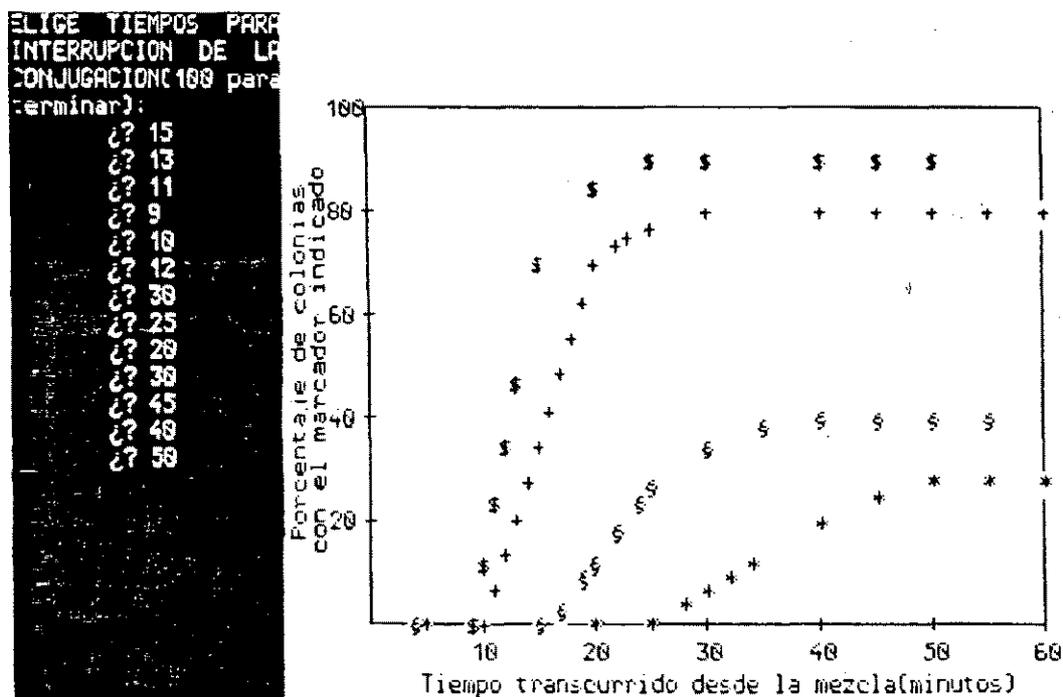


Figura 4. Una pantalla del tercer programa de la práctica CONJUGACION BACTERIANA.

cidad óptima para la representación de texto en pantalla para la consecución de una eficaz comprensión y retención de su contenido (Bevan, 1981).

LA PRUEBA DE LA FLUCTUACION DE LURIA Y DELBRUCK

Luria y Delbrück publicaron un importante artículo en 1943, crucial para el establecimiento del origen mutacional de la adquisición por las bacterias de la resistencia a los virus. Varios autores han realizado desarrollos teóricos del trabajo inicial de Luria y Delbrück: Lea y Coulson (1949), Armitage (1952) y, más recientemente, Koch (1982). El test de la fluctuación ha jugado un papel útil aunque mínimo, a causa de la complejidad de las técnicas de muestreo propuestas y la alta variabilidad de las tasas de mutación estimadas.

A pesar de los problemas de su uso práctico, el valor conceptual de la prueba de la fluctuación es muy alto. Muchas de las actividades de un biólogo están sujetas a variaciones aleatorias y la comprensión del papel capital del azar en los procesos biológicos es muy importante para los estudiantes de Biología. En este apartado se presenta un programa de ordenador basado en la prueba de la fluctuación de Luria y Delbrück, útil para ayudar al estudiante de Genética a comprender la aleatoriedad de la aparición de mutaciones en una población microbiana.

El programa ha sido concebido como complemento a una práctica de laboratorio en la que se estudia el carácter preadaptativo de las mutaciones espontáneas realizando pruebas de la fluctuación con SV3, una estirpe de Salmonella typhimurium sensible a arabinosa. La mutación que se estudia es la de reversión de la sensibilidad a arabinosa, un sistema bien conocido y ampliamente utilizado como ensayo de mutagénesis (Ruiz-Vázquez, Pueyo y Cerdá-Olmedo, 1978).

El programa de ordenador permite repetir innumerables veces, sin fracaso de los experimentos, lo que los alumnos pueden realizar sólo una vez en el laboratorio.

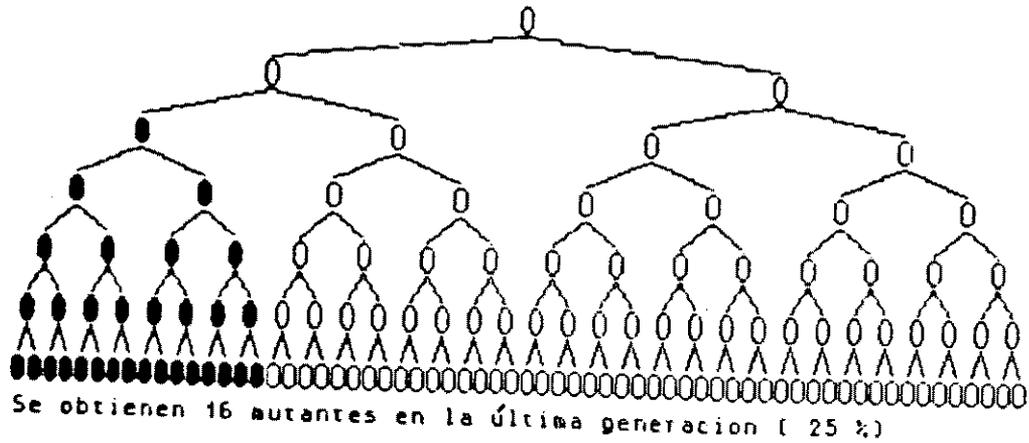
El programa se inicia con una parte tutorial, en la que se exponen en pantalla conceptos elementales en torno a la mutación y se compara la mutación de sensibilidad a insensibilidad a la arabinosa con la de paso de bacterias "negras" a "verdes" (los colores de la pantalla). Se invita al alumno a proponer una tasa de mutación comprendida entre 0 y 1 y se simula la aparición de mutantes en un solo cultivo en el que se obtienen 64 células tras 6 generaciones. La pantalla expone el crecimiento de la población célula a célula, indicando finalmente el número de mutantes en la población final y el porcentaje que suponen frente al total (ver Fig. 5). El experimento puede ser repetido tantas veces como se desee. Cada 10 experimentos aparece en pantalla su resumen numérico, que puede ser impreso en papel si el estudiante lo decide. Especialmente interesante para el estudiante es la comprobación de que la repetición de experimentos con la misma tasa de mutación nunca conduce a la repetición de resultados, de donde se infiere el significado de la aleatoriedad de la mutación.

