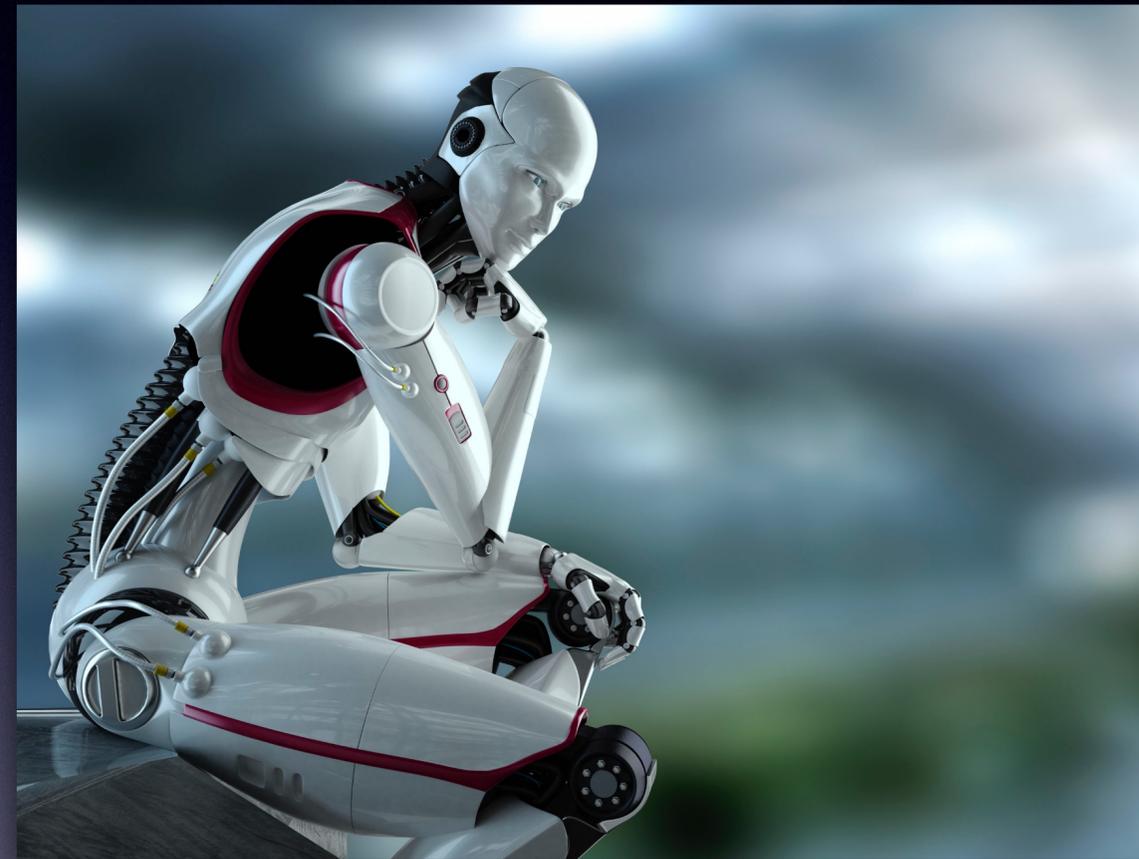




# Filosofía científica



Grupo de Astrofísica Relativista  
y Radioastronomía



**Gustavo E. Romero**

IAR-CONICET/UNLP, Argentina

2021

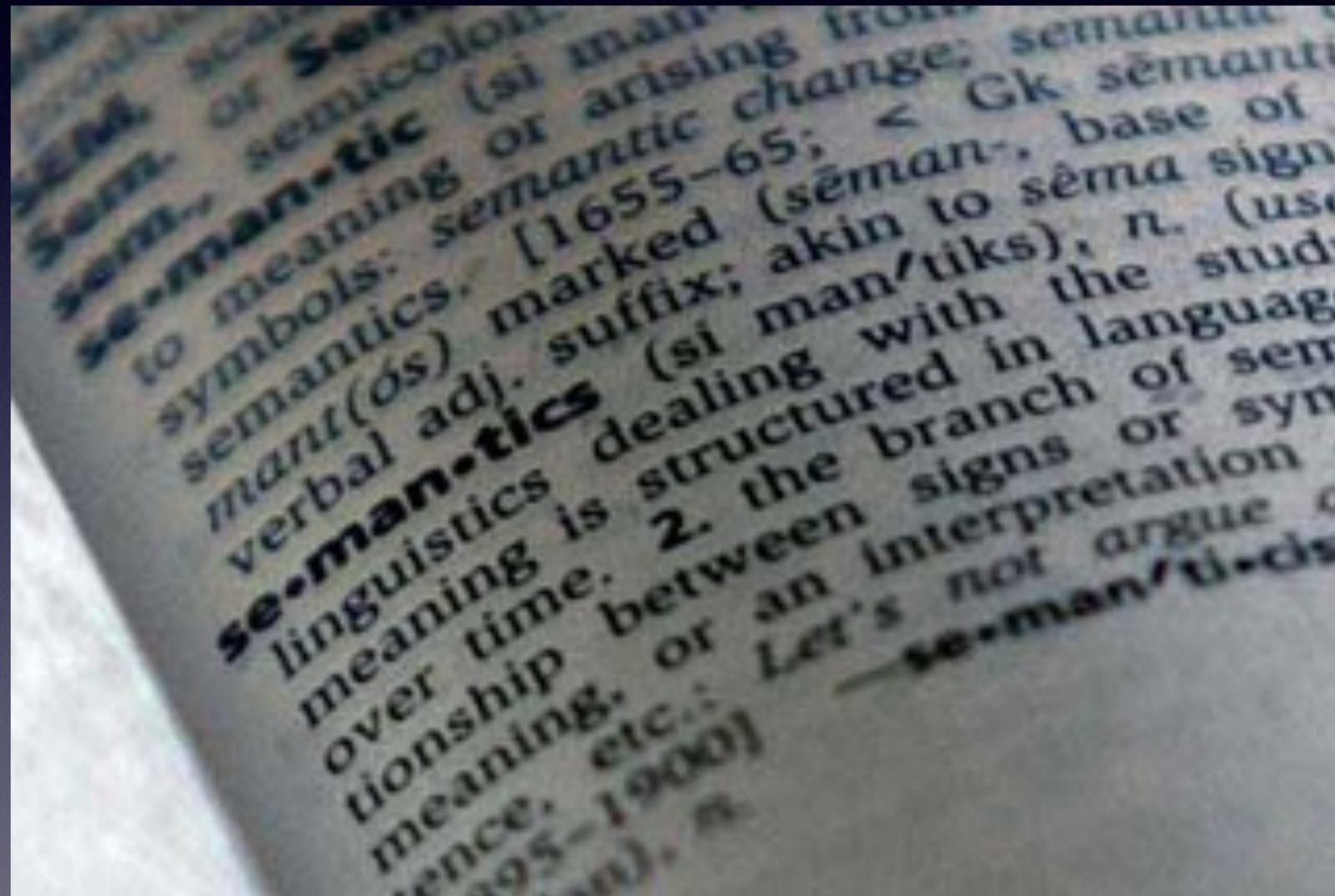
# ¿Es posible una filosofía razonable, clara y consistente con la ciencia?

- Sí: *filosofía científica*, es decir, filosofía que es tan **exacta** en su formulación como sea posible, **informada por la ciencia** y está de **acuerdo con el conocimiento científico** actual. Este tipo de filosofía trata problemas que son demasiado generales para las ciencias específicas.
- El objetivo principal de la filosofía científica es articular **la mejor cosmovisión que surge de nuestras teorías científicas actuales**.
- La filosofía científica trata de **identificar, formular y resolver problemas filosóficos**.
- La filosofía científica se puede **evaluar** a través de su **consistencia y retroalimentación con la ciencia y nuestro conocimiento más general de la naturaleza**, así como a través de su **fecundidad** para el desarrollo de nuevas teorías científicas.
- Los científicos suelen adoptar una visión filosófica cuando realizan investigaciones científicas, en su mayoría lo hacen de manera inconsciente.

# Principales ramas de la filosofía científica

- Lógica filosófica
- Semántica
- Ontología
- Epistemología
- Ética
- Estética
- Filosofía política

# Semántica filosófica



La **semántica filosófica** estudia la naturaleza de los lenguajes y su relación con la realidad. Trata de caracterizar en forma precisa conceptos como:

- Lenguaje
- Denotación
- Designación
- Referencia
- Representación
- Sentido
- Significado
- Vaguedad
- Verdad

# Lenguaje

Lenguajes  
(sistemas conceptuales y  
simbólicos utilizados para la  
comunicación y la representación)

Natural (vago)

Formal (exacto)

# Par ordenado

En matemáticas, un par ordenado es una pareja de objetos matemáticos, en la que se distingue un elemento y otro. El par ordenado cuyo primer elemento es de clase A y cuyo segundo elemento es de clase B se denota como  $(a, b)$ .

Dos pares ordenados  $(a, b)$  y  $(c, d)$  son idénticos si y sólo si coinciden su primer y su segundo elemento respectivamente:

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

En general se puede adoptar una definición similar para un número cualquiera de elementos  $n$ , dando lugar así a una  $n$ -tupla. Una triplete tiene la forma  $T=(a, b, c)$ , etc.

