

# Una lógica epistémica para el razonamiento estratégico

Andrés R. Saravia

Facultad de Matemática, Astronomía, Física y Computación,  
Universidad Nacional de Córdoba

14 de octubre de 2021

# Una pequeña introducción

- Doctorando en Ciencias de la Computación (desde 2020)

# Una pequeña introducción

- Doctorando en Ciencias de la Computación (desde 2020)
- Director: Raul Fervari

# Una pequeña introducción

- Doctorando en Ciencias de la Computación (desde 2020)
- Director: Raul Fervari
- Trabajamos en lógicas Knowing How o “saber cómo” desde una perspectiva epistémica:

# Una pequeña introducción

- Doctorando en Ciencias de la Computación (desde 2020)
- Director: Raul Fervari
- Trabajamos en lógicas Knowing How o “saber cómo” desde una perspectiva epistémica:
  - lenguajes epistémicos centrados en describir el conocimiento de los agentes sobre sus habilidades.

# Una pequeña introducción

- Doctorando en Ciencias de la Computación (desde 2020)
- Director: Raul Fervari
- Trabajamos en lógicas Knowing How o “saber cómo” desde una perspectiva epistémica:
  - lenguajes epistémicos centrados en describir el conocimiento de los agentes sobre sus habilidades.
- Resultado: Paper aceptado en TARK 2021

# Estructura

- Lógica Knowing That: Lógica Modal Epistémica

# Estructura

- Lógica Knowing That: Lógica Modal Epistémica
- Lógica Knowing How: Propuesta sobre modelos LTS



# Estructura

- Lógica Knowing That: Lógica Modal Epistémica
- Lógica Knowing How: Propuesta sobre modelos LTS
- Nuestra propuesta: Knowing how sobre modelos LTS<sup>U</sup>

# Estructura

- Lógica Knowing That: Lógica Modal Epistémica
- Lógica Knowing How: Propuesta sobre modelos LTS
- Nuestra propuesta: Knowing how sobre modelos LTS<sup>U</sup>
- Conclusiones y trabajos futuros

# Un ejemplo

Consideremos dos agentes: Ana ( $a$ ) y Bruno ( $b$ ); Ana está en el parque y Bruno está en su casa con las ventanas cerradas.

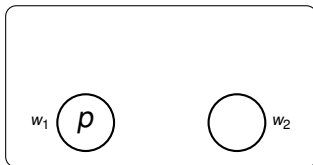
# Un ejemplo

Consideremos dos agentes: Ana ( $a$ ) y Bruno ( $b$ ); Ana está en el parque y Bruno está en su casa con las ventanas cerradas. Tenemos que Ana **sabe que** está soleado. Pero Bruno no.

# Un ejemplo

Consideremos dos agentes: Ana ( $a$ ) y Bruno ( $b$ ); Ana está en el parque y Bruno está en su casa con las ventanas cerradas. Tenemos que Ana **sabe que** está soleado. Pero Bruno no.

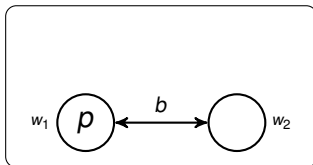
$p$ : está soleado



# Un ejemplo

Consideremos dos agentes: Ana ( $a$ ) y Bruno ( $b$ ); Ana está en el parque y Bruno está en su casa con las ventanas cerradas. Tenemos que Ana **sabe que** está soleado. Pero Bruno no.

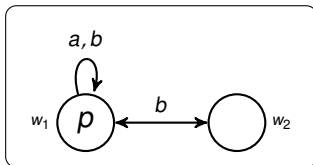
$p$ : está soleado



# Un ejemplo

Consideremos dos agentes: Ana ( $a$ ) y Bruno ( $b$ ); Ana está en el parque y Bruno está en su casa con las ventanas cerradas. Tenemos que Ana **sabe que** está soleado. Pero Bruno no.

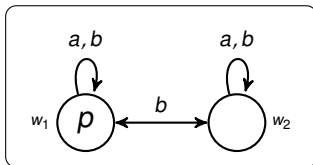
$p$ : está soleado



# Un ejemplo

Consideremos dos agentes: Ana ( $a$ ) y Bruno ( $b$ ); Ana está en el parque y Bruno está en su casa con las ventanas cerradas. Tenemos que Ana **sabe que** está soleado. Pero Bruno no.