La tercera parte del programa permite la realización de simulaciones de la prueba de fluctuación, que pueden ser repetidas. Al finalizar quince simulaciones se representa en pantalla un resumen, con indicación de las medias y varianzas de las muestras procedentes del mismo cultivo y de cultivos independientes de cada experimento. Este resumen también puede imprimirse en papel (Fig. 6)

Finalmente, la discusión de la práctica se lleva a cabo a partir de los datos del experimento real y de los simulados. Esta conjunción de la práctica experimental con la simulación por ordenador se ha revelado especialmente útil.

¿Tasa de mutación? 0.005

Experimento 3



RESUMEN DE LOS EXPERIMENTOS REALIZADOS			
Experimento	Tasa de mutacion	Mutantes	% de mutantes
1	.00500	0	0.00
2	.00500	2	3.13
3	.00500	16	25.00
4	.00500	1	1.56
5	.00500	0	0.00
6	.00500	0	0.00
7	.00500	8	12.50
8	.00500	0	0.00
9	.00500	1	1.56
10	.00500	1	1.56

Figura 5. Pantallas de la segunda parte del programa "La prueba de la fluctuación de Luria y Delbrück".

RESULTADOS DE UNA PRUEBA DE FLUCTUACION 1		
	Mutantes aparecidos en cajas inoculadas con muestras procedentes de cultivos independientes	Mutantes aparecidos en cajas inoculadas con muestras procedentes del mismo cultivo
	87.00	174.00
	187.00	189.00
	226.00	159.00
	206.00	202.00
	213.00	173.00
	248.00	192.00
	202.00	158.00
	175.00	182.00
	76.00	172.00
	148.00	202.00
MEDIA	176.00	180.10
VARIANZA	3329.78	262.54

RESUMEN DE LAS PRUEBAS DE FLUCTUACION				
	Muestras procedentes de cultivos independientes		Muestras procedentes del mismo cultivo	
Prueba	MEDIA	VARIANZA	MEDIA	VARIANZA
1	176.00	3329.78	180.10	262.54
2	172.70	3268.01	206.40	308.49
3	154.40	6291.82	92.86	31.51
4	167.00	2848.00	126.70	138.46
5	176.00	3329.78	180.10	262.54
6	165.00	5137.33	229.00	429.73
7	177.70	2610.23	68.70	36.68
8	186.60	1104.04	124.30	133.34
9	155.60	4651.60	176.10	195.66
10	148.40	2976.93	206.40	328.27
11	177.40	1542.71	60.90	22.32
12	146.20	4681.73	112.50	162.28
13	181.30	2237.12	50.10	9.83
14	150.10	3615.21	164.10	31.66
15	159.40	3771.82	156.40	138.27

Figura 6. Pantallas de la tercera parte del programa de la práctica CONJUGACION BACTERIANA.

CONCLUSIONES

Los alumnos, en general, acogen favorablemente la utilización del ordenador como una faceta más de su aprendizaje de la Biología, aunque queda por establecer en qué medida esta actitud positiva se halla influenciada por el hecho de que el trabajo con el ordenador constituye una novedad para ellos.

En general, y a falta de una estimación cuantitativa de los resultados, que se hará, como se ha dicho, a lo largo del curso 1985-86, creemos que unos programas bien estructurados, ejecutables en modo interactivo en máquinas poderosas y fáciles de usar, pueden constituir un excelente estímulo para el alumno. La estructura del programa CONJUGACION es la ideal: suministra información, en una forma atractiva para el alumno (y más ilustrativa que la de la clase magistral), y le obliga a participar en un experimento hipotético, pero similar a los que se realizan en un laboratorio, apreciando las consecuencias positivas o negativas de sus decisiones y pudiendo rectificarlas en espacio de segundos. Además, le lleva a utilizar una información que él mismo ha obtenido, para simular un experimento relativamente complejo. Y, finalmente, le permite evaluar su asimilación.

Por otra parte, programas del tipo de "LA PRUEBA DE LA FLUCTUACION..." pueden enriquecer considerablemente algunas prácticas tradicionales de laboratorio, en las que el estudiante, al verse constreñido a realizar una sola vez el experimento, se enfrenta a veces a unos resultados adversos y no interpretables debido a su impericia o, aún en caso de éxito del experimento, a una perspectiva reducida si se la compara con la que brindaría la repetición reiterada, mediante simulación, del experimento.

Por último, destacar el hecho de que el ordenador puede aportar en cualquier simulación el componente estocástico que presen-

tan todos los fenómenos de lo viviente. La comprensión del papel del azar en Biología puede ser facilitada mediante simulaciones no deterministas en un ordenador, cuya facilidad para la generación de números aleatorios es plenamente aprovechable en este campo.

PROGRAMAS PARA LA ENSEÑANZA DE LA GEOLOGIA

ENSEÑANZA DE LA GEOLOGIA (CRISTALOGRAFIA Y MINERALOGIA) ASISTIDA POR
ORDENADOR

Programas

1. CALCULO DE CONSTANTES RETICULARES EN DIAGRAMAS DE POLVO DE RAYOS X
2. CALCULO DE INDICES DE MILLER EN DIAGRAMAS DE POLVO DE RAYOS X
3. CALCULO DE ANGULOS ENTRE CARAS CRISTALINAS
4. USO DEL ORDENADOR EN MINERALOGIA DESCRIPTIVA

Autores:

Rafael Arana Castillo
Departamento de Geología
Facultad de Químicas y Matemáticas
Universidad de Murcia

Rafael Menéndez-Barzanallana Asensio
Departamento de Física
Facultad de Químicas y Matemáticas
Universidad de Murcia

Antonio Salinas Albaladejo
Escuela Universitaria de Informática
Universidad de Murcia

PROGRAMA: CALCULO DE CONSTANTES RETICULARES EN DIAGRAMAS DE POLVO
DE RAYOS X.