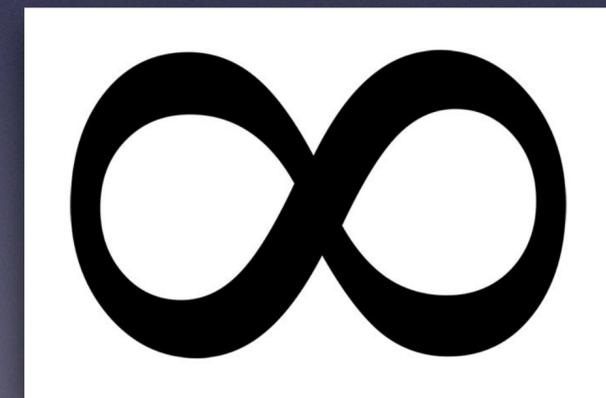
Es posible definir sobre conjuntos de pares ordenados estructuras algebraicas más complejas, como ser espacios vectoriales, álgebras, etc. Para ello se deben introducir operaciones sobre los elementos del conjuntos y reglas específicas para aplicar esas operaciones.

# Signo/Símbolo

- Un signo es un objeto que se asocia (denota, designa o representa) a otro objeto.
- Un símbolo es un signo artificial.



Nubes oscuras  
son un signo de  
posible lluvia



símbolo de 'infinito'

Un lenguaje formal es un sistema conceptual equipado con un conjunto de reglas para generar combinaciones válidas de símbolos.

$$L = \langle \Sigma, R, \Omega \rangle$$

donde  $\Sigma$  es un conjunto de términos primitivos del lenguaje

$R$  es el conjunto de reglas que proporcionan instrucciones explícitas sobre cómo formar combinaciones válidas de elementos de  $\Sigma$

$\Omega$  es el conjunto de objetos extralingüísticos que se denotan por los elementos de  $L$

El conjunto  $R$  contiene tres subconjuntos disjuntos

$$R = S_y \cup S_e \cup P_r$$

donde  $S_y$  =def conjunto de reglas sintácticas  
 $S_e$  =def conjunto de reglas semánticas  
 $P_r$  =def conjunto de reglas pragmáticas.

Si  $S_e = P_r = \emptyset \Rightarrow L$  es un sistema logístico o lenguaje abstracto (e.g. lógica de primer orden)

Las reglas de un lenguaje  $L_1$  se expresan en un segundo idioma  $L_2$ , llamado metalenguaje.

# Sistema logístico de primer orden ( $L_1$ )

El metalenguaje estará formado por elementos de  $L_1$  y del lenguaje natural.  
Los elementos de  $\Sigma_{L_1}$  son:

1. Una serie (finita o infinita) de signos de predicados: ' $p_1$ ', ' $p_2$ ', ...
2. La identidad: '='
3. Una serie (finita o infinita) de constantes: ' $a$ ', ' $b$ ', ...
4. Una serie (finita o infinita) de variables: ' $x_1$ ', ' $x_2$ ', ...
5. La conectiva básica ' $\wedge$ '
6. La negación ' $\neg$ '
7. El símbolo existencial ' $\exists$ '
8. Los paréntesis '(' y ')'
9. La coma ','

Un *término* de  $L_1$  es cualquier constante, variable, o predicado evaluado tal como ' $p(a, b, c, \dots)$ '. Las combinaciones válidas de símbolos se llaman *fórmulas*.

Las reglas sintácticas (elementos de  $R=Sy$ ) son:

Sy<sub>1</sub>. Si ' $p$ ' es un predicado y ' $a$ ', ' $b$ ', ' $c$ ', ...son constantes, entonces ' $p(a, b, c, \dots)$ ' es una fórmula.

Sy<sub>2</sub>. Si ' $\phi$ ' y ' $\xi$ ' son fórmulas, entonces ' $\phi \wedge \xi$ ' es una fórmula.

Sy<sub>3</sub>. Si ' $\phi$ ' es una fórmula, entonces ' $\neg\phi$ ' es una fórmula.

Sy<sub>4</sub>. Si ' $a$ ' y ' $b$ ' son constantes, entonces ' $a=b$ ' es una fórmula.

Sy<sub>5</sub>. Si ' $\phi$ ' es una fórmula y ' $x$ ' es una variable, entonces ' $(\exists x \phi x)$ ' es una fórmula.

Sy<sub>6</sub>. No hay ninguna otra secuencia de símbolos primitivos que sea fórmula.

**Definición:** una definición es la elucidación de un signo en términos de otros signos o de un concepto en términos de otros conceptos.

Hay distintos tipos de definiciones: **explícitas** o **implícitas**.

**Las definiciones explícitas son identidades.** Pueden ser abreviaturas en el caso de los signos o descripciones (parciales o completas) en el caso de los conceptos.

**Las definiciones implícitas caracterizan el concepto o signo a través de un sistema de enunciados en el cual aparece el mismo.**

Otras clases de definiciones son las **ostensivas** y las **recursivas**.

