

Conjunto Potencia

**Definición 1.** El conjunto potencia de un conjunto  $A$ , denotado  $P(A)$ , es el conjunto cuyos elementos son todos los subconjuntos de  $A$ . Se escribe

$$P(A) = \{X \mid X \subseteq A\}$$

Nótese que todos los elementos de  $P(X)$  son conjuntos.

**Ejemplo**  $P(\emptyset) = \{\emptyset\}$

**Ejemplo** Si  $X = \{a\}$ ,  $P(X) = \{\emptyset, \{a\}\} = \{\emptyset, X\}$

**Ejemplo** Si  $X = \{\emptyset, \{0\}, \{a\}, \{b\}, \{\emptyset, a\}, \{\emptyset, b\}, \{a, b\}, X\}$

Como para cada subconjunto  $X$ ,  $\emptyset \subseteq X$ , entonces  $P(X) \neq \emptyset$  tendrá por lo menos dos elementos que son  $\emptyset$  y  $X$

**Teorema 1.** Para cualesquiera conjuntos  $A$  y  $B$

$$P(A \cup B) \supseteq P(A) \cup P(B)$$

*Demostración.* Tenemos que

$$\begin{aligned} X \in P(A) \cup P(B) &\Rightarrow X \subseteq A \vee X \subseteq B \\ &\Rightarrow X \subseteq A \cup B \\ &\Rightarrow X \in P(A \cup B) \end{aligned}$$

□

**Ejemplo** La otra inclusión no se cumple siempre, veamos un ejemplo. Consideremos los conjuntos  $A = \{1, 2, 3\}$ ,  $B = \{2, 3, 4\}$  tenemos entonces

$$P(A) = \{\emptyset, \{1\}, \{2\}, \{3\}, \{1, 2\}, \{1, 3\}, \{2, 3\}, \{1, 2, 3\}\}$$

$$P(B) = \{\emptyset, \{2\}, \{3\}, \{4\}, \{2, 3\}, \{3, 4\}, \{2, 4\}, \{2, 3, 4\}\}$$

$$P(A) \cup P(B) = \{\emptyset, \{1\}, \{2\}, \{3\}, \{4\}, \{1, 2\}, \{1, 3\}, \{2, 3\}, \{3, 4\}, \{2, 4\}, \{1, 2, 3\}, \{2, 3, 4\}\}$$

Por otro lado

$$A \cup B = \{1, 2, 3, 4\}$$

de manera que

$$P(A \cup B) = \{\emptyset, \{1\}, \{2\}, \{3\}, \{4\}, \{1, 2\}, \{1, 3\}, \{1, 4\}, \{2, 3\}, \{2, 4\}, \{3, 4\}, \{1, 2, 3\}, \{1, 2, 4\}, \{1, 3, 4\}, \{2, 3, 4\}, \{1, 2, 3, 4\}\}$$

observamos que

$$\{1, 2, 3, 4\} \subset P(A \cup B) \text{ y } \{1, 2, 3, 4\} \not\subset P(A) \wedge \{1, 2, 3, 4\} \not\subset P(B)$$

por lo tanto

$$P(A \cup B) \not\subseteq P(A) \cup P(B)$$

**Teorema 2.** Para cualesquiera conjuntos  $A$  y  $B$

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

*Demostración.* Tenemos que

$$\begin{aligned} X \in P(A) \cap P(B) &\Leftrightarrow X \in P(A) \wedge X \in P(B) \\ &\Leftrightarrow X \subseteq A \wedge X \subseteq B \\ &\Leftrightarrow X \subseteq A \cap B \\ &\Leftrightarrow X \subseteq P(A \cap B) \end{aligned}$$

□

### Pareja ordenada

Un concepto importante en la teoría de conjuntos es el de pareja ordenada que consiste de una pareja de objetos de los cuales debe quedar claro quién va en primer lugar y quién en segundo. Se denotará a la pareja ordenada de los objetos  $a$  y  $b$  por  $(a, b)$  y se deberá definir que satisfaga:

$$(a, b) = (c, d) \Leftrightarrow a = c \text{ y } b = d \quad (1)$$

Durante varios años se buscó una definición conjuntista de par ordenado, con el único propósito de que se verificara (1), quedando así incluido este concepto en la teoría de conjuntos. Alrededor de los años 30's del siglo XX, Kuratowski y Winner introdujeron la definición conjuntista de par ordenado.

