

ACTIVIDAD PRACTICA DE GENETICA DE POBLACIONES PARA ALUMNOS DE C.O.U.

CONDE DOMINGO, G.
Catedrático de Ciencias Naturales del
I. B. «Elviña». La Coruña.

SUMMARY

Starting from two populations with identical genic frequencies, one of them being balanced and the other unbalanced, and being their genes represented by «pieces of paper» that may be taken out at random from a box or bag, we shall obtain the same genotypic frequencies in both of them, coinciding with those of the balanced population.

Students must deduce the necessary conditions for equilibrium in a population by comparing the different genic and genotypic frequencies of both original populations with the populations resulting from this experiment.

INTRODUCCION

La Genética de Poblaciones estudia la herencia de los organismos que viven en libertad en unas condiciones naturales, ocupándose de la transmisión hereditaria no solo de los individuos aislados sino de las entidades de grado superior: la población a la que pertenecen.

Para estudiar dicha transmisión que afecta a un gran número de genes en un considerable número de individuos, es cómodo tomar en los cálculos el efectivo total de la población como unidad y, acto seguido, expresar las frecuencias relativas tanto genéticas como genotípicas en las fracciones de esa unidad.

Los genes de una población tienen continuidad, es decir, se mantienen de una generación a la siguiente, transmitiéndose a través de los gametos, mientras que los genotipos son discontinuos, es decir, se forman constantemente combinaciones nuevas de los genes del fondo común.

Con esta actividad se pretende deducir los principios básicos de la transmisión hereditaria en el seno de las poblaciones. Para ello, nos pondremos en el caso más sencillo posible: la transmisión de un sólo carácter genotípico regido por una sola pareja de genes alelos. Partiremos de diversas poblaciones cuyos genes representamos por «trozos de papel»; manipularemos su transmisión de modo análogo a como éstos lo harían en la naturaleza y conseguiremos así unos resultados numéricos de cuyo estudio e interpretación obtendremos unas conclusiones que nos servirán para establecer los

principios básicos en los que se fundamenta la genética de poblaciones.

Estos principios básicos, por otro lado, nos hacen vislumbrar las posibles causas de las variaciones de las especies a lo largo de las sucesivas generaciones, lo que daría pie para introducirse en el controvertido tema de los mecanismos de la evolución de las especies.

METODOLOGIA

1. **Equipos.** Convendrá dividir al grupo de COU en equipos de 3 ó 4 alumnos.
2. **Tiempo.** Para la realización de esta actividad se calcula un tiempo de 2 horas. En la primera manipularán los genes («papeles») y anotarán los resultados numéricos obtenidos para cada una de las poblaciones. En la segunda interpretarán los resultados obtenidos, deduciendo las conclusiones.
3. **Material.** Cada equipo de alumnos necesitará 320 trozos de papel de igual tamaño que obtendrán cortando folios en treinta y dos partes. También necesitarán una urna o bolsa para extracciones al azar.

OBJETIVOS

Como he señalado anteriormente se trata de deducir los principios básicos en los que se fundamenta la genética de las poblaciones. Este objetivo general puede desglosarse en los siguientes:

1. Deducir la ley de equilibrio en las poblaciones (Ley de Hardy-Weinberg).

OTROS TRABAJOS

2. Deducir las condiciones para que dicha ley se cumpla.
3. Deducir los posibles casos de incumplimiento de la ley.
4. Aplicar dicha ley al estudio de poblaciones y a la resolución de problemas.

DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

— Las poblaciones A y B (Tablas 1 y 2) nos van a servir de punto de partida para el desarrollo de esta actividad.

— Representamos los genes de estas poblaciones por trozos de papel.

Población A: - Genes rH^+ = $16 \times 2 + 48 = 80$
(marcaremos 80 papeles con el signo +)

- Genes rH^- = $36 \times 2 + 48 = 120$
(marcaremos 120 papeles con el signo +)

Población B: - Genes rH^+ = $43 \times 2 + 42 = 128$
(marcaremos 128 papeles con el signo +)

- Genes rH^- = $75 \times 2 + 42 = 192$
(marcaremos 192 papeles con el signo +)

— Indicaremos los datos numéricos de las poblaciones A y B en tablas: tabla 3 y 4 para la población A, y 5 y 6 para la población B.

— Introducimos los papeles que representan los genes de la población A en una urna o bolsa bien revueltos. De este modo representamos los gametos de dicha población. Procedemos ahora a su extracción de dos en dos, simulando de este modo el cruzamiento al azar entre los gametos de los individuos de la población. Cada equipo obtendrá un resultado, y con los obtenidos por los otros equipos se calculará la media aritmética de cada uno de los genotipos obtenidos, tal como se indica en la tabla 7 que resume los resultados que obtuvieron 9 equipos de un curso de COU.

La media obtenida representa el número de cada uno de los genotipos posibles en la población descendiente de la población A que denominaremos Población A'.

