

## 4. Técnicas de Equiparación

- La forma en que se extraen de un conjunto completo de reglas aquéllas que se aplican en un punto dado.
- Se necesita algún tipo de equiparación entre el estado actual de la BH y las condiciones de las reglas:
  - Una forma de seleccionar las reglas aplicables es haciendo una simple búsqueda a través de todas ellas, comparando cada una de las condiciones con el estado actual de BH, extrayendo todas las que se equiparan.

## 4 Técnicas de Equiparación

### Búsqueda Simple

- La forma en que se extraen de un conjunto completo de reglas aquéllas que se aplican en un punto dado.

R1: Si un animal tiene pelo, entonces es mamífero

R2: Si un animal da leche, entonces es mamífero

R3: Si un animal tiene plumas es un ave

R4: Si un animal vuela y pone huevos, es ave

R5: Si un animal come carne, es carnívoro

R6: Si un animal tiene dientes puntiagudos, tiene garras, tiene ojos al frente es carnívoro

R7: Si un animal mamífero tiene pezuñas es ungulado

R8: Si un animal mamífero rumia es ungulado

R9: Si un animal mamífero y carnívoro tiene color leonado con manchas oscuras se trata de un leopardo

R10: Si un animal mamífero y carnívoro tiene color leonado con rayas negras es un tigre

R11: Si un animal ungulado con cuello largo y piernas largas tienen manchas oscuras es una jirafa

R12: Si un animal es un ungulado con rayas negras es una cebra

R13: Si un animal es ave y no vuela y tiene el cuello largo y piernas largas de color blanco y negro es un avestruz

R14: Si un animal es ave, no vuela, nada, de color blanco y negro, se trata de un pinguino

**Pelo(Robi)**

**Plumas(Susi)**

**Color(Robi, leonado)**

**Color(Susi, blanco)**

## 4 Técnicas de Equiparación

### Búsqueda Simple

- La forma en que se extraen de un conjunto completo de reglas aquéllas que se aplican en un punto dado.

R1: Si un animal tiene pelo, entonces es mamífero

R2: Si un animal da leche, entonces es mamífero

R3: Si un animal tiene plumas es un ave

R4: Si un animal vuela y pone huevos, es ave

R5: Si un animal come carne, es carnívoro

R6: Si un animal tiene dientes puntiagudos, tiene garras, tiene ojos al frente es carnívoro

R7: Si un animal mamífero tiene pezuñas es ungulado

R8: Si un animal mamífero rumia es ungulado

R9: Si un animal mamífero y carnívoro tiene color leonado con manchas oscuras se trata de un leopardo

R10: Si un animal mamífero y carnívoro tiene color leonado con rayas negras es un tigre

R11: Si un animal ungulado con cuello largo y piernas largas tienen manchas oscuras es una jirafa

R12: Si un animal es un ungulado con rayas negras es una cebra

R13: Si un animal es ave y no vuela y tiene el cuello largo y piernas largas de color blanco y negro es un avestruz

R14: Si un animal es ave, no vuela, nada, de color blanco y negro, se trata de un pinguino

Pelo(Robi)

Plumas(Susi)

Color(Robi, leonado)

Color(Susi, blanco)

## 4 Técnicas de Equiparación

### Búsqueda Simple

- La forma en que se extraen de un conjunto completo de reglas aquéllas que se aplican en un punto dado.

R1: Si un animal tiene pelo, entonces es mamífero

R2: Si un animal da leche, entonces es mamífero

R3: Si un animal tiene plumas es un ave

R4: Si un animal vuela y pone huevos, es ave

R5: Si un animal come carne, es carnívoro

R6: Si un animal tiene dientes puntiagudos, tiene garras, tiene ojos al frente es carnívoro

R7: Si un animal **mamífero** tiene pezuñas es ungulado

R8: Si un animal **mamífero** rumia es ungulado

R9: Si un animal **mamífero** y carnívoro tiene **color leonado** con manchas oscuras se trata de un leopardo

R10: Si un animal **mamífero** y carnívoro tiene **color leonado** con rayas negras es un tigre