**Definición 2.** El par ordenado de  $a$  y  $b$  es el conjunto

$$(a, b) = \{\{a\}, \{a, b\}\}$$

**Ejemplo** Tenemos que

$$(a, a) = \{\{a\}, \{a, a\}\} = \{\{a\}, \{a\}\} = \{\{a\}\}$$

Si  $a \neq b$ , entonces  $(a, b) \neq (b, a)$ . Por ejemplo

$$(1, 2) = \{\{1\}, \{1, 2\}\} \text{ y } (2, 1) = \{\{2\}, \{2, 1\}\}$$

Veamos que con esta definición se satisface (1)

**Teorema 3.**

$$(a, b) = (c, d) \Leftrightarrow a = c \text{ y } b = d$$

*Demostración.*  $\Rightarrow$ .

Supongamos que  $(a, b) = (c, d)$  y consideramos por separado los dos casos posibles  $a = b$  o  $a \neq b$

a)  $a = b$  en este caso

$$(a, b) = \{\{a\}, \{a, b\}\} = \{\{a\}\} = \{\{c\}, \{c, d\}\}$$

Como  $\{\{a\}\}$  tiene un único elemento, entonces  $\{\{c\}, \{c, d\}\}$  debe tener un único elemento, lo que significa que debe ser  $\{c\} = \{c, d\}$  y nuevamente, como  $\{c\}$  tiene un único elemento y por lo tanto se debe tener  $c = d$ . Entonces  $\{\{a\}\} = \{\{c\}\}$  implica  $\{a\} = \{c\}$  que a su vez implica  $a = c$ . En este caso se tiene entonces que  $a = b = c = d$

b)  $a \neq b$ .

Como  $\{a, b\} \in (a, b)$  y  $(a, b) = (c, d)$  por hipótesis, entonces  $\{a, b\} \in (c, d)$ , por lo que  $\{a, b\} = \{c\}$  o  $\{a, b\} = \{c, d\}$ . El primer caso no puede suceder por que eso implicaría que  $a = b$ , que no es el caso. Entonces  $\{a, b\} = \{c, d\}$ , lo que implica forzosamente que  $c \neq d$ , pues en caso contrario se llegaría nuevamente a que  $a = b$ . Por otro lado como  $\{a\} \in \{\{c\}, \{c, d\}\}$ , entonces  $\{a\} = \{c\}$ , pues ya hemos visto que  $c \neq d$ . Por lo tanto  $a = c$ . Por último, ya que  $\{a, b\} = \{c, d\}$ ,  $a \neq b$  y  $a = c$ , entonces  $b = d$ .  
 $\Leftarrow$ . Es inmediato

□

### Producto cartesiano

**Definición 3.** Sean  $A$  y  $B$  conjuntos. El producto cartesiano de  $A$  y  $B$  denotado  $A \times B$  es el conjunto

$$A \times B = \{(a, b) \mid a \in A \wedge b \in B\}$$

Dada una pareja ordenada  $(a, b)$ , para que sea elemento de  $A \times B$ , se debe tener, por definición, que  $a \in A$  y  $b \in B$ , es decir

$$(a, b) \in A \times B \stackrel{\text{def}}{\Leftrightarrow} (a \in A \wedge b \in B)$$

Si una pareja ordenada  $(c, d)$  no pertenece a  $A \times B$  significa que no se cumplen al mismo tiempo las dos propiedades  $c \in A$  y  $d \in B$ , lo que significa que se debe tener que  $c \notin A$  o  $d \notin B$ . Entonces

$$(c, d) \notin A \times B \Leftrightarrow (c \notin A \vee d \notin B)$$

**Ejemplo** Si  $A = \{a, b\}$  y  $B = \{1, a\}$ , entonces

$$A \times B = \{(a, 1), (b, 1), (a, a), (b, a)\}$$

$$B \times A = \{(1, a), (1, b), (a, a), (a, b)\}$$

**Teorema 4.** Sean  $A, B, C$  y  $D$  conjuntos no vacíos tales que  $A \times B = C \times D$ . Entonces  $A = C$  y  $B = D$

*Demostración.* Sean  $a \in A$  y  $b \in B$  arbitrarios. Entonces  $(a, b) \in A \times B$  y como  $A \times B = C \times D$ , entonces  $(a, b) \in C \times D$  lo que significa que  $a \in C$  y  $b \in D$ . Luego  $A \subseteq C$  y  $B \subseteq D$ . De manera análoga se demuestra que  $C \subseteq A$  y  $D \subseteq B$ . Y con esto se tiene  $A = C$  y  $B = D$  □