$p$ : está soleado

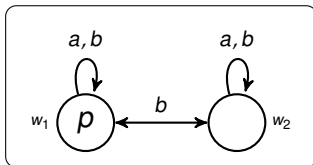




# Un ejemplo

Consideremos dos agentes: Ana ( $a$ ) y Bruno ( $b$ ); Ana está en el parque y Bruno está en su casa con las ventanas cerradas. Tenemos que Ana **sabe que** está soleado. Pero Bruno no.

$p$ : está soleado



El conocimiento de Ana y Bruno sobre  $p$  se puede escribir en esta lógica como  $K_a p$  y  $\neg K_b p$ .

## Algunas propiedades

Dado un agente  $i$  y su relación de indistinguibilidad **entre mundos**  $\sim_i$ .  
En la Lógica Modal Epistémica, el conocimiento del agente cumple ciertas propiedades.

## Algunas propiedades

Dado un agente  $i$  y su relación de indistinguibilidad **entre mundos**  $\sim_i$ .  
En la Lógica Modal Epistémica, el conocimiento del agente cumple ciertas propiedades.

- **Verdad y conocimiento:**  $K_i\varphi \rightarrow \varphi$ .

## Algunas propiedades

Dado un agente  $i$  y su relación de indistinguibilidad **entre mundos**  $\sim_i$ .  
En la Lógica Modal Epistémica, el conocimiento del agente cumple ciertas propiedades.

- **Verdad y conocimiento:**  $K_i\varphi \rightarrow \varphi$ .
- **Introspección positiva:**  $K_i\varphi \rightarrow K_iK_i\varphi$ .

## Algunas propiedades

Dado un agente  $i$  y su relación de indistinguibilidad **entre mundos**  $\sim_i$ .  
En la Lógica Modal Epistémica, el conocimiento del agente cumple ciertas propiedades.

- **Verdad y conocimiento:**  $K_i\varphi \rightarrow \varphi$ .
- **Introspección positiva:**  $K_i\varphi \rightarrow K_iK_i\varphi$ .
- **Introspección negativa:**  $\neg K_i\varphi \rightarrow K_i\neg K_i\varphi$ .

## Algunas propiedades

Dado un agente  $i$  y su relación de indistinguibilidad **entre mundos**  $\sim_i$ . En la Lógica Modal Epistémica, el conocimiento del agente cumple ciertas propiedades.

- **Verdad y conocimiento:**  $K_i\varphi \rightarrow \varphi$ .
  - $\sim_i$  **reflexiva**.
- **Introspección positiva:**  $K_i\varphi \rightarrow K_iK_i\varphi$ .
- **Introspección negativa:**  $\neg K_i\varphi \rightarrow K_i\neg K_i\varphi$ .

## Algunas propiedades

Dado un agente  $i$  y su relación de indistinguibilidad **entre mundos**  $\sim_i$ . En la Lógica Modal Epistémica, el conocimiento del agente cumple ciertas propiedades.

- **Verdad y conocimiento:**  $K_i\varphi \rightarrow \varphi$ .
  - $\sim_i$  reflexiva.
- **Introspección positiva:**  $K_i\varphi \rightarrow K_iK_i\varphi$ .
  - $\sim_i$  transitiva.
- **Introspección negativa:**  $\neg K_i\varphi \rightarrow K_i\neg K_i\varphi$ .

## Algunas propiedades

Dado un agente  $i$  y su relación de indistinguibilidad **entre mundos**  $\sim_i$ . En la Lógica Modal Epistémica, el conocimiento del agente cumple ciertas propiedades.

- **Verdad y conocimiento:**  $K_i\varphi \rightarrow \varphi$ .
  - $\sim_i$  reflexiva.
- **Introspección positiva:**  $K_i\varphi \rightarrow K_iK_i\varphi$ .
  - $\sim_i$  transitiva.
- **Introspección negativa:**  $\neg K_i\varphi \rightarrow K_i\neg K_i\varphi$ .
  - $\sim_i$  euclídea.



## Algunas propiedades

Dado un agente  $i$  y su relación de indistinguibilidad **entre mundos**  $\sim_i$ . En la Lógica Modal Epistémica, el conocimiento del agente cumple ciertas propiedades.

