

# Probabilidad

Dep. de Matemáticas



# Experimentos aleatorios

Un experimento es aleatorio cuando depende de muchos factores y cualquier pequeña modificación de alguno implica obtener un resultado diferente.

- **Aleatorio:** Lanzar un dado y ver el resultado
- **Determinista:** Calcular el tiempo que tarda en caer un objeto al suelo desde una distancia determinada

# Espacio muestral y sucesos

- **Espacio muestral:** Conjunto de los posibles resultados del experimento. Se denota:  $E$
- **Sucesos simples o elementales:** Cualquiera de los elementos del espacio muestral
- **Sucesos compuestos:** Sucesos formados por varios simples.
- **Suceso seguro:** Suceso compuesto por los elementos del Espacio muestral. Se cumple siempre
- **Suceso imposible:** Cualquier suceso que no se cumpla nunca. Se denota con el símbolo:  $\emptyset$
- **Suceso contrario:** Si  $A$  es un suceso,  $\bar{A}$  es el suceso contrario. Es aquel que se cumple cuando no se cumple  $A$

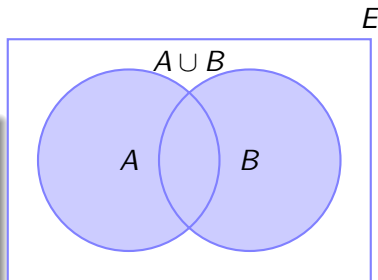
# Ejemplos:

Lanzamos un dado y comprobamos la cara que sale:

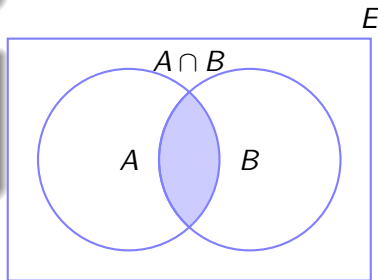
- **Espacio muestral:**  $E = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$
- **Sucesos simples o elementales:** 1, 2, 3, 4, 5 ó 6
- **Sucesos compuestos:**  $A = \{\text{que salga par}\} = \{2, 4, 6\}$
- **Suceso seguro:**  $E = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$
- **Suceso imposible:**  $\emptyset = \{\text{que salga mayor que 6}\}$
- **Suceso contrario:** Si  $A = \{\text{que salga par}\} = \{2, 4, 6\}$ ,  
 $\bar{A} = \{\text{que salga impar}\} = \{1, 3, 5\}$

# Operaciones con sucesos y relaciones

la **unión** de los sucesos  $A$  y  $B$  es aquel suceso que contiene a todos los elementos de  $A$  y a los de  $B$ . Por tanto los sucesos que están en  $A$  o en  $B$  o en los dos a la vez. Se denota:  $A \cup B$



la **intersección** de los sucesos  $A$  y  $B$  es aquel suceso que contiene a todos los elementos que están tanto en  $A$  como en  $B$ . Están en  $A$  y en  $B$ . Se denota:  $A \cap B$



# Operaciones con sucesos y relaciones

Tomamos como experimento el resultado de lanzar un dado, y los sucesos:

$$A = \{\text{que salga par}\} = \{2, 4, 6\}$$

$$B = \{\text{que sea mayor que 3}\} = \{4, 5, 6\}$$

$$C = \{\text{que salga impar}\} = \{1, 3, 5\}$$

- $A \cup B = \{2, 4, 5, 6\}$
- $A \cap B = \{4, 6\}$
- $A \cup C = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\} = E$
- $A \cap C = \emptyset$

# Compatibilidad de sucesos

Se dice que dos sucesos son **incompatibles** cuando su intersección es el conjunto vacío. En caso contrario se dice que son **compatibles**.

Tomamos como experimento el resultado de lanzar un dado, y los sucesos:

$$A = \{\text{que salga par}\} = \{2, 4, 6\}$$

$$B = \{\text{que sea mayor que 3}\} = \{4, 5, 6\}$$

$$C = \{\text{que salga impar}\} = \{1, 3, 5\}$$

$A$  y  $B$  son compatibles y  $A$  y  $C$  incompatibles.