Ejemplo de definición recursiva:

$$1! = 1$$

$$2! = 2 \cdot 1 = 2(2-1)!$$

...

$$n! = n(n-1)!$$

Definición ostensiva:



## Algunas definiciones

$$(A \vee B) = [\neg(\neg A \wedge \neg B)]$$

$$(A \rightarrow B) = (\neg A \vee B)$$

$$(A \equiv B) = (A \rightarrow B) \wedge (B \rightarrow A)$$

$$(\forall x \phi x) = [\neg \exists x (\neg \phi x)]$$

La operación de deducción permite obtener fórmulas válidas a partir de otras formas válidas. La deducción es la sucesiva aplicación de las reglas sintácticas.

Las fórmulas obtenidas por deducción se llaman *teoremas*.

$\vdash$  =def ‘es un teorema’ o ‘es implicado’

Un conjunto de fórmulas  $S$  es *consistente* si  $\neg(S \rightarrow \phi \wedge \neg\phi)$   
para cualquier  $\phi \in S$

*Contradicción:*  $\phi \wedge \neg\phi$   $A \wedge \neg A \vdash B$

**A demostrar:  $A \wedge \neg A \vdash B$**

<b>Paso</b>	<b>Fórmula</b>	<b>Razón</b>
1	$A \wedge \neg A$	Supuesto.
2	$A$	Desde (1) por eliminación de la conjunción.
3	$A \vee B$	Desde (2) por introducción de la disyunción.
4	$\neg A$	Desde (1) por eliminación de la conjunción.
5	$B$	Desde (3) y (4) por <b>silogismo disyuntivo</b> . Q.E.D.

# Lenguaje interpretado

Para interpretar un lenguaje necesitamos agregar una colección de **objetos extralingüísticos**, los elementos de  $\Omega$ , que conforman el **universo de discurso**, y un conjunto de **reglas semánticas** para relacionarlos con los elementos del lenguaje.

$$L = \langle \Sigma, R, \Omega \rangle$$

$$R = S_y \cup S_e$$

$$\Omega \neq \emptyset$$

Los principales conceptos semánticos que se utilizan en las reglas semánticas son los de **denotación / designación, referencia, y representación.**

# Denotación/designación

**Denotación ( $D$ )** es una relación que asigna **símbolos a objetos particulares** del universo de discurso

$D : \Sigma \rightarrow O$       Ejemplo:  $e$  denota un electrón

**Designación ( $\mathcal{D}$ )** es una relación que asigna **símbolos a conceptos**

$\mathcal{D} : \Sigma \rightarrow C$       Ejemplo:  $C$  designa un conjunto

$C$  es un conjunto de **conceptos**, es decir, entidades construidas por **abstracción**. La abstracción procede mediante la imposición de una relación de equivalencia a un conjunto. Esta operación da como resultado la partición del conjunto en diferentes conjuntos disjuntos, cada uno de ellos identificado con un concepto. Un concepto abstraído en un contexto totalmente formalizado se llama **constructo**.

## Relación de equivalencia

Una relación binaria dada  $\sim$  en un conjunto  $X$  se dice que es una **relación de equivalencia** si y solo si es **reflexiva, simétrica y transitiva**. Es decir, para todos  $a$ ,  $b$  y  $c$  en  $X$ :

$a \sim a$ . (**Reflexividad**)

$a \sim b$  si y solo si  $b \sim a$ . (**Simetría**)

si  $a \sim b$  y  $b \sim c$  entonces  $a \sim c$ . (**Transitividad**)

$X$  junto con la relación  $\sim$  se llama un **setoid** ('conjuntoide'). La clase de equivalencia obtenida bajo la operación  $\sim$ , denotada  $[a]$ , se define como

$$[a] = \{b \in X \mid a \sim b\}$$

# Referencia

**Referencia** es una relación entre conceptos y objetos de cualquier tipo, ya sean elementos fácticos del mundo (objetos concretos) u otros conceptos.