- **Verdad y conocimiento:**  $K_i\varphi \rightarrow \varphi$ .
  - $\sim_i$  reflexiva.
- **Introspección positiva:**  $K_i\varphi \rightarrow K_iK_i\varphi$ .
  - $\sim_i$  transitiva.
- **Introspección negativa:**  $\neg K_i\varphi \rightarrow K_i\neg K_i\varphi$ .
  - $\sim_i$  euclídea.
  - Las anteriores implican  $\sim_i$  simétrica.

## Algunas propiedades

Dado un agente  $i$  y su relación de indistinguibilidad **entre mundos**  $\sim_i$ . En la Lógica Modal Epistémica, el conocimiento del agente cumple ciertas propiedades.

- **Verdad y conocimiento:**  $K_i\varphi \rightarrow \varphi$ .
  - $\sim_i$  reflexiva.
- **Introspección positiva:**  $K_i\varphi \rightarrow K_iK_i\varphi$ .
  - $\sim_i$  transitiva.
- **Introspección negativa:**  $\neg K_i\varphi \rightarrow K_i\neg K_i\varphi$ .
  - $\sim_i$  euclídea.
  - Las anteriores implican  $\sim_i$  simétrica.

Semánticamente, el conocimiento de un agente es una **relación de equivalencia**.

# Knowing How: Un poco de historia

- Otros patrones del conocimiento:

# Knowing How: Un poco de historia

- Otros patrones del conocimiento: knowing why

# Knowing How: Un poco de historia

- Otros patrones del conocimiento: knowing why, knowing whether

# Knowing How: Un poco de historia

- Otros patrones del conocimiento: knowing why, knowing whether, knowing who

# Knowing How: Un poco de historia

- Otros patrones del conocimiento: knowing why, knowing whether, knowing who y **knowing how**.

# Knowing How: Un poco de historia

- Otros patrones del conocimiento: knowing why, knowing whether, knowing who y **knowing how**.
- Se centra en las habilidades de los agentes.



## Knowing How: Un poco de historia

- Otros patrones del conocimiento: knowing why, knowing whether, knowing who y **knowing how**.
- Se centra en las habilidades de los agentes.
- Wang propuso un marco para las lógicas knowing how.

Y. Wang (2015): *A Logic of Knowing How*. (LORI 2015).

# Sistemas de transiciones etiquetadas (LTSs)

$\mathcal{S} = \langle W, \{R_a\}_{a \in \text{Act}}, V \rangle$  donde

# Sistemas de transiciones etiquetadas (LTSs)

$\mathcal{S} = \langle W, \{R_a\}_{a \in \text{Act}}, V \rangle$  donde

- $W$  es un conjunto de estados,

# Sistemas de transiciones etiquetadas (LTSs)

$\mathcal{S} = \langle W, \{R_a\}_{a \in \text{Act}}, V \rangle$  donde

- $W$  es un conjunto de estados,
- $R_a \subseteq W \times W$  por cada  $a \in \text{Act}$ ,

# Sistemas de transiciones etiquetadas (LTSs)

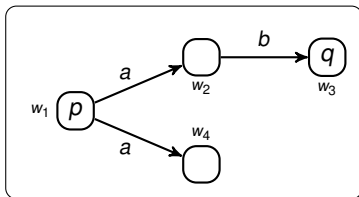
$\mathcal{S} = \langle W, \{R_a\}_{a \in \text{Act}}, V \rangle$  donde

- $W$  es un conjunto de estados,
- $R_a \subseteq W \times W$  por cada  $a \in \text{Act}$ ,
- $V : \text{Prop} \rightarrow 2^W$ .

# Sistemas de transiciones etiquetadas (LTSs)

$\mathcal{S} = \langle W, \{R_a\}_{a \in \text{Act}}, V \rangle$  donde

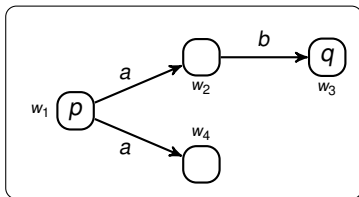
- $W$  es un conjunto de estados,
- $R_a \subseteq W \times W$  por cada  $a \in \text{Act}$ ,
- $V : \text{Prop} \rightarrow 2^W$ .