# Regla de Laplace

La probabilidad de un suceso de un experimento regular viene determinada por la **Regla de Laplace**:

$$P(A) = \frac{\text{Casos favorables}}{\text{Casos posibles}}$$

Al lanzar un dado, los casos posibles son 6 ( $\{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$ ):

La probabilidad de sacar un 3:  $\{3\} \rightarrow \frac{1}{6}$

La probabilidad de sacar par:  $\{2, 4, 6\} \rightarrow \frac{3}{6}$

La probabilidad de sacar más de 4:  $\{5, 6\} \rightarrow \frac{2}{6}$



# Propiedades de la probabilidad

La probabilidad de un experimento regular cumple las siguientes propiedades:

- $0 \leq P(A) \leq 1$
- $P(E) = 1$  y  $P(\emptyset) = 0$
- $P(A) + P(\bar{A}) = 1$
- $P(A \cup B) = P(A) + P(B) - P(A \cap B)$ . Si  $A$  y  $B$  son incompatibles:  
 $P(A \cup B) = P(A) + P(B)$

$$P(A|B) = \frac{P(A \cap B)}{P(B)}$$

Despejando:

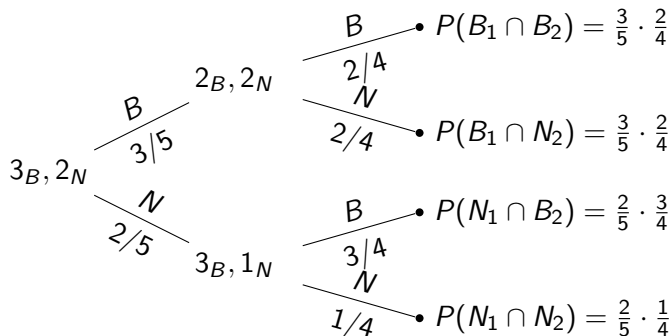
$$P(A \cap B) = P(A|B) \cdot P(B)$$

Se dice que dos sucesos son **independientes** cuando la probabilidad de cada uno no depende del resultado del otro.

- *A y B son independientes*  $\iff P(A|B) = P(A)$
- *A y B son independientes*  $\Rightarrow P(A \cap B) = P(A) \cdot P(B)$

## Ejemplo sin remplazamiento

En una urna hay tres bolas blancas y dos negras. Se extraen dos bolas **sin** remplazamiento:

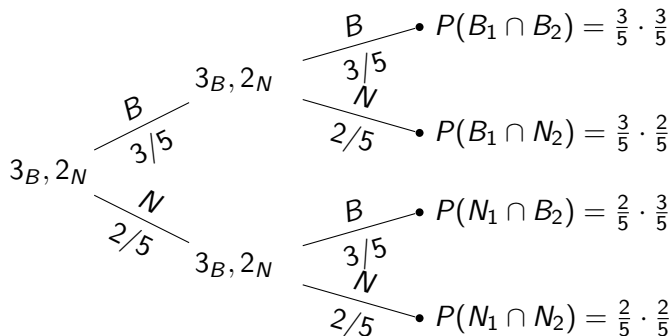


- Probabilidad de que sean del mismo color:

$$P((B_1 \cap B_2) \cup (N_1 \cap N_2)) = \frac{3}{10} + \frac{1}{10} = \frac{2}{5}$$

## Ejemplo con remplazamiento

En una urna hay tres bolas blancas y dos negras. Se extraen dos bolas **con** remplazamiento:



- Probabilidad de que sean del mismo color:

$$P((B_1 \cap B_2) \cup (N_1 \cap N_2)) = \frac{9}{25} + \frac{4}{25} = \frac{13}{25}$$

# Tablas de Contingencia

Si tenemos **dos particiones del espacio muestral**, generalmente por dos características diferentes de la población, resulta útil el uso de **tablas de contingencia** para el cálculo de probabilidades.

## Ejemplo de tabla de contingencia

En una cadena de televisión se hizo una encuesta a 2500 personas para saber la audiencia de un **debate** y de una **película** que se emitieron en horas distintas: 2100 vieron la película, 1500 vieron el debate y 350 no vieron ninguno de los dos programas.