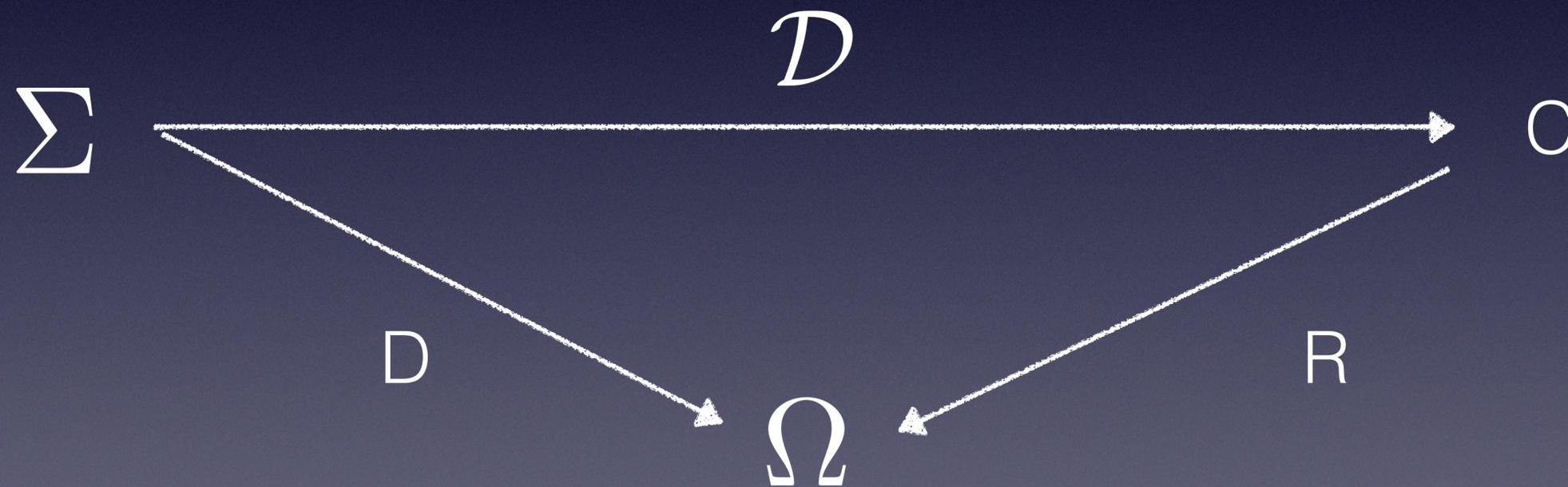
$$R : C \rightarrow \Omega \qquad \Omega = O \cup C$$

Si  $\Omega = O$  decimos que la referencia es factual.

Si  $\Omega = C$  decimos que la referencia es formal.

Dado un concepto  $c$  en un conjunto de conceptos  $C$ , la clase de referencia de  $c$  es el conjunto de todos los objetos de cualquier tipo a los que se refiere  $c$ :

$$[c]_{\mathbf{R}} = \{x \in \Omega : R(cx)\}.$$



La relación de referencia se puede especificar para convertirse en una función en el caso de predicados y enunciados.

Un predicado es una función de varios dominios de objetos a enunciados.

$$P : A_1 \times A_2 \times \dots \times A_n \rightarrow S$$

El valor de  $P$  en  $\langle a_1, a_2, \dots, a_n \rangle \in A_1 \times A_2 \times \dots \times A_n$

es el enunciado atómico  $Pa_1a_2\dots a_n$

La clase de referencia de un predicado es el dominio de sus argumentos

$$R(P) = \bigcup_{i=1}^n A_i$$

La clase de referencia de un enunciado es el conjunto de todos los valores de sus argumentos

$$R(P a_1 a_2 \dots a_n) = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$$

La clase de referencia de un enunciado compuesto es la unión de todos los conjuntos de valores de sus argumentos:

$$R(W(s_1, s_2, \dots, s_n)) = \bigcup_{i=1}^n R(s_i)$$

Los individuos no refieren. Los individuos son referidos.

Por ejemplo, “Albert Einstein” no refiere. Es un **nombre** que **denota** a un individuo. En cambio el enunciado “Albert Einstein nació en 1879” si se refiere a ese individuo.

Un nombre es un *rótulo*, una *etiqueta*, no un concepto.

La cuantificación no tiene importe referencial. La clase de referencia de un predicado cuantificado es la clase de referencia del predicado.

Por ejemplo: "Todos los cuervos son negros" se refiere a cuervos.

"No todos los cuervos son negros" se refiere a cuervos

"Hay al menos un cuervo que es negro" se refiere a cuervos

"Los cuervos son negros" se refiere a cuervos (no hay cuantificación en absoluto)

Las manipulaciones lógicas de un concepto no modifican la clase de referencia asociada.

Una *teoría* es un conjunto de enunciados que es cerrado bajo la operación de deducción.

$$T = \{s : A \vdash s\}$$

A es un conjunto de enunciados que implican a todos los enunciados en T. Los elementos de A se llaman **axiomas**.

Cualquier enunciado de una teoría es o bien un axioma o bien una consecuencia de los axiomas (los axiomas son **enunciados primitivos**, o sea, no derivables). El conjunto A suele llamarse **base axiomática** de T

La clase de referencia de la teoría es:

$$R(T) = \bigcup_{i=1}^n R(A_i)$$

La deducción preserva la referencia.

Podemos establecer la clase de referencia de una teoría a partir de sus axiomas.

## La referencia no es igual a la *extension*

***Extension***: la extension de un predicado son todos aquellos objetos que hacen ***verdadero*** al enunciado.

La referencia no presupone el concepto de verdad.

Ejemplo: la extension de  $(\forall x)(Px \vee \neg Px)$  es todo.