1. Objetivos

- 1.1. Interpretación general de un diagrama de difracción de rayos X por el método de olvo, ya sea con registro gráfico ó fotográfico.
- 1.2. Cálculo de las constantes reticulares en los diversos sistemas cristalinos, salvo el triclinico.
- 1.3. Aplicación de la difracción de rayos X al estudio de diversas relaciones entre composición química y variación de los parámetros de la celdilla unidad.
- 1.4. Aplicaciones al estudio estructural de series isomorfas.

2. Resumen del programa

Para el cálculo de los parámetros cristalinos de una sustancia existen numerosos métodos que dependen de la técnica empleada, de los factores de corrección específicos de cada método y del grado de precisión a alcanzar. En el caso más general del método de polvo, ha tenido una enorme acogida el ajuste de parámetros por mínimos cuadrados, ya que a la objetividad de los cálculos se une la posibilidad de alcanzar una gran precisión. En este sentido se ha elaborado un complejo programa de cálculo orientado al ordenador Olivetti M-20, aunque es fácilmente adaptable a otros equipos análogos. Se ha excluido del programa el sistema triclinico, ya que requiere por sus especiales características un tratamiento particular.

El programa puede acceder a un archivo de datos para obtener los correspondientes a una especie concreta, pero también permite crearlo, verlo en pantalla, establecer adiciones, correcciones, supresión de datos, etc.

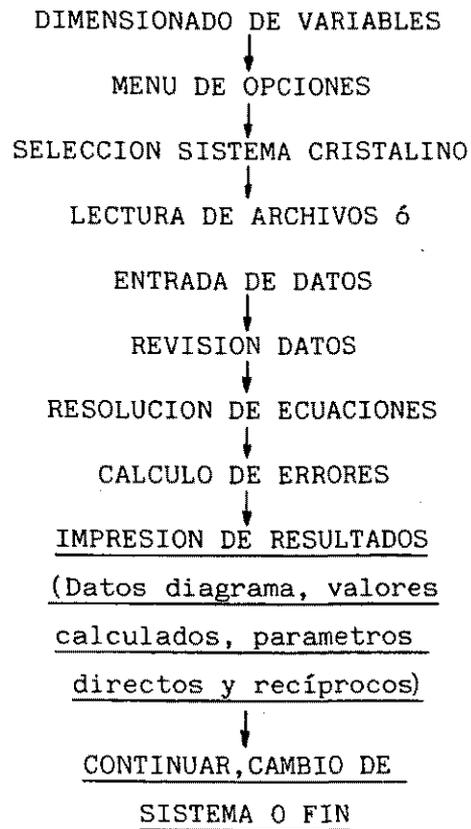
Se inicia con un cuadro general en el que se ofrece un menú de opciones, tanto de información complementaria como en la selección de un sistema cristalino dado. En el caso del trigonal, el cálculo de parámetros se puede hacer por intermedio de la red hexagonal paralela ó mediante el uso de expresiones específicas. Asimismo, en el sistema monoclinico se puede elegir una de las dos orientaciones standards,

bien con el eje binario paralelo al eje cristalográfico c (orientación del primer tipo) ó paralelo a b (orientación del segundo tipo). Si los datos están en un archivo, el ordenador los lee, procede al cálculo e imprimir los resultados. También es posible, como antes se señalaba, corregir esos datos con varias opciones (anulación, ampliación ó modificación). Si no existen datos en archivo, se van introduciendo sucesivamente los valores correspondientes a los índices de Miller de las reflexiones y el ángulo de Bragg correspondiente (2θ). Para finalizar se introducen cuatro ceros separados por comas. Antes de proceder a los cálculos, los datos se pueden almacenar en archivo por si hay que acudir nuevamente a ellos. Tras finalizar cada muestra, aparece nuevamente el menú de sistemas para continuar con otra especie o bien para finalizar el programa.

En el esquema anexo se indica la secuencia de las principales etapas del programa. Asimismo, en el listado que se acompaña se puede seguir no solo la marcha del mismo sino el sistema de cálculo de errores. Es interesante reseñar que tras el listado de los datos de cada muestra se dan no solamente los parámetros de la red directa, con el error correspondiente a cada uno, sino también los de la red recíproca paralela. Esto le da una nueva aplicación si se quieren proyectar en distintos planos las reflexiones observadas. Junto a los datos observados (n° de línea, índices h,k,l y ángulo de Bragg, el programa da el error en el ángulo, diferencia con el teórico, espaciado reticular observado, calculado y diferencia. Estos valores de diferencias son de gran utilidad para asignar a una muestra una reflexión determinada ó descartarla del cálculo.

4. Resultados y aceptación

Pese al enorme valor didáctico del programa propuesto, en particular si se quieren agotar todas las posibilidades que presenta, su principal uso va dirigido a la investigación pura, ya que se trata de un problema de rutina en todo trabajo cristalográfico o mineralógico y que, gracias a la precisión que se puede conseguir con el mismo, resulta ser un extraordinario auxiliar en la interpretación de los diagramas de polvo y su aplicación a un gran número de problemas. El programa se ha enseñado a algunos alumnos de Cristalografía y Mineralogía de 1º de Químicas, que han reconocido su amplio espectro de aplicaciones.

CALCULO DE PARAMETROS RETICULARES

PROGRAMA: CALCULO DE INDICES DE MILLER EN DIAGRAMAS DE POLVO DE
RAYOS X.