Si llamamos  $D$  al suceso 'haber visto el debate' y  $P$  a 'haber visto la película', podemos organizar la información en una tabla y completarla:

	$D$	$\bar{D}$	Total
$P$			2100
$\bar{P}$		350	
Total	1500		2500

→

	$D$	$\bar{D}$	Total
$P$	1450	650	2100
$\bar{P}$	50	350	400
Total	1500	1000	2500

# Ejemplo de tabla de contingencia

Ejemplos de cálculo de probabilidades a través de Laplace y condicionales:

	$D$	$\overline{D}$	Total
$P$	1450	650	2100
$\overline{P}$	50	350	400
Total	1500	1000	2500

$$\bullet P(P \cap D) = \frac{1450}{2500} = \frac{29}{50}, \text{ o bien}$$
$$P(P \cap D) = P(P) \cdot P(D|P) = \frac{1450}{2500} \cdot \frac{1450}{2100} = \frac{29}{50}$$

$$\bullet P(P|D) = \frac{1450}{1500} = \frac{29}{30}, \text{ o bien}$$
$$P(D \cap P) = \frac{P(P \cap D)}{P(D)} = \frac{\frac{29}{50}}{\frac{1500}{2500}} = \frac{29}{30}$$

$$\bullet P(D|P) = \frac{1450}{2100} = \frac{29}{42}, \text{ o bien}$$
$$P(D|P) = \frac{P(D \cap P)}{P(P)} \cdot P(D|P) = \frac{\frac{1450}{2500}}{\frac{2100}{2500}} = \frac{29}{42}$$

# Teorema de la probabilidad total

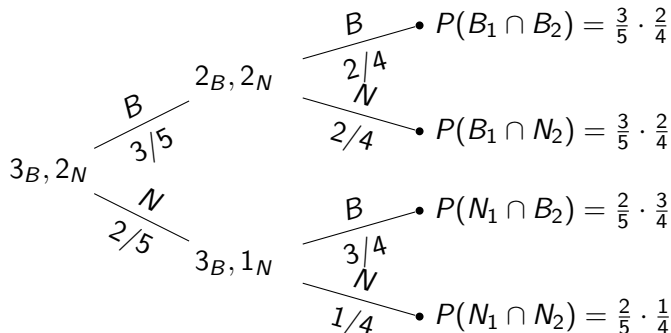
Si  $A_1, A_2, \dots, A_n$  son sucesos incompatibles dos a dos y cuya unión es todo el espacio muestral, entonces la probabilidad de cualquier otro suceso  $B$  es:

$$P(B) = \sum_{i=1}^n P(A_i) \cdot P(B|A_i)$$



## Ejemplo de probabilidad total

En una urna en la que hay tres bolas blancas y dos negras. Si se extraen dos bolas **sin** reemplazamiento:



$$P(B_2) = P(B_1) \cdot P(B_2|B_1) + P(N_1) \cdot P(B_2|N_1) = \frac{3}{5} \cdot \frac{2}{4} + \frac{2}{5} \cdot \frac{3}{4}$$

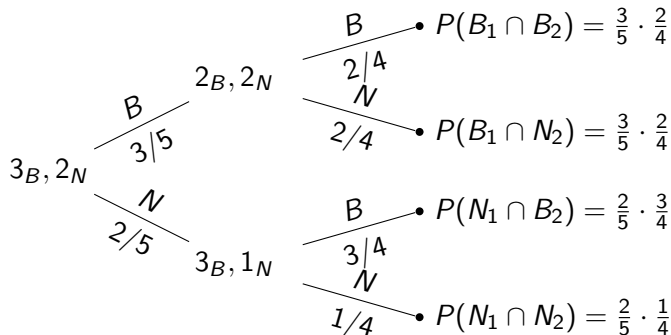
# Teorema de Bayes

Si  $A_1, A_2, \dots, A_n$  son sucesos incompatibles dos a dos y cuya unión es todo el espacio muestral, y  $B$  otro suceso cualquiera:

$$P(A_i|B) = \frac{P(A_i \cap B)}{\sum_{i=1}^n P(A_i) \cdot P(B|A_i)}$$

# Ejemplo de Bayes

En una urna en la que hay tres bolas blancas y dos negras. Si se extraen dos bolas **sin** reemplazamiento:



$$P(B_1|B_2) = \frac{P(B_1 \cap B_2)}{P(B_1) \cdot P(B_2|B_1) + P(N_1) \cdot P(B_2|N_1)} = \frac{\frac{3}{5} \cdot \frac{2}{4}}{\frac{3}{5} \cdot \frac{2}{4} + \frac{2}{5} \cdot \frac{3}{4}}$$