# Sistemas de transiciones etiquetadas (LTSs)

$\mathcal{S} = \langle W, \{R_a\}_{a \in \text{Act}}, V \rangle$  donde

- $W$  es un conjunto de estados,
- $R_a \subseteq W \times W$  por cada  $a \in \text{Act}$ ,
- $V : \text{Prop} \rightarrow 2^W$ .

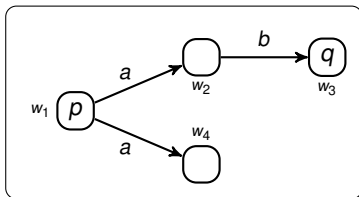


Representa las acciones que puede ejecutar el agente.

# Sistemas de transiciones etiquetadas (LTSs)

$\mathcal{S} = \langle W, \{R_a\}_{a \in \text{Act}}, V \rangle$  donde

- $W$  es un conjunto de estados,
- $R_a \subseteq W \times W$  por cada  $a \in \text{Act}$ ,
- $V : \text{Prop} \rightarrow 2^W$ .



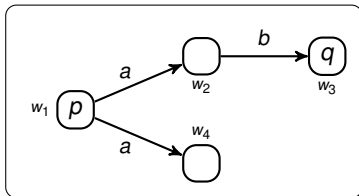
Representa las acciones que puede ejecutar el agente. Una transición  $a$  de  $w_1$  a  $w_2$  se interpreta como “luego de ejecutar la acción  $a$  en el estado  $w_1$  el agente llega al estado  $w_2$ ”.



# Sistemas de transiciones etiquetadas (LTSs)

$\mathcal{S} = \langle W, \{R_a\}_{a \in \text{Act}}, V \rangle$  donde

- $W$  es un conjunto de estados,
- $R_a \subseteq W \times W$  por cada  $a \in \text{Act}$ ,
- $V : \text{Prop} \rightarrow 2^W$ .



Representa las acciones que puede ejecutar el agente. Una transición  $a$  de  $w_1$  a  $w_2$  se interpreta como “**luego de ejecutar la acción  $a$  en el estado  $w_1$  el agente llega al estado  $w_2$** ”. Dado un conjunto  $\text{Act}$ , un plan  $\sigma$  es un elemento de  $\text{Act}^*$  ( $a$ ,  $ab$  y  $\epsilon$ ).

# Ejecutabilidad fuerte

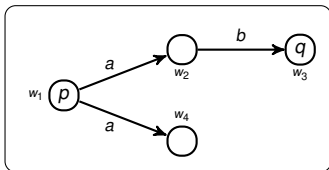
Un plan debe ser a prueba de fallos:

# Ejecutabilidad fuerte

Un plan debe ser a **prueba de fallos**: Cada ejecución parcial debe ser completada.

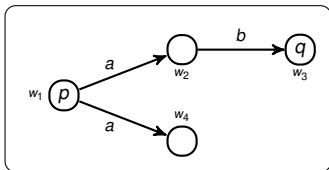
# Ejecutabilidad fuerte

Un plan debe ser a **prueba de fallos**: Cada ejecución parcial debe ser completada. Ejemplo: el plan  $ab$ .



# Ejecutabilidad fuerte

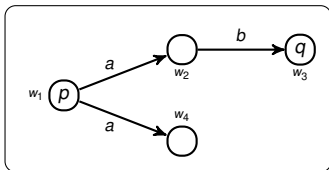
Un plan debe ser a **prueba de fallos**: Cada ejecución parcial debe ser completada. Ejemplo: el plan  $ab$ .



$ab$  no es fuertemente ejecutable en  $w_1$

# Ejecutabilidad fuerte

Un plan debe ser a **prueba de fallos**: Cada ejecución parcial debe ser completada. Ejemplo: el plan  $ab$ .



$ab$  no es fuertemente ejecutable en  $w_1$

## Definición (Ejecutabilidad fuerte de un plan)

Un plan  $\sigma$  es *fuertemente ejecutable* (FE) en un  $u \in W$  sii para toda ejecución parcial de  $\sigma$  desde  $u$  se completa.