1. Objetivos

- 1.1. Interpretar adecuadamente todas las reflexiones que aparecen en un diagrama de polvo.
- 1.2. Completar datos sobre especies encontradas en la bibliografía en fichas A.S.T.M.
- 1.3. Avanzar en el conocimiento de las relaciones entre la geometría del cristal (definida por sus parámetros reticulares) y la posición de los máximos de difracción.

2. Resumen del programa

La asignación de índices a un diagrama de polvo (bien en registro difractométrico o fotográfico) constituye un problema complejo y requiere mucho tiempo, especialmente a medida que disminuye la simetría del cristal. Para conocer los índices de cada reflexión se han propuesto una serie de métodos tanto gráficos como analíticos, que tratan de encontrar un buen ajuste entre los parámetros del cristal y los espaciados reticulares. El procedimiento a seguir depende en cada caso de que se conozcan o no los parámetros cristalinicos (ángulos interaxiales y aristas de la celdilla unidad).

En este trabajo se aborda el cálculo de los índices de un diagrama de polvo, conocidos ya los parámetros cristalinicos, aunque sólo sea con una mínima aproximación, en base a determinadas reflexiones de índices generalmente sencillos. De esta forma, el ordenador encuentra, dentro de un margen de error prefijado, las posibles combinaciones de índices h, k y l que satisfacen a la función $Q_{hkl} (=1/d^2)$, para cada espaciado interplanar. A la vez se eliminan las reflexiones del diagrama que no corresponden al cristal en estudio.

3. Funcionamiento del programa

Al principio se muestran en pantalla en forma esquemática la secuencia de operaciones del programa y se piden los parámetros del cristal, a, b, c , "alfa", "beta" y "gamma", tras lo cual el ordenador selecciona el sistema cristalinico correspondiente. En el caso del sistema monoclinico, selecciona además la orientación deseada, en base

al ángulo beta, de forma que el eje binario puede ser paralelo al eje cristalográfico b (orientación normal o de 2º tipo) ó al eje c (orientación de Buerger ó de 1º tipo).

En los cristales romboédricos o trigonales, es posible encontrar los índices de Miller, tanto referidos a los parámetros hexagonales paralelos a y c, como a los romboédricos a y "alfa".

La función que define el espaciado reticular en cada sistema es notablemente más simple si se expresa en términos de la red recíproca correspondiente. De ahí que un primer paso en los cálculos sea la transformación de parámetros directos a recíprocos, con lo cual se consigue además una mayor precisión.

El programa pide a continuación el entorno de iteraciones deseado, es decir, el rango de valores enteros para h,k y l que deseamos explorar. En los sistemas hexagonal, trigonal, monoclinico y triclinico los valores positivos y negativos de los índices dan lugar a espaciados diferentes, por lo que es conveniente fijar un amplio margen en el intervalo de iteraciones. También se pide el margen de error en el valor de la función de espaciados Q_{hkl} , que puede reducirse progresivamente en ulteriores refinamientos. En general se puede situar entre 0.01 y 0.005. En este momento se inicia el programa propiamente dicho, solicitando el ordenador los valores de espaciados para las distintas reflexiones del diagrama. En cada caso da los índices de Miller que satisfacen a la función Q_{hkl} y aparte de indicarlos en pantalla los va anotando en la impresora.

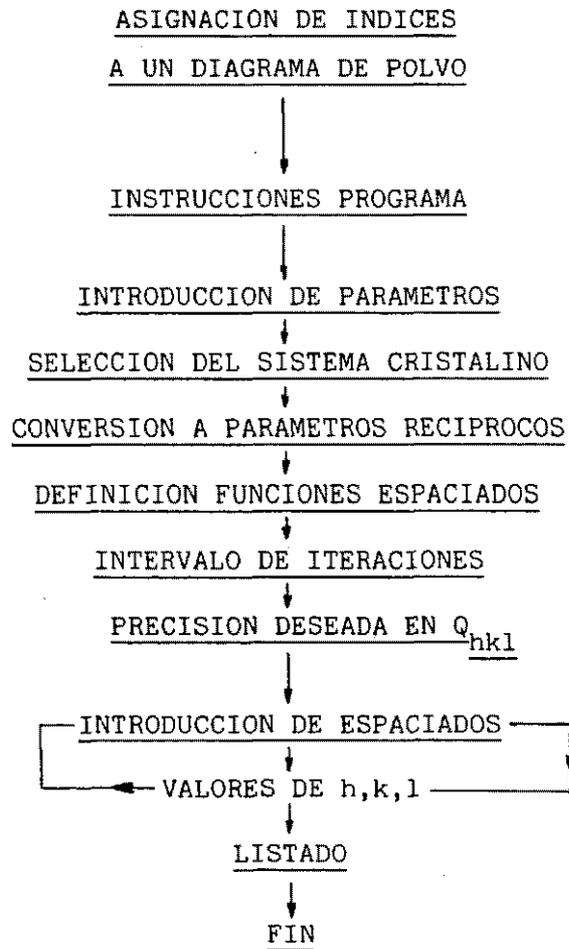
El programa se ha escrito para ser ejecutado en un ordenador Olivetti M-20, pero dada su simplicidad, es fácilmente adaptable a cualquier otro en lenguaje Basic. En los esquemas anexos se da un detalle de la secuencia de operaciones. También se acompaña un listado del programa.