R11: Si un animal ungulado con cuello largo y piernas largas tienen manchas oscuras es una jirafa

R12: Si un animal es un ungulado con rayas negras es una cebra

R13: Si un animal **es ave** y no vuela y tiene el cuello largo y piernas largas de color blanco y negro es un avestruz

R14: Si un animal **es ave**, no vuela, nada, de color blanco y negro, se trata de un pinguino

**Pelo(Robi)**

**Mamifero(Robi)**

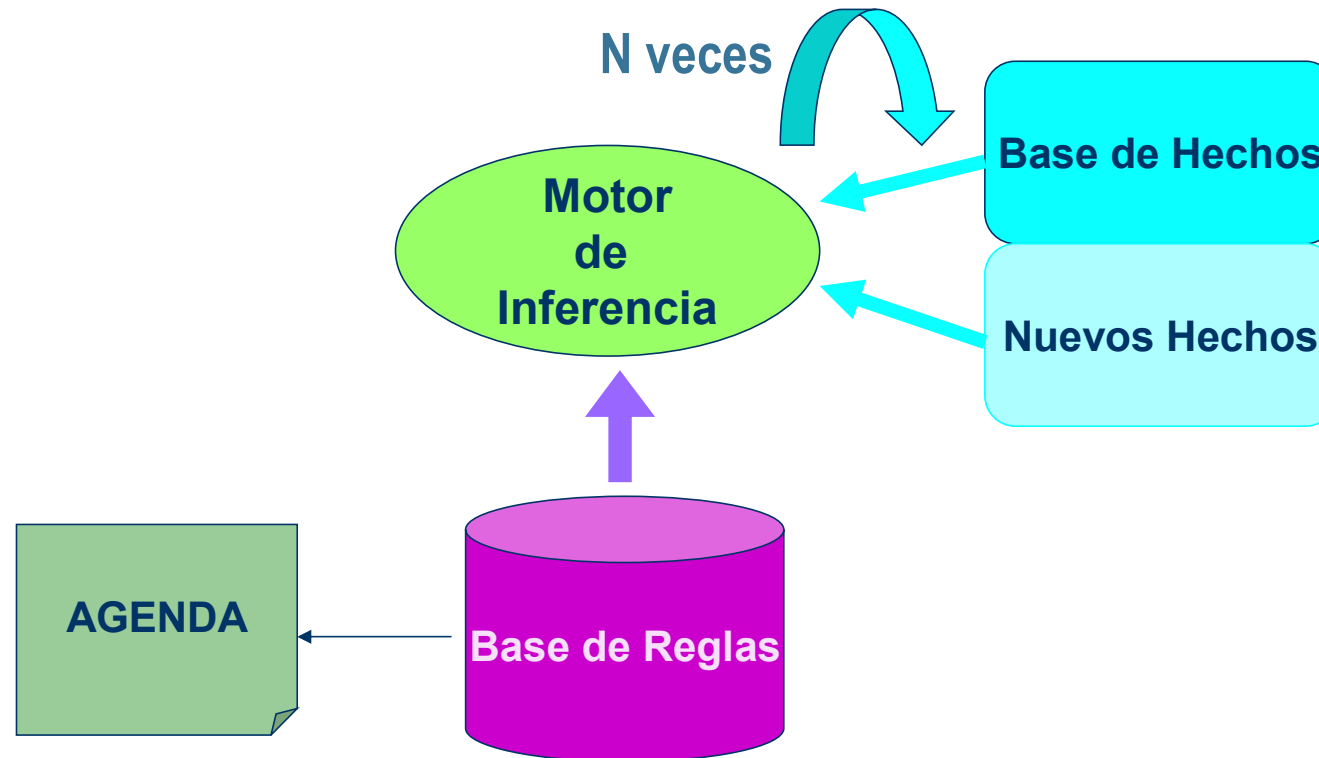
**Plumas(Susi)**

**Ave(Susi)**

**Color(Robi, leonado)**

**Color(Susi, blanco)**

## 4 Técnicas de Equiparación Búsqueda Simple



## 4 Técnicas de Equiparación

### RETE, *Red de Redundancia Temporal*

- **RETE** : Encadenamiento hacia delante
  - Construye una red en función de la BR.
  - Permanece en memoria mientras el sistema esté en ejecución.
  - Mantiene información sobre los antecedentes que se cumplen en las reglas.
  - Actualiza la red al inferir un nuevo hecho.