# $L_{Kh}$ sobre LTS

## Definición (Sintaxis $L_{Kh}$ )

$$\varphi ::= p \mid \neg\varphi \mid \varphi \vee \varphi \mid \text{Kh}(\varphi, \varphi)$$

$\text{Kh}(\psi, \varphi)$ : “cuando  $\psi$  se cumple, el agente sabe cómo hacer  $\varphi$  verdadera”.

# L<sub>Kh</sub> sobre LTS

## Definición (Sintaxis L<sub>Kh</sub>)

$$\varphi ::= p \mid \neg\varphi \mid \varphi \vee \varphi \mid \text{Kh}(\varphi, \varphi)$$

$\text{Kh}(\psi, \varphi)$ : “cuando  $\psi$  se cumple, el agente sabe cómo hacer  $\varphi$  verdadera”.

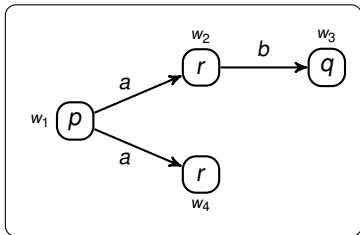
## Definición (L<sub>Kh</sub> en LTS)

$S, w \models \text{Kh}(\psi, \varphi)$  sii<sub>def</sub> existe un plan  $\sigma \in \text{Act}^*$  tal que

- (1)  $\sigma$  es FE en *todos los  $\psi$ -mundos* y
- (2) desde los  $\psi$ -mundos,  $\sigma$  *siempre termina* en  $\varphi$ -mundos.

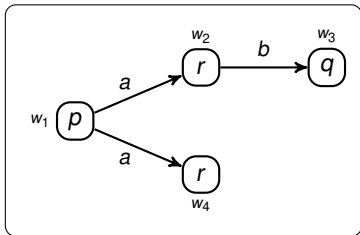


# Ejemplo



$$S, w_1 \models \text{Kh}(p, r)$$

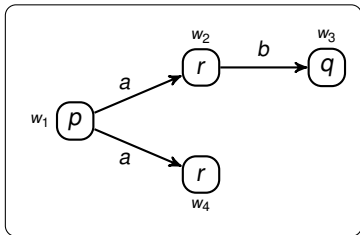
# Ejemplo



$S, w_1 \models \text{Kh}(p, r)$

el plan  $a$  es FE en  $w_1$  ( $p$ -mundo),  
y lleva de  $p$ -mundos a  $r$ -mundos.

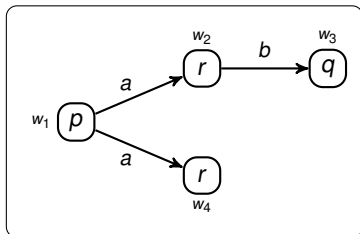
# Ejemplo



$\mathcal{S}, w_1 \models \text{Kh}(p, r)$   
el plan  $a$  es FE en  $w_1$  ( $p$ -mundo),  
y lleva de  $p$ -mundos a  $r$ -mundos.

$\mathcal{S}, w_1 \not\models \text{Kh}(p, q)$

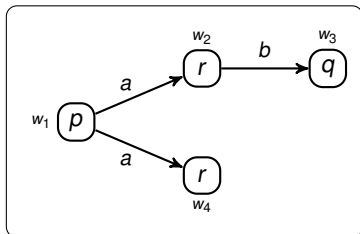
# Ejemplo



$\mathcal{S}, w_1 \models \text{Kh}(p, r)$   
el plan  $a$  es FE en  $w_1$  ( $p$ -mundo),  
y lleva de  $p$ -mundos a  $r$ -mundos.

$\mathcal{S}, w_1 \not\models \text{Kh}(p, q)$   
-  $\epsilon$  y  $a$ : son FE en  $w_1$  ( $p$ -mundo),  
pero no llevan a  $q$ ;

# Ejemplo



$\mathcal{S}, w_1 \models \text{Kh}(p, r)$

el plan  $a$  es FE en  $w_1$  ( $p$ -mundo),  
y lleva de  $p$ -mundos a  $r$ -mundos.

$\mathcal{S}, w_1 \not\models \text{Kh}(p, q)$

- $\epsilon$  y  $a$ : son FE en  $w_1$  ( $p$ -mundo),  
pero no llevan a  $q$ ;
- $ab$  no es FE en  $w_1$ .