La correspondiente referencia, en cambio, es nada. Dado que es una fórmula abstracta y no se refiere a ningún objeto.

La extensión de “Praga es la ciudad más hermosa del mundo y Praga no es la ciudad más hermosa del mundo” es el conjunto vacío, pero su clase de referencia es {Praga}, y el enunciado se refiere a Praga.

Incluso términos de un lenguaje que no son enunciados pueden referir, aunque nunca tener extensión por no ser verdaderos ni falsos. Ejemplo: “¿Es Juan autodidacta?” Se refiere a Juan, pero no tiene extensión.

Los sistemas lógicos puros no se refieren a nada ya que no están interpretados.

- La *lógica* no tiene una clase de referencia.
- Las *matemáticas* tienen clases de referencia puramente formales: se refieren *sólo a constructos bien formados* a través de reglas explícitas.
- Las *ciencias fácticas* se refieren objetos que existen en el mundo así como a objetos conceptuales usados en la formulación de las teorías.

# Representación

Algunos constructos no solo refieren, sino que también *representan* propiedades de las cosas y sus cambios. Luego, podemos introducir una *relación de representación*, que asigna constructos a hechos (estados o cambios de estados de cosas).

$$\hat{=} : C \rightarrow F$$

En particular, los enunciados representan hechos que ocurren a sus referentes.

# Reglas de representación

- Repr. 1 - Las **propiedades** de las cosas reales están representadas por **predicados** (en particular, **funciones**).
- Repr. 2 - Las **cosas** reales están representadas por **conjuntos** equipados con relaciones, funciones u operadores.
- Repr. 3 - Los **eventos (cambios)** en cosas están representados por **conjuntos de enunciados** (singulares o existenciales).
- Repr. 4 - Las **leyes** (patrones regulares de eventos) están representados por **conjuntos de enunciados universales**.

La relación de representación **no es simétrica** (los hechos no representan constructos), **ni reflexiva** (los constructos no se representan a sí mismos), **ni transitiva** (los hechos no representan nada en absoluto).

La representación es una relación pero no es una función. Al menos una forma explícita de asignar constructos a hechos en una teoría por medio de una función bien definida no se conoce.

**Las representaciones no son necesariamente únicas.** La misma característica de la realidad puede ser representada de diferentes maneras. Dos representaciones,  $c$  y  $c'$  de un ítem de una teoría  $T$  son equivalentes si son intercambiables en todos los enunciados de ley de  $T$ .

Sean  $T$  y  $T'$  dos teorías con los mismos referentes. Designemos  $\{P\}$  y  $\{P'\}$  a sus respectivas bases predictivas (es decir, al conjunto de enunciados predictivos que se pueden deducir de las teorías junto a hipótesis auxiliares). Entonces,  $T$  y  $T'$  son **semánticamente equivalentes** si existe un conjunto de transformaciones que permite convertir  $T$  en  $T'$  preservando el valor de verdad de todos los enunciados deducibles de ellas ( $\{P\}$  y  $\{P'\}$ ).

## Ejemplos

- Las representaciones de Schrödinger y Heisenberg de la Mecánica Cuántica.
- Las formulaciones Lagrangiana y Hamiltoniana de la Mecánica Clásica.

En cambio, la Mecánica Clásica y la Relatividad Especial comparten referentes pero no son semánticamente equivalentes.

Como la Mecánica Clásica y la Relatividad Especial comparten referentes no son semánticamente inconmensurables. Por eso podemos comparar la precisión de ambas teorías al hacer modelos de los mismos objetos con ellas.

La tesis de Kuhn y Feyerabend de la inconmensurabilidad de éstas y otras teorías es incorrecta. De hecho, su formulación usual es contradictoria.

«[...] lo que ocurre cuando se da el paso de una teoría  $T'$  restringida a una teoría  $T$  más amplia (capaz de abarcar todos los fenómenos abarcados por  $T'$ ) es algo mucho más radical que la incorporación de la teoría  $T'$  inalterada al contexto de  $T$ , que es más amplio. Es, más bien, una sustitución de la ontología de  $T'$  por la ontología de  $T$ , y el correspondiente cambio en el significado de todos los términos descriptivos de  $T'$  (suponiendo que esos términos se sigan empleando)» (Feyerabend, 1962/1989, 92).

# Diferencia entre atributo y propiedad.

Los objetos fácticos tienen propiedades, mientras que los constructores tienen atributos. Las propiedades son las formas de ser de las cosas, mientras que los atributos los asignamos nosotros al crear a los constructos según ciertas reglas de formación.

# Sentido

El *sentido*  $S$  de un constructo  $c$  en una teoría  $T$  es la unión de los elementos del mismo tipo que están lógicamente relacionados por implicación.

$$S(c) = \{x : x \vdash c\} \cup \{y : c \vdash y\}$$

$$S(c) = A(c) \cup J(c)$$

$A(c)$  es el *presupuesto* o *ascendencia* lógica y  $J(c)$  es el *importe* o *progenie* lógica de  $c$ .