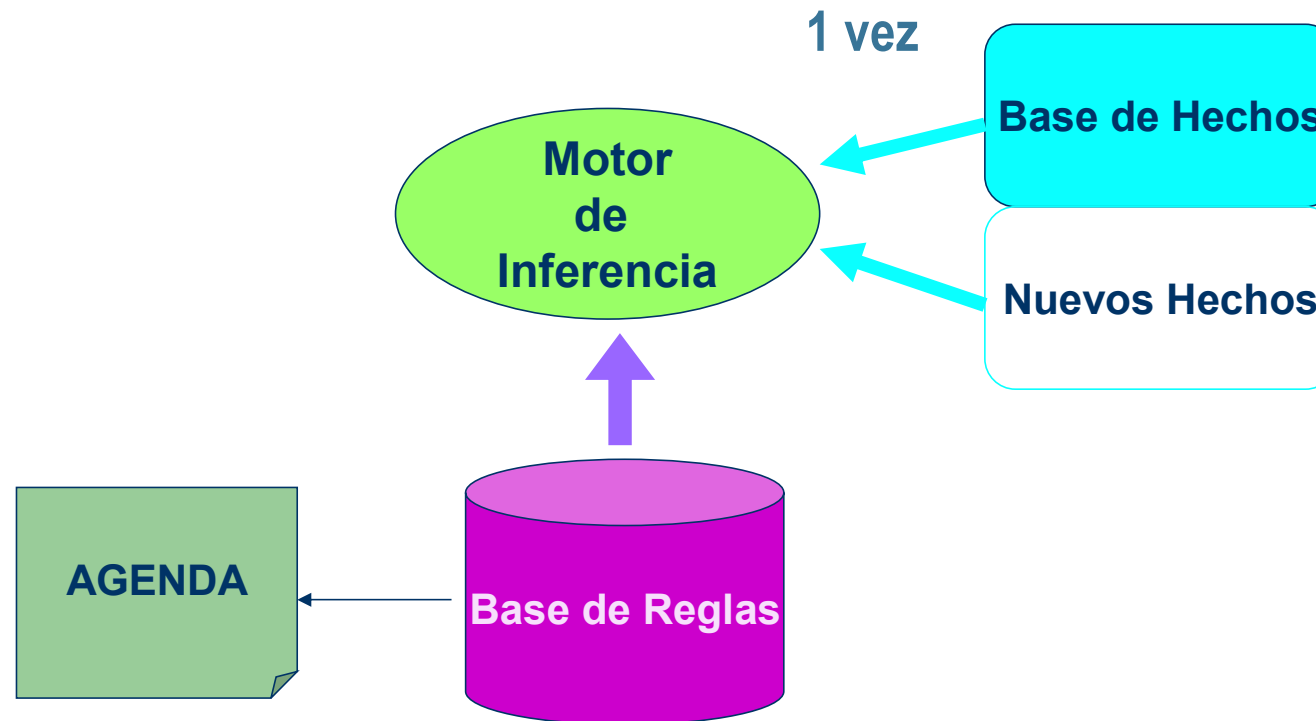
Charles L. Forgy, Artificial Intelligence 19 (1982), 17-37.

## 4 Técnicas de Equiparación

### RETE

- Optimiza la construcción de la agenda en cada vuelta del ciclo de ejecución.
  - El disparo de una regla produce, generalmente, pocos cambios en la memoria de trabajo.
  - Se suele utilizar un mismo patrón de hecho en varias reglas.
- Construye y mantiene el grafo enraizado, dirigido y acíclico:
  - Nodos: Representan patrones de hechos.
  - Caminos: Representan las condiciones de una regla.