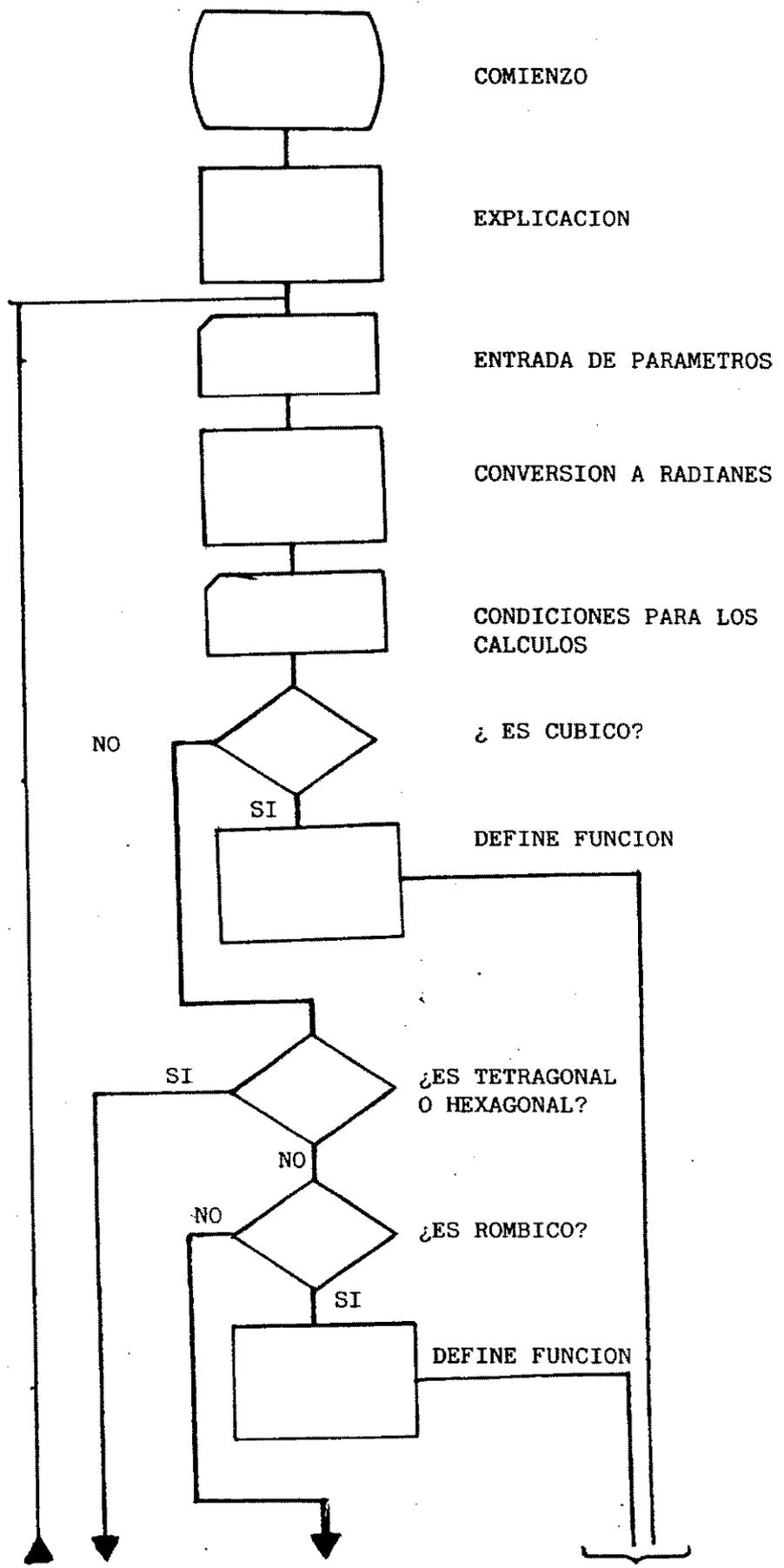
4. Resultados y aceptación

Aunque proyectado con fines exclusivamente docentes, como ayuda en la interpretación de diagramas de polvo para alumnos de Cristalografía y Mineralogía (1º de Químicas), el programa es igualmente útil en trabajos de rutina de investigación. Su empleo se traduce tanto en un considerable ahorro de tiempo como en una marcada precisión en los resultados. Se ha comprobado con algunos alumnos y la aceptación es muy positiva; conduce, sin duda, a un mejor conocimiento de la geometría cristalina y permite alcanzar indirectamente nuevos da-

tos sobre el cristal en estudio. Efectivamente, del análisis de las reflexiones obtenidas, una vez agrupadas en conjuntos homogéneos, tales como índices hkl , $hk0$, $hh0$, $h00$, $00l$, etc., se puede deducir el tipo de red espacial (primitiva, centrada en el interior, en todas las caras, en caras A, B ó C, diamante, romboédrica, múltiple, etc.). Asimismo, tras el estudio de las reflexiones representadas, se puede inferir la existencia de ejes helicoidales y/o de planos de deslizamiento.

En conjunto es un programa sumamente sencillo pero de un alcance y v valor didáctico extraordinario.





COMIENZO

EXPLICACION

ENTRADA DE PARAMETROS

CONVERSION A RADIANES

CONDICIONES PARA LOS CALCULOS

¿ ES CUBICO?

NO

SI

DEFINE FUNCION

SI

¿ES TETRAGONAL O HEXAGONAL?