El sentido es un *atributo* de ciertos constructos (aquéllos que pertenecen a sistemas formalizados)

Si  $c$  es cualquier proposición de una teoría  $T$ , entonces  $A(c)$  y  $J(c)$  son conjuntos de proposiciones. Decimos que el sentido de  $S(c) = A(c) \cup J(c)$  es el contenido de la proposición  $c$ .

Si  $c$  no es parte de una teoría, entonces el sentido no está bien definido y se llama *intensión* de  $c$ . La intención es el complemento de la extensión. Cuanto mayor sea la intención, menor será la extensión. **La intención es lo que dice una proposición. Es su “contenido”**. Los conceptos del lenguaje natural tienen intención, no sentido formal.

Ejemplo: “Una población enfermó”, “Una población en Australia estaba enferma en el siglo XIX”, “Un tercio de la población de ciudadanos adultos de Melbourne, Australia, estaba enferma de varicela en 1897”.

Intención ↑

Extensión ↓

# Significado

El *significado* es un atributo de los constructos de una dada teoría.

Si  $c$  es un constructo de una teoría  $T$ , con clase de referencia  $R(c)$  y sentido  $S(c)$ , el significado de  $c$ ,  $M(c)$ , es el par ordenado:

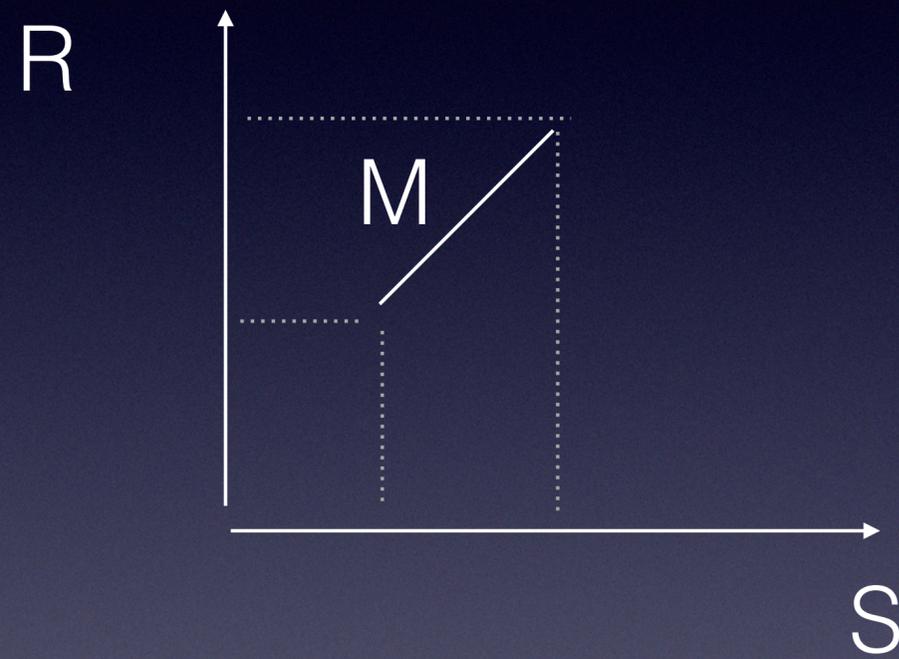
$$M(c) = \langle R(c), S(c) \rangle$$

donde

$$R : C \rightarrow \mathcal{P}(\Omega) \qquad S : C \rightarrow \mathcal{P}(C)$$