Los datos numéricos de la Población A' los consignaremos en tablas como las de las poblaciones A y B. (Tablas 8 y 9).

— Realizando las mismas operaciones con los genes de la población B obtenemos una población filial, B' (Tabla 10) cuyos datos numéricos consignamos en las tablas 11 y 12.

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Una vez que poseemos los datos numéricos de las frecuencias genéticas y genotípicas de las poblaciones de partida (poblaciones A y B) y las de sus

generaciones filiales (poblaciones A' y B'), podemos analizarlos para deducir conclusiones.

Así, fácilmente, se nos impone una primera conclusión: cuando las frecuencias génicas de las que partimos son iguales (poblaciones A y B), las frecuencias genotípicas obtenidas (poblaciones A' y B') son también iguales. Para que esto se cumpla es necesario que los cruzamientos se realicen al azar, es decir, que no exista selección en los cruzamientos; y que los genes alelos se segreguen en los gametos con la misma probabilidad según sus frecuencias, es decir, que no exista selección en la segregación de los genes durante la formación de los gametos.

Además, observamos que las frecuencias genotípicas resultantes se relacionan matemáticamente con las frecuencias génicas iniciales del modo siguiente:

Frec. Genotípica $rH^+ rH^+$ = (Frec. génica rH^+)²

Frec. Genotípica $rH^- rH^-$ = (Frec. génica rH^-)²

Frec. Genotípica $rH^+ rH^-$ = 2 x Frec. génica rH^+ x Frec. génica rH^-

Generalizando, si designamos «a» la frecuencia relativa de un alelo «A» y «b» la frecuencia relativa de su otro alelo «B», la proporción de genotipos AA, BB, y AB serán las correspondientes a las del desarrollo del binomio $(a + b)^2 = a^2 + b^2 + 2ab$, respectivamente. Estas frecuencias, además, se mantendrán constantes de generación en generación si se cumplen los requisitos citados anteriormente. Por ejemplo: Poblaciones A y A'.

A las poblaciones que cumplen estos requisitos se les denomina poblaciones en equilibrio. En nuestra actividad, las poblaciones A, A' y B' se encuentran en equilibrio, mientras que la población B no lo está ya que sus frecuencias genotípicas no se corresponden con las esperadas. Es conveniente hacer notar, sin embargo, que el equilibrio se recupera en una sola generación (población B') obtenida de la anterior cumpliendo los requisitos exigidos.

Todas estas conclusiones citadas se conocen en Genética de Poblaciones como la «Ley de equilibrio Hardy-Weinberg» que podemos enunciar así: Las frecuencias genotípicas de una población se mantienen constantes de generación en generación siempre que no haya factores que modifiquen su equilibrio.

Si dicha ley se cumpliera en la naturaleza las poblaciones permanecerían invariables en las sucesivas generaciones. ¿Qué posibles mecanismos naturales pueden modificar dicho equilibrio? Indudablemente todos aquellos que hacen que las condiciones de la ley no se cumplan, bien modificando las frecuencias génicas relativas o introduciendo la selección tanto en los genes como en los genotipos.

OTROS TRABAJOS

Así, podemos fácilmente razonar las siguientes causas:

1. La selección natural. Distintos genotipos nunca son de fecundidad totalmente igual y tampoco están igualmente adaptados a un medio dado.
2. La mutación. Aunque de valor absoluto escaso, modifica las frecuencias relativas de los alelos por lo que puede ser importante a largo plazo.
3. La emigración o inmigración. La salida o llegada de individuos a una población supone una pérdida o una ganancia de genes por lo que sus frecuencias relativas quedan así modificadas.
4. Por último, si una población tiene un número de individuos pequeño, las previsiones de la ley no podrán realizarse ya que éstas se apoyan en probabilidades que sólo se cumplirían exactamente en poblaciones de efectivo infinito. Este factor, conocido con el nombre de deriva genética, es otra de las causas de la variabilidad en las poblaciones sobre todo si éstas son de tamaño pequeño.

La acción de todos estos factores, que en la naturaleza actúan simultáneamente, al incidir, no sólo sobre un carácter genotípico, sino sobre el genoma de la población, nos puede hacer comprender la causa de la enorme variabilidad y de la evolución de las especies.

CONCLUSIONES DE TIPO DIDACTICO

Las conclusiones a las que nos ha llevado este trabajo pueden ser aplicadas a la resolución de problemas tanto teóricos como prácticos sobre genética de poblaciones. Un posible trabajo práctico que puedan realizar los alumnos es, por ejemplo,

determinar si la población de la ciudad en la que se encuentran se halla en equilibrio. Para ello se realizará una encuesta del rH sanguíneo de sus habitantes diferenciando por la edad a dos generaciones consecutivas. Dicha actividad puede realizarse en colaboración con el seminario de Matemáticas del centro, convirtiéndose así en una actividad interdisciplinar.