## 4 Técnicas de Equiparación RETE





## Ejemplo RETE

Para cada regla se construye la **Red de Patrones** y la **Red de Enlace**

### Base de Reglas

- R1: **Si**  $p(?X)$  **y**  $q(?X, ?Y)$  **entonces**  $r(?X)$
- R2: **Si**  $q(a, ?T)$  **y**  $r(?T)$  **entonces**  $s(?T)$
- R3: **Si**  $p(?X)$  **y**  $q(?X, ?L)$  **y**  $s(?L)$  **entonces**  $r(?L)$

# Rete

Cada argumento de un hecho se asocia a una variable, que se va numerando consecutivamente según su posición dentro del hecho (o la plantilla):

$p(?X)$

p.var1

$q(?X, ?Y)$

q.var1

q.var2

$q(a, ?T)$

q.var1

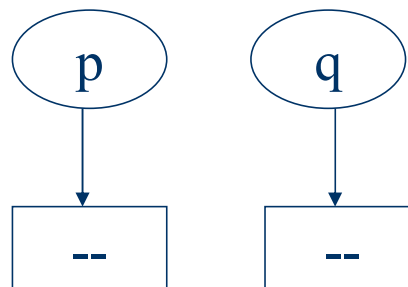
q.var2

## Ejemplo RETE: Construcción de la Red

- Red de Patrones: contiene nodos de una entrada con las restricciones que cada hecho establece.