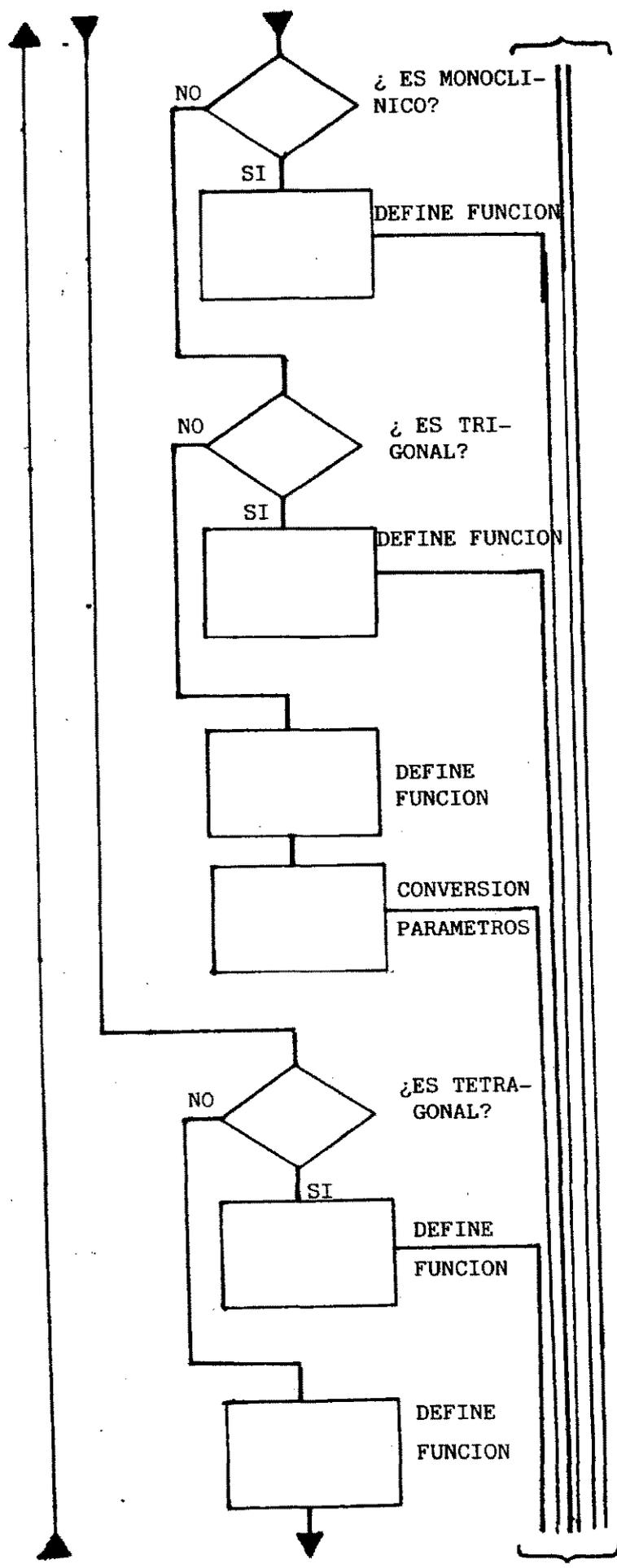
NO

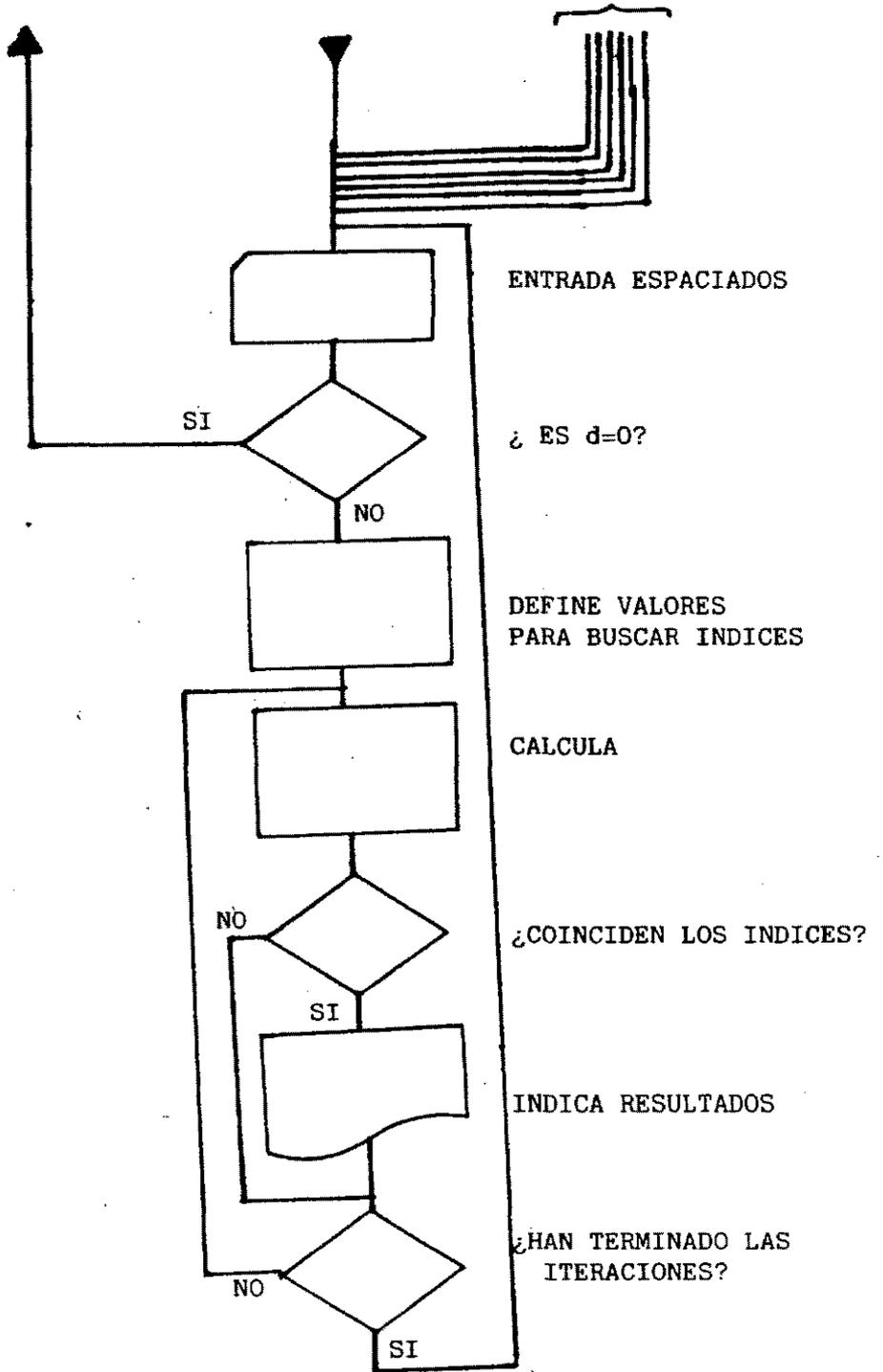
NO

¿ES ROMBICO?

SI

DEFINE FUNCION





PROGRAMA: CALCULO DE ANGULOS ENTRE CARAS CRISTALINAS1. Objetivos

- 1.1. Familiarizar al alumno en el manejo de las expresiones matemáticas aplicadas al cálculo cristalográfico.
- 1.2. Comparar los resultados de mediciones directas de caras con los obtenidos tras el cálculo correspondiente.
- 1.3. Practicar con el manejo de la proyección estereográfica y la fasilla de Wulff.
- 1.4. Hacer posible el cálculo de ángulos con índices de Miller cualesquiera, tanto positivos como negativos.
- 1.5. Analizar las relaciones zonales entre las distintas caras presentes en el cristal.
- 1.6. Medir directamente en falsilla los ángulos entre distintas zonas cristalinas, tanto reales como posibles.

