

# A DISTRIBUCIÓN BINOMIAL COMO FERRAMENTA NA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE XENÉTICA

## II. Xenética Mendeliana

Antonio M. de Ron  
Universidade de Santiago  
de Compostela  
Ana María Martínez  
Instituto Sánchez Cantón  
Pontevedra

### INTRODUCCIÓN

Unha das ferramentas estatísticas que presenta grande amplitude de campos de aplicación é a distribución binomial. Isto débese ó feito de que, nas realidades cotiás, se presenta con elevada frecuencia algún tipo de situación baseada en dous feitos diferentes, alternativos, excluíntes e con probabilidades que suman 1 (100 %), é dicir, o feito certo.

Nestes casos será aplicable a distribución binomial como ferramenta que permite establece-la distribución dos sucesos esperados e as súas frecuencias relativas. En particular, no eido da xenética poden atoparse supostos que permitan a aplicación da distribución binomial en ámbitos como:

— A xenética molecular: establecemento das frecuencias de tripletes, partindo das frecuencias de dúas bases

nitroxenadas, caso tratado nun traballo anterior na RGE<sup>1</sup>.

— A xenética mendeliana: é o caso que se trata no presente traballo: distribución de gametos e fenotipos en xeracións segregantes con dominancia completa.

— A xenética cuantitativa: distribución de clases fenotípicas en función dos alelos favorables de cada unha delas e en ausencia de dominancia nos *loci* implicados.

— A xenética de poboacións: no suposto dun *locus* con dous alelos de frecuencia establecida, determinaranse as frecuencias xenotípicas mediante a distribución binomial.

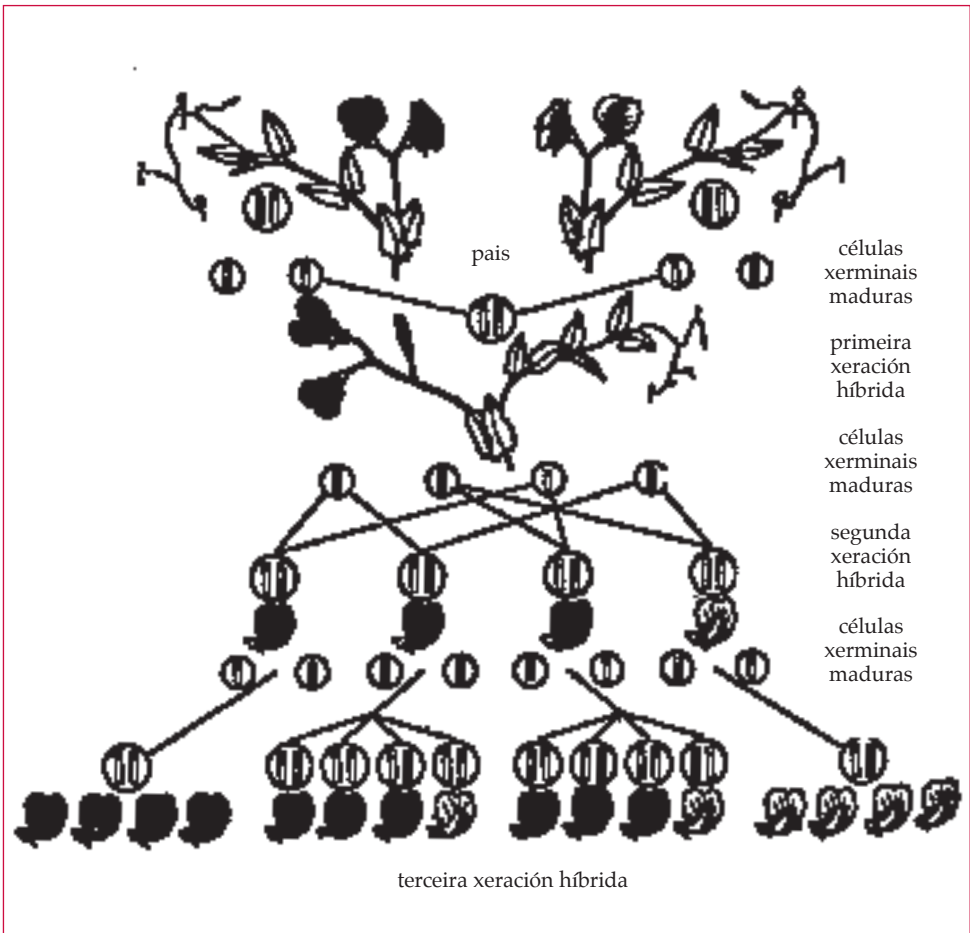
### MENDELISMO. INTERACCIÓNS INTRALOCUS: DOMINANCIA