# Una lógica ‘no tan’ epistémica

- **Saber qué:**

- información **óptica**: hechos o proposiciones verdaderas en un mundo posible;
- información **epistémica**: relación de incertidumbre o indistinguibilidad, percepción del agente.

# Una lógica ‘no tan’ epistémica

- **Saber qué:**

- información **óptica**: hechos o proposiciones verdaderas en un mundo posible;
- información **epistémica**: relación de incertidumbre o indistinguibilidad, percepción del agente.

- **Saber cómo:**

- el agente tiene disponible **todos los planes** para elegir un testigo.
- no hay distinción entre óptico y epistémico.

# Nos gustaría modelar la incertidumbre

- En estos modelos el agente tiene disponible **todos los planes** para elegir un testigo.



# Nos gustaría modelar la incertidumbre

- En estos modelos el agente tiene disponible **todos los planes** para elegir un testigo.
  - ¿Y si no tuviera el **conocimiento** de que existen ciertos planes?

# Nos gustaría modelar la incertidumbre

- En estos modelos el agente tiene disponible **todos los planes** para elegir un testigo.
  - ¿Y si no tuviera el **conocimiento** de que existen ciertos planes?
  - Ejemplo: el plan vacío (“hacer nada”).

# Nos gustaría modelar la incertidumbre

- En estos modelos el agente tiene disponible **todos los planes** para elegir un testigo.
  - ¿Y si no tuviera el **conocimiento** de que existen ciertos planes?
    - Ejemplo: el plan vacío (“hacer nada”).
- Para el agente cada plan es distinto de cualquier otro.

# Nos gustaría modelar la incertidumbre

- En estos modelos el agente tiene disponible **todos los planes** para elegir un testigo.
  - ¿Y si no tuviera el **conocimiento** de que existen ciertos planes?
    - Ejemplo: el plan vacío (“hacer nada”).
- Para el agente cada plan es distinto de cualquier otro.
  - ¿Y si no fuera capaz de **distinguir** ciertos planes de otros?

# Nos gustaría modelar la incertidumbre

- En estos modelos el agente tiene disponible **todos los planes** para elegir un testigo.

¿Y si no tuviera el **conocimiento** de que existen ciertos planes?

Ejemplo: el plan vacío (“hacer nada”).

- Para el agente cada plan es distinto de cualquier otro.  
¿Y si no fuera capaz de **distinguir** ciertos planes de otros?

Hay diferentes razones para **no saber cómo**. El agente no puede distinguir entre **acciones básicas**, **el orden**, etc.

## Nos gustaría modelar la incertidumbre

- En estos modelos el agente tiene disponible **todos los planes** para elegir un testigo.
  - ¿Y si no tuviera el **conocimiento** de que existen ciertos planes?

Ejemplo: el plan vacío (“hacer nada”).

- Para el agente cada plan es distinto de cualquier otro.
  - ¿Y si no fuera capaz de **distinguir** ciertos planes de otros?

Hay diferentes razones para **no saber cómo**. El agente no puede distinguir entre **acciones básicas**, **el orden**, etc.

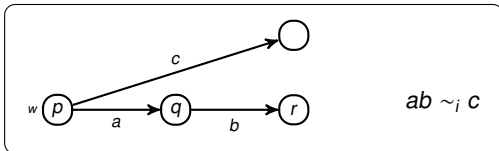
C. Areces, R. Fervari, A. Saravia, F. Velázquez-Quesada.  
*Uncertainty-Based Semantics for Multi-Agent Knowing How Logics*. (TARK 2021).

# LTS basado en Incertidumbre (LTS<sup>U</sup>)

## Definición (LTS basado en Incertidumbre)

Dado un conjunto finito no vacío  $\text{Agt}$ , un LTS<sup>U</sup> es una tupla  $\mathcal{M} = \langle W, \{R_a\}_{a \in \text{Act}}, \{\sim_i\}_{i \in \text{Agt}}, V \rangle$  donde

- $\langle W, \{R_a\}_{a \in \text{Act}}, V \rangle$  es un LTS,
- $\sim_i$  es una relación de equivalencia (indistinguibilidad) sobre un conjunto no vacío de planes.