2. Resumen del programa

El ángulo diedro entre dos caras cristalinas, es decir, el formado por las normales a dichas caras, se obtiene generalmente con ayuda de diversos tipos de goniómetros, según el tamaño del cristal, desarrollo de las caras y precisión deseada. Desde un punto de vista teórico, el ángulo entre dos caras cristalinas se calcula mediante una función específica de cada sistema cristalino, cuya complejidad va en aumento a medida que desciende su simetría, desde el cúbico al triclínico. Esta vía, estrictamente matemática, no hace patentes las relaciones morfológicas del cristal y desde un punto de vista didáctico es preferible el uso de la trigonometría esférica, que permite visualizar adecuadamente las relaciones angulares en el cristal. En el caso general habrá que manejar seis parámetros angulares en cada triángulos esférico (tres lados y tres ángulos), pero si un lado ó un ángulo vale 90° , se pueden emplear las reglas de Neper en triángulos rectiláteros o rectiángulos, que simplifican notablemente el cálculo. Con todo, si los índices de Miller de las caras son grandes ó corresponden a valores positivos y negativos, el cálculo se hace progresivamente más complejo y en muchos casos solamente es posible mediante el uso de las funciones basadas en las coordenadas polares "phi" y "rho" en cada sistema.

De esta forma es posible situar cada cara cristalina en proyección estereográfica. El ángulo entre dos caras dadas se obtendría con la falsilla de Wulff en la zona que definen.

El presente programa de cálculo permite aprovechar la rapidez de ejecución del ordenador para conocer el ángulo interfacial en cualquier sistema cristalino y para todo tipo de valores en h, k, l y h', k', l' . Previamente hay que introducir los parámetros cristalinos correspondientes al cristal dado. En el sistema trigonal el cálculo es más simple utilizando los parámetros de la celdilla hexagonal paralela. En la fórmulas de conversión, hay que emplear los parámetros del romboedro de exfoliación y no del romboedro estructural, ya que la gran mayoría de los datos publicados se refieren al primero.

Tras unas breves indicaciones sobre el funcionamiento del programa, aparece en pantalla un menú con los distintos sistemas para seleccionar el deseado. En este momento, aparecen en pantalla las instrucciones específicas del sistema en cuestión y se introducen los parámetros correspondientes. El programa base se inicia en este momento, de forma que no hay más que introducir los índices de las caras, separados por comas. El resultado aparece en grados, minutos y segundos. Se piden nuevas caras hasta finalizar el cristal en estudio y en ese momento caben tres posibilidades: a) continuar en otro cristal del mismo sistema, para lo cual habrá que introducir los nuevos parámetros; b) pasar a otros sistema cristalino y c) finalizar el programa.

Las fórmulas utilizadas en el cálculo, específicas de cada simetría, vienen indicadas en el listado del programa.

4. Resultados y aceptación

Este programa es especialmente útil para el cálculo de ángulos en sistemas de baja simetría y cuando los índices de Miller pueden tomar un valor positivo, nulo o negativo y en cualquier entorno. Su mayor ventaja, aparte de la rapidez de cálculo, reside en la enorme ventaja de familiarizar al alumno con las relaciones zonales entre las caras cristalinas y ayudarle progresivamente a manejar con soltura la proyección estereográfica. Se ha aplicado en repetidas ocasiones con alumnos de Cristalografía y Mineralogía de 1º de Químicas y los resultados son muy positivos, con un grado de aceptación siempre elevado.

PROGRAMA: USO DEL ORDENADOR EN MINERALOGIA DESCRIPTIVA

1. Objetivos

- 1.1. Contrastar el nivel de conocimientos del alumno mediante una serie de preguntas sobre distintas características de los minerales.
- 1.2. Visualizar en pantalla las soluciones correctas a cada cuestión formulada.
- 1.3. Ampliar conocimientos en Mineralogía Descriptiva
- 1.4. Emplear el programa como sustitutivo del examen clásico.

2. Resumen del programa

El estudio de la Mineralogía Descriptiva requiere un esfuerzo considerable para recordar numerosos datos concretos de las principales especies minerales (tales como composición química, sistema cristalino, densidad, dureza, génesis, yacimientos, aplicaciones, etc.), lo que obliga al alumno a discriminar un dato entre varios centenares afines.

Con objeto de conocer el grado de preparación del alumno y, paralelamente, de ayudarle en caso necesario, se ha preparado un programa didáctico dirigido al ordenador Olivetti M-20 y basado en una comunicación interactiva con el mismo. Permite seleccionar dos niveles de dificultad, según que los minerales sean más o menos comunes y en cada caso, es posible una doble vía: a) completar los datos más significativos de cada mineral (composición química, sistema cristalino e intervalos de dureza y de densidad) y b) identificar un mineral determinado a partir de sus datos característicos (reflejados en pantalla en forma de cuadro).

Tras un número de preguntas que puede fijar el propio alumno, el ordenador va comparando las respuestas con las soluciones correctas. En cada cuestión permite hasta tres errores, tras lo cual da los resultados en forma de cuadro. Las preguntas aparecen al azar y asignando un peso a cada tipo de respuesta, aparece al final la calificación alcanzada por el alumno.