Gregor Mendel (1822-1884), ó contrario que moitos dos científicos e

<sup>1</sup> A. M. de Ron, e M. A. Martínez, "A distribución binomial como ferramenta na resolución de problemas de xenética. I. Xenética molecular", *Revista Galega do Ensino*, 16, 1997, 269-274.

investigadores anteriores dos mecanismos da herdanza, na súa maioría da escola biométrica, formulou os seus estudos desde un punto de vista diferente: centrouse nun ou dous caracteres facilmente observables e realizou unha coidadosa análise estatística dos seus resultados experimentais. Os traballos

de Mendel, coma os de moitos outros estudiosos da súa época, orientábanse en realidade a establece-las 'leis' que rexían as descendencias nos estudos orientados á obtención de híbridos, en especies vexetais como o chícharo (*Pisum sativum*).



Experimento de George Mendel co chícharo (*Pisum sativum*).



Hugo de Vries.

Sen embargo, debido precisamente á súa formación matemática, é posi-

ble que non lle dera a difusión e a relevancia que merecían os seus descubrimentos sobre a herdanza, aínda que este aspecto non está definitivamente esclarecido, xa que as fontes documentais actualmente coñecidas non son concluíntes. Tiveron que pasar anos (1865-1900) ata que De Vries, Correns e Tchesmark chegaran por separado ás mesmas conclusións que Mendel e, ó investigaren sobre elas, encontraron os traballos de Mendel, é dicir, redescubriron ás súas 'leis'.

### INTERACCIÓNS ALÉLICAS

Mendel deixou clara a existencia de distintas manifestacións dun xene para un mesmo carácter (alelos), e que nalgúns casos é unha forma a que prevalece sobre outra.

Esta interacción *intralocus* denomínase dominancia-recesividade e pode presentar distintos graos, como se expresa na figura 1.

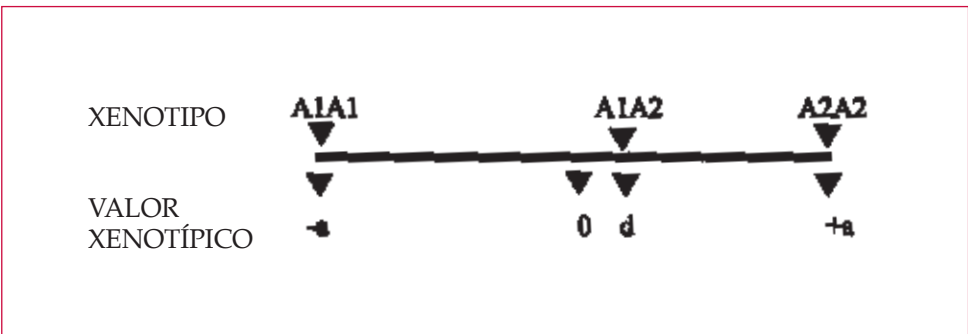


Figura 1. Interaccións *intralocus*: dominancia.

O valor xenotípico do heterocigoto será  $d$  e poderase expresa-lo grao de dominancia dun modo cuantitativo:

$d =  a $	dominancia completa
$d = 0$	ausencia de dominancia: herdanza intermedia
$-a < d < +a$ ( $d \neq 0$ )	dominancia incompleta
$d >  a $	superdominancia

### ESTUDIO DO POLIHIBRIDISMO

O uso da distribución binomial na resolución dun problema de polihibridismo, é dicir, da descendencia segregante dun individuo heterocigótico

para varios *loci*, con dominancia completa, vaise explicar mediante a resolución do seguinte problema.

### PROBLEMA

Un individuo homocigótico dominante para catro xenes (A, B, C, D) crúzase con outro homocigótico recesivo para os mesmos xenes. A  $F_1$  é autofecundada para obter a  $F_2$ . Considerando independencia na transmisión destes catro xenes, preguntase:

- ¿Cantos gametos distintos formará o heterocigoto  $F_1$ ?
- ¿Que proporción dos gametos do heterocigoto da  $F_1$  levará alelos dominantes nos catro *loci*?, ¿que



Lámina de *The Mutation Theory* de Hugo de Vries (1910) mostrando o cultivo experimental de *Oenothera*.

proporción levará de alelos dominantes e recesivos?

c) ¿Cantos fenotipos diferentes e en que proporción aparecerán na F<sub>2</sub>?

d) ¿Cal é a probabilidade de que un individuo da F<sub>2</sub> leve un ou máis alelos dominantes?

e) ¿Que proporción da F<sub>2</sub> se espera que sexa homocigótica, dominante ou recesiva, para os catro loci?