# L<sub>Kh</sub> en LTS<sup>U</sup>

## Definición (L<sub>Kh<sub>i</sub></sub> en LTS<sup>U</sup>)

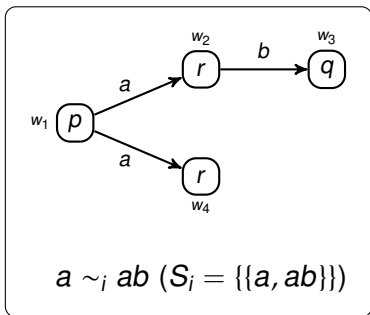
Sea  $S_i$  el conjunto de clases de equivalencia (sobre planes) por  $\sim_i$ .

$\mathcal{M}, w \models \text{Kh}_i(\psi, \varphi)$  sii existe un conjunto de planes  $\pi \in S_i$  tal que

- (1) *Todos los planes en  $\pi$  son FE en todos los  $\psi$ -mundos y*
- (2) *desde los  $\psi$ -mundos, cada plan de  $\pi$  siempre termina en  $\varphi$ -mundos.*

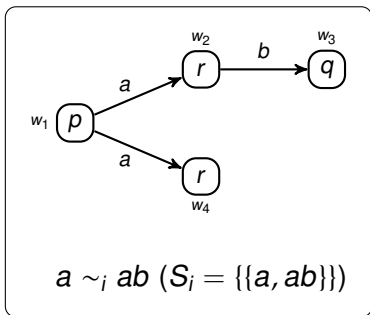


# Ejemplo



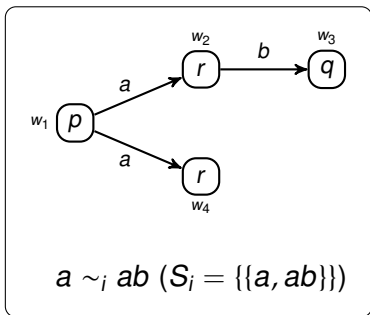
$$\mathcal{M}, w_1 \models \neg Kh_i(p, r)$$

# Ejemplo



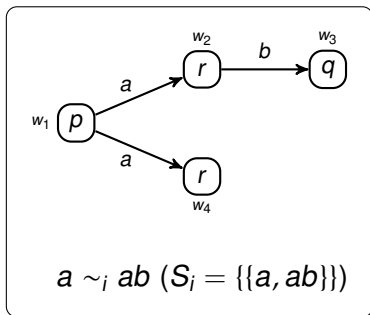
$\mathcal{M}, w_1 \models \neg Kh_i(p, r)$   
el plan  $a$  es FE en  $w_1$  ( $p$ -mundo),  
y lleva de mundos  $p$  a  $r$ -mundos.

# Ejemplo



$\mathcal{M}, w_1 \models \neg Kh_i(p, r)$   
el plan  $a$  es FE en  $w_1$  ( $p$ -mundo),  
y lleva de mundos  $p$  a  $r$ -mundos.  
el plan  $ab$  no es FE en  $w_1$   
( $p$ -mundo),

# Ejemplo



$\mathcal{M}, w_1 \models \neg \text{Kh}_i(p, r)$

el plan  $a$  es FE en  $w_1$  ( $p$ -mundo),  
y lleva de mundos  $p$  a  $r$ -mundos.

el plan  $ab$  no es FE en  $w_1$   
( $p$ -mundo), y el conjunto  $\{a, ab\}$   
no es FE en  $w_1$ .

# Complejidad

# Complejidad

## Proposición

*Si  $\varphi$  es una fórmula de  $L_{Kh_i}$  satisfacible, entonces existen un modelo  $\mathcal{M}'$  polinomial en el tamaño de  $\varphi$  y un estado  $w$  tal que  $\mathcal{M}', w \models \varphi$ .*

# Complejidad

## Proposición

*Si  $\varphi$  es una fórmula de  $L_{Kh_i}$  satisfacible, entonces existen un modelo  $\mathcal{M}'$  polinomial en el tamaño de  $\varphi$  y un estado  $w$  tal que  $\mathcal{M}', w \models \varphi$ .*

## Teorema

- *Model checking para  $L_{Kh_i}$  está en P.*
- *El problema de satisfacibilidad para  $L_{Kh_i}$  es NP-completo.*

# Resumen

- Lógicas **Knowing How** Multiagente **basadas en Incertidumbre**:



# Resumen

- Lógicas **Knowing How** Multiagente **basadas en Incertidumbre**:
  - Indistinguibilidad entre planes, para **múltiples agentes**.