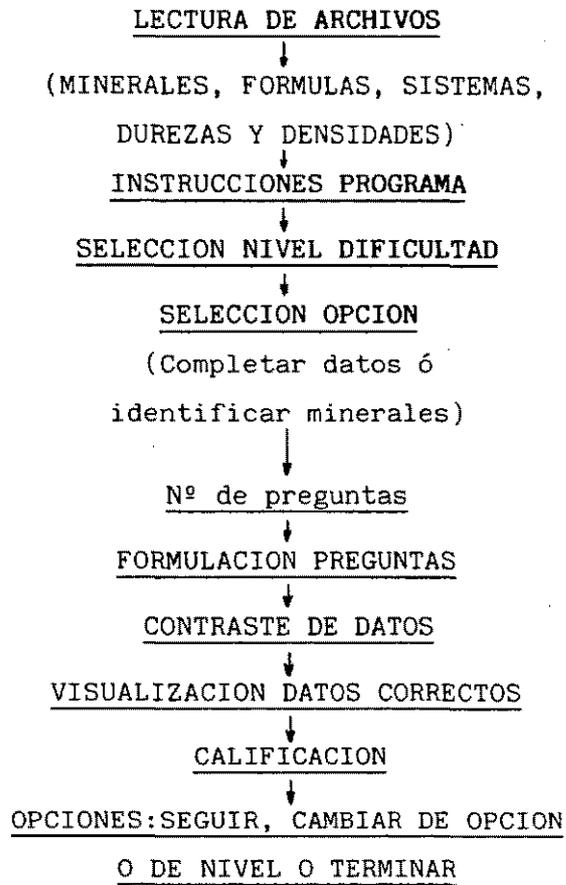
3. Funcionamiento del Programa

En el esquema adjunto se indican las principales secuencias del programa, cuyo listado se acompaña igualmente. Se inicia con la lectura de 5 archivos de datos (nombres de minerales, fórmulas, sistemas, durezas y densidades), que vienen distribuidos en dos grupos. Los 212 primeros corresponden a minerales más frecuentes y del 213 al 451 a minerales más raros y de composición más compleja. A continuación se ofrecen unas breves indicaciones sobre el funcionamiento del programa, forma de introducir los datos solicitados por el ordenador y principales etapas del mismo. Tras preguntar el nombre del alumno, se elige el nivel de dificultad (fácil ó difícil) y la opción deseada (completar datos de minerales o identificarlos por sus características). Asimismo, se pide el número de preguntas a formular y a partir de ese momento se inicia el programa propiamente dicho. En pantalla aparecen sucesivamente las cuestiones y tras finalizar cada una se indican los resultados correctos; de esta forma se va siguiendo paso a paso el control de aciertos y, paralelamente, se van conociendo los datos que se ignoran. Probablemente lo más difícil de contestar con precisión sean los intervalos de dureza y densidad de los minerales; de ahí que, en principio no se hayan considerado los fallos en esos parámetros al dar la calificación. Una vez finalizadas las preguntas, aparecen en pantalla en forma de cuadro las cuestiones acertadas y la calificación correspondiente.

El programa es susceptible de ampliación y modificación, incluyendo aspectos complementarios de cada mineral (clase de simetría, tipo de yacimientos, paragénesis, etc.), ó bien para establecer comparaciones en uno ó varios parámetros entre dos minerales sacados al azar (cuál de ellos es más duro ó más denso, etc.). También es posible obtener al final del programa un listado con los alumnos presentados y la calificación obtenida.

4. Resultados y aceptación

Este programa se ha practicado con varios grupos de alumnos de Cristalografía y Mineralogía (1º de Químicas), con resultados satisfactorios, tanto por la aceptación del mismo como por el interés que ha despertado en ellos.

MINERALES

CONCLUSIONES GENERALES

CONCLUSIONES GENERALES

A lo largo de la realización de este proyecto de investigación hemos constatado, como en otras muchas ocasiones, la fecundidad de las iniciativas interdisciplinares. Las aportaciones de los diferentes Departamentos han enriquecido el trabajo de todos y cada uno de los miembros del colectivo, aún a pesar de la naturaleza bien diferenciada de las disciplinas en las que se ha trabajado.

No hemos realizado una estimación cuantitativa de la actitud del alumno hacia nuestros programas de ordenador. Aun en su ausencia, podemos concluir que el estudiante suele interesarse por el trabajo con el ordenador. Muy probablemente, las actitudes entusiastas de una amplia mayoría no se deban tanto a la bondad de los programas como a la novedad que les supone su interacción con la máquina. Una vez pasada esta fascinación inicial, la atención del alumno sólo se mantendrá en base a la calidad de los programas, a la capacidad de estimular su interés y participación. Esto, lamentablemente, sólo podrá probarse cuando el ordenador llegue a ser un elemento cotidiano en la enseñanza.

Creemos destacable el hecho de que nuestros programas han inducido actitudes activas en el alumnado. Esto es especialmente notable cuando se enfrenta a cada máquina a un grupo de dos o tres alumnos, que comentan sus opiniones antes de decidir y transmitir su decisión a través del teclado.

La presentación de resúmenes escritos a lo largo de la ejecución de los programas constituye un apoyo eficaz para su seguimiento y supone un refuerzo importante para la obtención de los conceptos. Igualmente interesante es la obtención opcional de copias en papel de los gráficos de la pantalla.

La interrupción del programa debido a un error de tecleo desconcierta y distrae al alumno. Se ha pretendido, por ello, que tal cosa no sea posible, mediante subrutinas de previsión de errores. Su uso adecuado hace más breves las sesiones ante ordenador e innecesaria la intervención del profesor para reanudar la ejecución del programa. Es, no obstante, muy conveniente la presencia de un instructor en cualquier sesión de trabajo, ya que los alumnos pueden plantearle cuestiones sugeridas por su relación con la máquina. El papel del profesor como asesor a lo largo de la práctica cobra así un valor fundamental.

Por último, destacar que el aparente éxito de nuestra experiencia se debe, en nuestra opinión, a que, en la medida de lo posible, los programas han explotado adecuadamente la potencialidad específica del ordenador que le convierte en un instrumento diferente de los clásicamente utilizados en la enseñanza, tal y como se comentó en el apartado de "Objetivos generales y metodología". Las simulaciones, preferentemente dinámicas y siempre apoyadas en gráficos animados han constituido el cuerpo central de los programas.

El nuevo instrumento docente, el ordenador, ha sido pues empleado en el cumplimiento de tareas igualmente nuevas y específicas de sus capacidades. En esta razón creemos que radica nuestro aparente éxito y en ella seguiremos basando nuestro trabajo en este campo.