## RESOLUCIÓN

a) O número de gametos diferentes producidos por un heterocigoto é 2<sup>n</sup>, sendo n o número de loci en segregación. Neste caso serán 16 gametos, xa que hai 4 loci en segregación.

b) A distribución de alelos dominantes e recesivos nos gametos obtense mediante o desenvolvemento binomial (1/2 + 1/2)<sup>4</sup>, no cal 1/2 (0,5) é a probabilidade de recibir un alelo, ou ben dominante ou ben recesivo, e 4 é o número de alelos en estudo. Os diferentes gametos e a súa distribución, xunto coas súas probabilidades asociadas, expóñense na táboa 1.

GAMETOS	DESCRICIÓN	DESENVOLVEMENTO BINOMIAL	PROBABILIDADE ESPERADA
ABCD	4 dominantes – 0 recesivos	$C4^0 \cdot 0,5^4 \cdot 0,5^0$	1/16
aBCD	3 dominantes – 1 recesivo		1/16
AbCD			1/16
ABcD			1/16
ABCd			1/16
abCD	2 dominantes – 2 recesivos	$C4^2 \cdot 0,5^2 \cdot 0,5^2$	1/16
aBcD			1/16
aBCd			1/16
AbcD			1/16
AbCd			1/16
ABcd			1/16
Abcd	1 dominante – 3 recesivos	$C4^3 \cdot 0,5^1 \cdot 0,5^3$	1/16
aBcd			1/16
abCd			1/16
abcD			1/16
abcd	0 dominantes – 4 recesivos	$C4^4 \cdot 0,5^0 \cdot 0,5^4$	1/16

Táboa 1. Distribución de alelos nos gametos da F<sub>1</sub>

FENOTIPO	DESCRICIÓN	DESENVOLVEMENTO BINOMIAL	PROBABILIDADE ESPERADA
ABCD	4 dominantes – 0 recesivos	$C4^0 \cdot 0,75^4 \cdot 0,25^0$	81 / 256
aBCD	3 dominantes – 1 recesivo		27 / 256
AbCD			27 / 256
ABcD			27 / 256
ABCd			27 / 256
abCD	2 dominantes – 2 recesivos	$C4^2 \cdot 0,75^2 \cdot 0,25^2$	9 / 256
aBcD			9 / 256
aBCd			9 / 256
AbcD			9 / 256
AbCd			9 / 256
ABcd			9 / 256
Abcd	1 dominante – 3 recesivos	$C4^3 \cdot 0,75^1 \cdot 0,25^3$	3 / 256
aBcd			3 / 256
abCd			3 / 256
abcD			3 / 256
abcd	0 dominantes – 4 recesivos	$C4^4 \cdot 0,75^0 \cdot 0,25^4$	1 / 256

Táboa 2. Distribución de fenotipos na  $F_2$ .

c) A distribución esperada da  $F_2$  obterase a partir do suposto de que na descendencia segregante dunha  $F_1$  monohíbrida, como as realizadas por Mendel, na distribución de fenotipos é 3/4 dominantes: 1/4 recesivos. Por iso, no caso do tetrahíbrido, os fenotipos esperados pódense establecer de acordo co desenvolvemento binomial seguinte:  $(3/4 + 1/4)^4$ , onde 3/4 (0,75) é a probabilidade de que un fenotipo sexa dominante, 1/4 (0,25) a probabilidade de que sexa recesivo, e 4 o número de *loci* en segregación, como se amosa na táboa 2, con indicación da descrición de cada un dos fenotipos resultantes.

d) A probabilidade de que un individuo determinado da  $F_2$  leve un ou máis alelos dominantes será igual a:  $1 - \text{probabilidade de levar tódolos alelos recesivos}$ . A probabilidade dun xenotipo homocigótico recesivo, para un *locus*, nunha  $F_2$  é 1/4, polo tanto a probabilidade pedida é:  $1 - (1/4)^4 = 255/256$ .

e) A proporción esperada da  $F_2$  homocigótica, dominante recesiva, para os catro *loci*, calculárase tendo en conta que a probabilidade dun xenotipo homocigótico dominante ou recesivo para un *locus*, nunha  $F_2$ , é 1/2, polo tanto a proporción pedida é  $(1/2)^4 = 1/16$ .