# Resumen

- Lógicas **Knowing How** Multiagente **basadas en Incertidumbre**:
  - Indistinguibilidad entre planes, para **múltiples agentes**.
  - Describe otras razones de **no** "saber cómo".

# Resumen

- Lógicas **Knowing How** Multiagente **basadas en Incertidumbre**:
  - Indistinguibilidad entre planes, para **múltiples agentes**.
  - Describe otras razones de **no** "saber cómo".
  - Model checking está en P.

# Resumen

- Lógicas **Knowing How** Multiagente **basadas en Incertidumbre**:
  - Indistinguibilidad entre planes, para **múltiples agentes**.
  - Describe otras razones de **no** "saber cómo".
  - Model checking está en P.
  - El problema de satisfacibilidad es NP-completo.

# Resumen

- Lógicas **Knowing How** Multiagente **basadas en Incertidumbre**:
  - Indistinguibilidad entre planes, para **múltiples agentes**.
  - Describe otras razones de **no** "saber cómo".
  - Model checking está en P.
  - El problema de satisfacibilidad es NP-completo.

Además:

# Resumen

- Lógicas **Knowing How** Multiagente **basadas en Incertidumbre**:
  - Indistinguibilidad entre planes, para **múltiples agentes**.
  - Describe otras razones de **no** "saber cómo".
  - Model checking está en P.
  - El problema de satisfacibilidad es NP-completo.

Además:

- Sistema axiomático fuertemente completo.

# Resumen

- Lógicas **Knowing How** Multiagente **basadas en Incertidumbre**:
  - Indistinguibilidad entre planes, para **múltiples agentes**.
  - Describe otras razones de **no** "saber cómo".
  - Model checking está en P.
  - El problema de satisfacibilidad es NP-completo.

Además:

- Sistema axiomático fuertemente completo.
- Se puede recapturar la lógica basada en LTS en una clase de modelos LTS<sup>U</sup>.

# Resumen

- Lógicas **Knowing How** Multiagente **basadas en Incertidumbre**:
  - Indistinguibilidad entre planes, para **múltiples agentes**.
  - Describe otras razones de **no** "saber cómo".
  - Model checking está en P.
  - El problema de satisfacibilidad es NP-completo.

Además:

- Sistema axiomático fuertemente completo.
- Se puede recapturar la lógica basada en LTS en una clase de modelos LTS<sup>U</sup>.
- Una lógica débil pero más general.



# Trabajos futuros

- Combinar las modalidades **knowing how** + **knowing that**,

# Trabajos futuros

- Combinar las modalidades **knowing how** + **knowing that**,
- Investigar modalidades dinámicas para **learning/forgetting how**.

# Trabajos futuros

- Combinar las modalidades **knowing how** + **knowing that**,
- Investigar modalidades dinámicas para **learning/forgetting how**.
- Nociones de conocimiento colectivo, grupos de agentes.

# Trabajos futuros

- Combinar las modalidades **knowing how** + **knowing that**,
- Investigar modalidades dinámicas para **learning/forgetting how**.
- Nociones de conocimiento colectivo, grupos de agentes.
- Aprovechando la flexibilidad de nuestro framework:

# Trabajos futuros

- Combinar las modalidades **knowing how** + **knowing that**,
- Investigar modalidades dinámicas para **learning/forgetting how**.
- Nociones de conocimiento colectivo, grupos de agentes.
- Aprovechando la flexibilidad de nuestro framework:
  - Otras clases de modelos.

# Trabajos futuros

- Combinar las modalidades **knowing how** + **knowing that**,
- Investigar modalidades dinámicas para **learning/forgetting how**.
- Nociones de conocimiento colectivo, grupos de agentes.
- Aprovechando la flexibilidad de nuestro framework:
  - Otras clases de modelos.
  - Diferentes condiciones de ejecutabilidad.

# Trabajos futuros

- Combinar las modalidades **knowing how** + **knowing that**,
- Investigar modalidades dinámicas para **learning/forgetting how**.
- Nociones de conocimiento colectivo, grupos de agentes.
- Aprovechando la flexibilidad de nuestro framework:
  - Otras clases de modelos.
  - Diferentes condiciones de ejecutabilidad.
  - Otros axiomas.