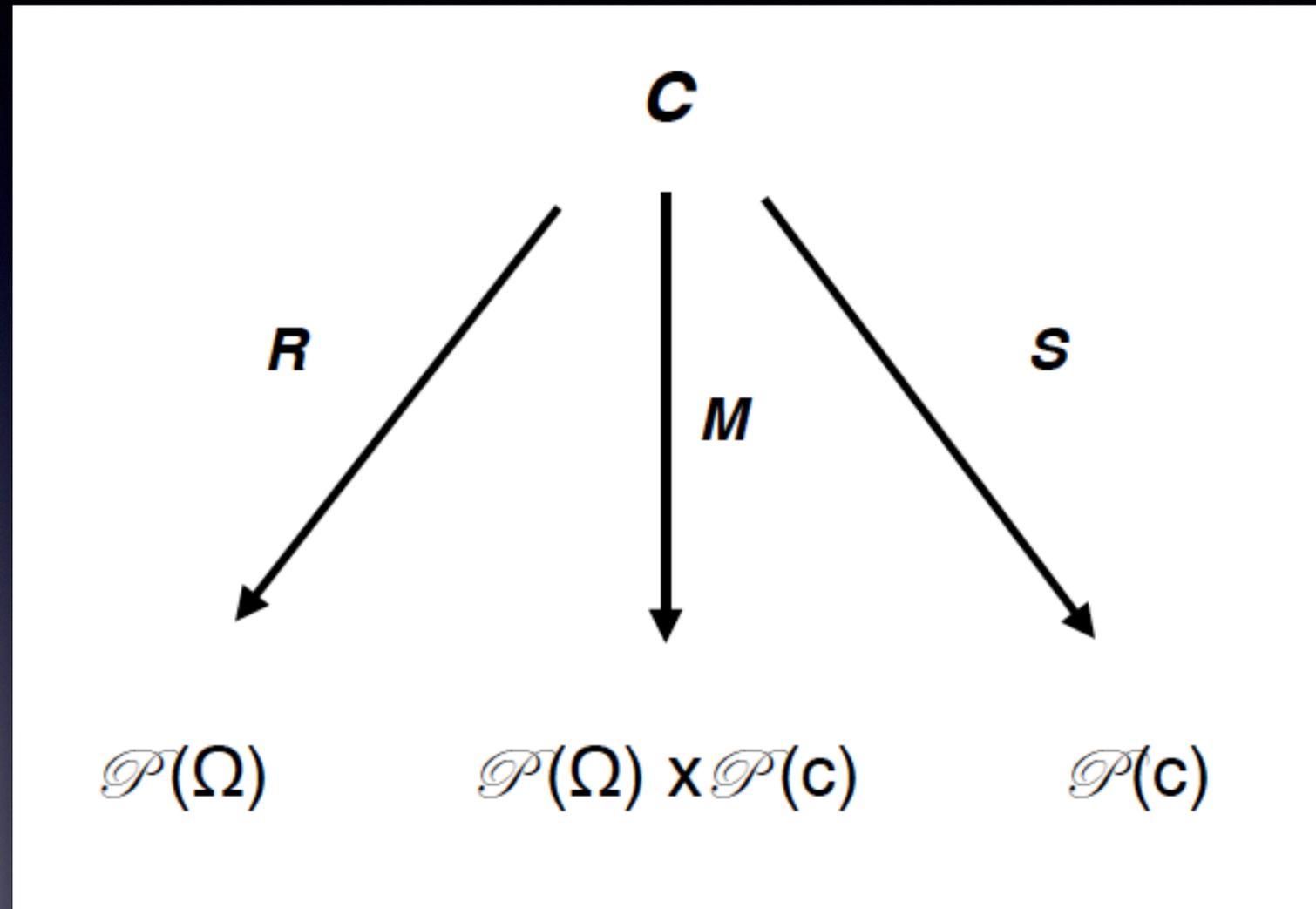
$$M : C \rightarrow \mathcal{P}(\Omega) \times \mathcal{P}(C)$$

El significado es un concepto bidimensional.  
Puede representarse en el plano real:



$$M = \langle R, S \rangle$$

Relaciones entre constructos  $C$  y toda clase de objetos  $\Omega$



$$C \subset \Omega$$

La identidad de significado de dos enunciados,  $p$  y  $q$  está dado por:

$$M(p) = M(q) \leftrightarrow R(p) = R(q) \wedge S(p) = S(q)$$

Usando conceptos de la teoría de conjuntos podemos definir un *cálculo de significados*

Dos proposiciones  $p$  y  $q$  se dicen **sinónimas** si y solo si tienen el mismo significado:

$$p \text{ Syn } q \text{ iff } M(p) = M(q)$$

Ver Bunge 1974, Romero 2018.

Los símbolos no tienen significado, tienen **significancia**. La significancia es la **composición de la designación y el significado**: los símbolos designan un constructo, y es el constructo el que tiene un significado. Si un signo no designa, no es un símbolo, y lo llamamos **sincategoremático**.

La diferencia en significado entre dos constructos es:

$$\delta_M(c, c') = \langle \delta_R(c, c'), \delta_S(c, c') \rangle$$

donde

$$\delta_R(c, c') = R(c) \Delta R(c')$$

$$\delta_S(c, c') = S(c) \Delta S(c')$$

Diferencia simétrica

$$A \Delta B = (A \cup B) - (A \cap B)$$

*Resumiendo:* los **lenguajes** son **sistemas conceptuales** con un vocabulario, reglas de formación y un universo de discurso. Si falta este último, el lenguaje es abstracto. De lo contrario es interpretado. Los símbolos **denotan** objetos y **designan** conceptos. Los conceptos se **refieren** a individuos de cualquier tipo. Algunos conceptos se pueden usar para **representar** cosas, propiedades y hechos. Todos los constructos tienen un **significado**, formado por el **sentido** y la **referencia**. Si se trata de conceptos no formales, entonces el significado está formado por la referencia y la **intensión**.