Los trabajos teóricos posibles pueden consistir en la resolución de problemas de la materia, como, por ejemplo: determinar qué poblaciones de las que se indican a continuación se encuentran en equilibrio:

Población 1:

$$rH^+ rH^+ = 20 \text{ individuos;}$$

$$rH^+ rH^- = 160 \text{ individuos;}$$

$$rH^- rH^- = 320 \text{ individuos.}$$

Población 2:

$$rH^+ rH^+ = 40 \text{ individuos;}$$

$$rH^+ rH^- = 63 \text{ individuos;}$$

$$rH^- rH^- = 7 \text{ individuos.}$$

Población 3:

$$rH^+ rH^+ = 49 \text{ individuos;}$$

$$rH^+ rH^- = 42 \text{ individuos;}$$

$$rH^- rH^- = 9 \text{ individuos.}$$

En otro orden de cosas los alumnos, a través de esta actividad podrán comprender que las Matemáticas son una herramienta muy útil para la resolución de muchos problemas biológicos.

Asimismo esta actividad les servirá de introducción al apasionante y controvertido tema de los mecanismos de la evolución de las especies.

BIBLIOGRAFIA

- ALVARADO, S., 1978, *Biología para el COU*.
BINDER E., 1970, *La Genética de Poblaciones*. (Oikos-Tau S.A. Ediciones: Barcelona).
DUAL PEREZ, V., *Biología, COU*. (ECIR: Valencia).

- ESPINOSA, F. MIRALLES, K. MIRO, F. Y MURILLO M.M., 1982, *Biología COU*. (Alhambra).
IBEAS, J.M. Y PEREZ, J.D., *Biología COU*. (Noguer Didáctica).

OTROS TRABAJOS

TABLAS

1

POBLACION A	
Genotipos	N° Individuos
rH ⁺ rH ⁺	16
rH ⁺ rH ⁻	48
rH ⁻ rH ⁻	36
TOTAL	100

2

POBLACION B	
Genotipos	N° Individuos
rH ⁺ rH ⁺	43
rH ⁺ rH ⁻	42
rH ⁻ rH ⁻	75
TOTAL	160

3

POBLACION A	GENOTIPOS			TOTAL
	rH ⁺ rH ⁺	rH ⁺ rH ⁻	rH ⁻ rH ⁻	
N° Genotipos	16	48	36	100
tanto por ciento	16	48	36	100
frecuencias decim.	0,16	0,48	0,36	1

4

POBLACION A	GENES		TOTAL
	rH ⁺	rH ⁻	
N° Genes	80	120	200
tanto por ciento	40	60	100
frecuencias decim.	0,40	0,60	1

5

POBLACION B	GENOTIPOS			TOTAL
	rH ⁺ rH ⁺	rH ⁺ rH ⁻	rH ⁻ rH ⁻	
N° Genotipos	43	42	75	160
tanto por ciento	26,875	26,25	46,875	100
frecuencias decim.	0,27	0,26	0,47	1

6

POBLACION B	GENES		TOTAL
	rH ⁺	rH ⁻	
N° Genes	128	192	320
tanto por ciento	40	60	100
frecuencias decim.	0,40	0,60	1

7

GENOTIPOS	EQUIPOS									MEDIA	APROX. MEDIA
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
rH ⁺ rH ⁺	18	13	14	17	20	18	12	16	14	15,79	16
rH ⁺ rH ⁻	44	34	32	46	40	44	36	48	32	48,44	48
rH ⁻ rH ⁻	38	33	34	37	40	38	32	36	34	35,77	36

8

POBLACION A	GENOTIPOS			TOTAL
	rH ⁺ rH ⁺	rH ⁺ rH ⁻	rH ⁻ rH ⁻	
N° Genotipos	16	48	36	100
tanto por ciento	16	48	36	100
frecuencias decim.	0,16	0,48	0,36	1

9

POBLACION A	GENES		TOTAL
	rH ⁺	rH ⁻	
N° Genes	80	120	200
tanto por ciento	40	60	100
frecuencias decim.	0,40	0,60	1

10

GENOTIPOS	EQUIPOS									MEDIA	APROX. MEDIA
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
rH ⁺ rH ⁺	27	22	24	20	31	23	28	29	25	25,4	25
rH ⁺ rH ⁻	74	84	80	88	66	82	72	70	78	77,1	77
rH ⁻ rH ⁻	59	54	56	52	63	55	60	61	57	57,4	58

11

POBLACION B	GENOTIPOS			TOTAL
	rH ⁺ rH ⁺	rH ⁺ rH ⁻	rH ⁻ rH ⁻	
N° Genotipos	23	77	58	160
tanto por ciento	15,625	48,125	36,25	100
frecuencias decim.	0,16	0,48	0,36	1

12

POBLACION B	GENES		TOTAL
	rH ⁺	rH ⁻	
N° Genes	128	192	320
tanto por ciento	40	60	100
frecuencias decim.	0,40	0,60	1