R1: Si  $p(?X)$  y  $q(?X,?Y)$  entonces  $r(?X)$

Red de  
Patrones



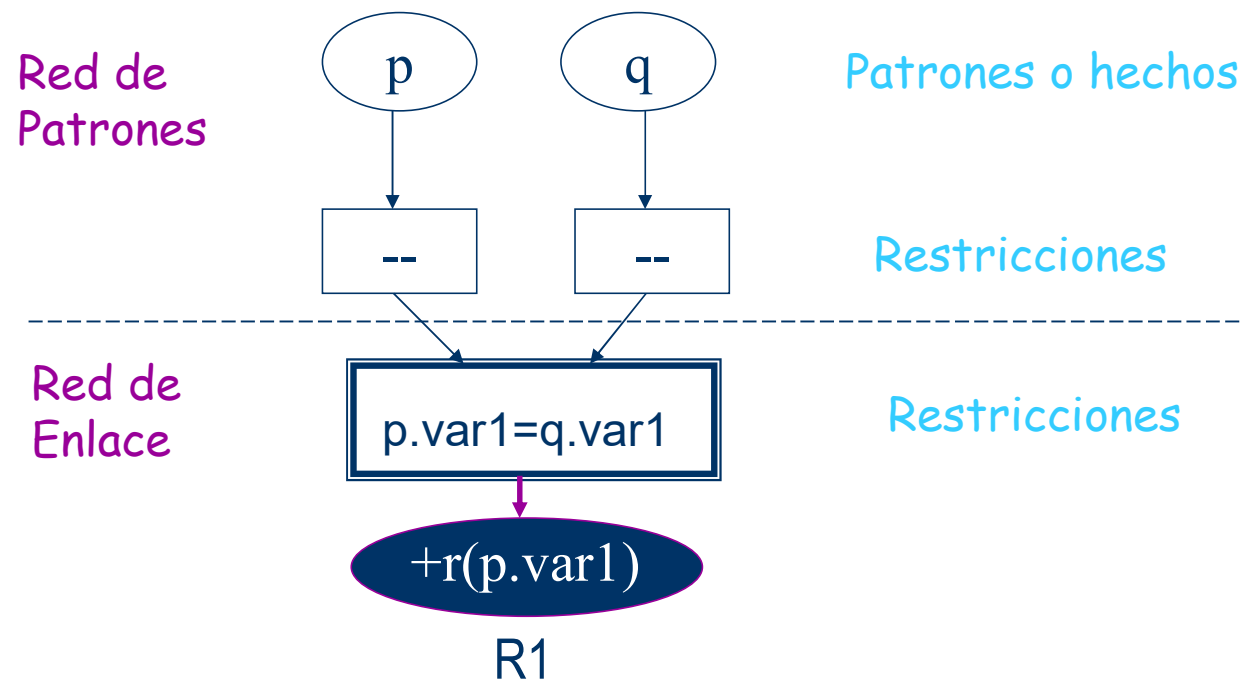
Patrones o hechos

Restricciones

## Ejemplo RETE: Construcción de la Red

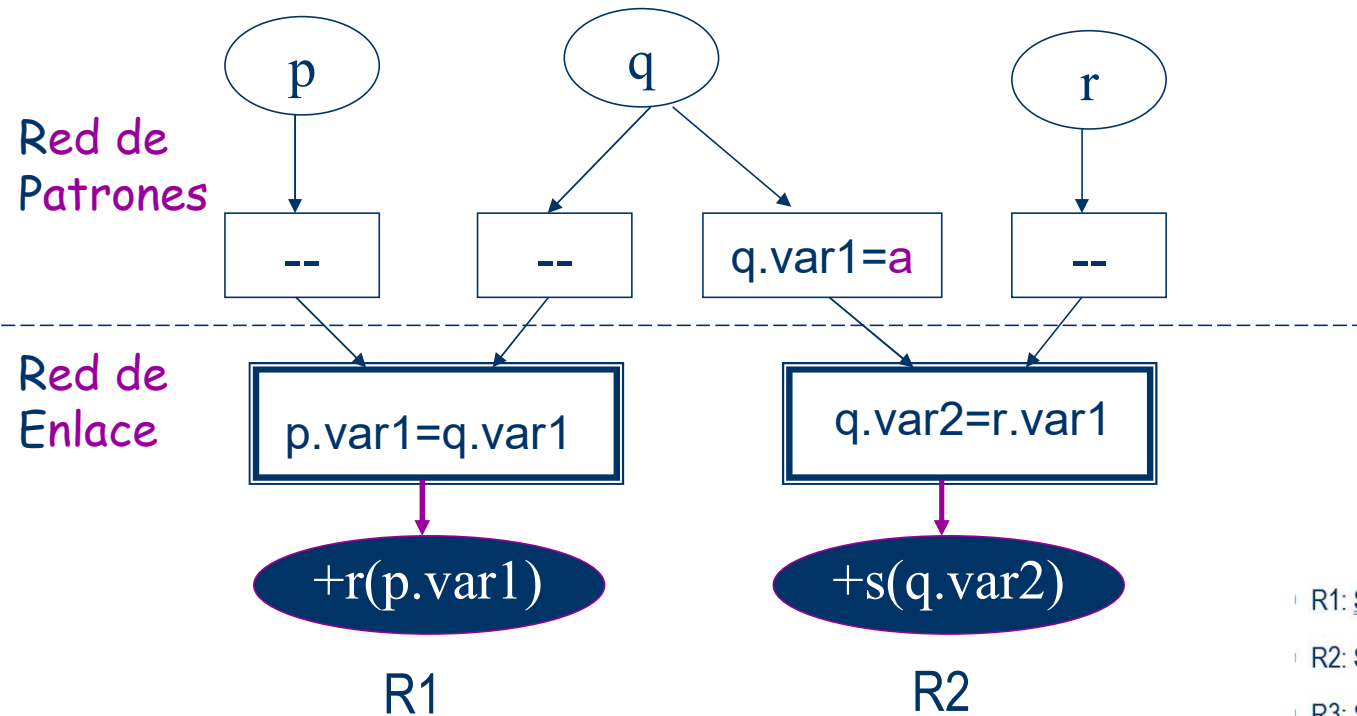
- Red de Enlace: contiene nodos de doble entrada que unen los patrones.

- R1: Si  $p(?X)$  y  $q(?X, ?Y)$  entonces  $r(?X)$



# Ejemplo RETE: Construcción de la Red

R2: Si  $q(a, ?T)$  y  $r(?T)$  entonces  $s(?T)$



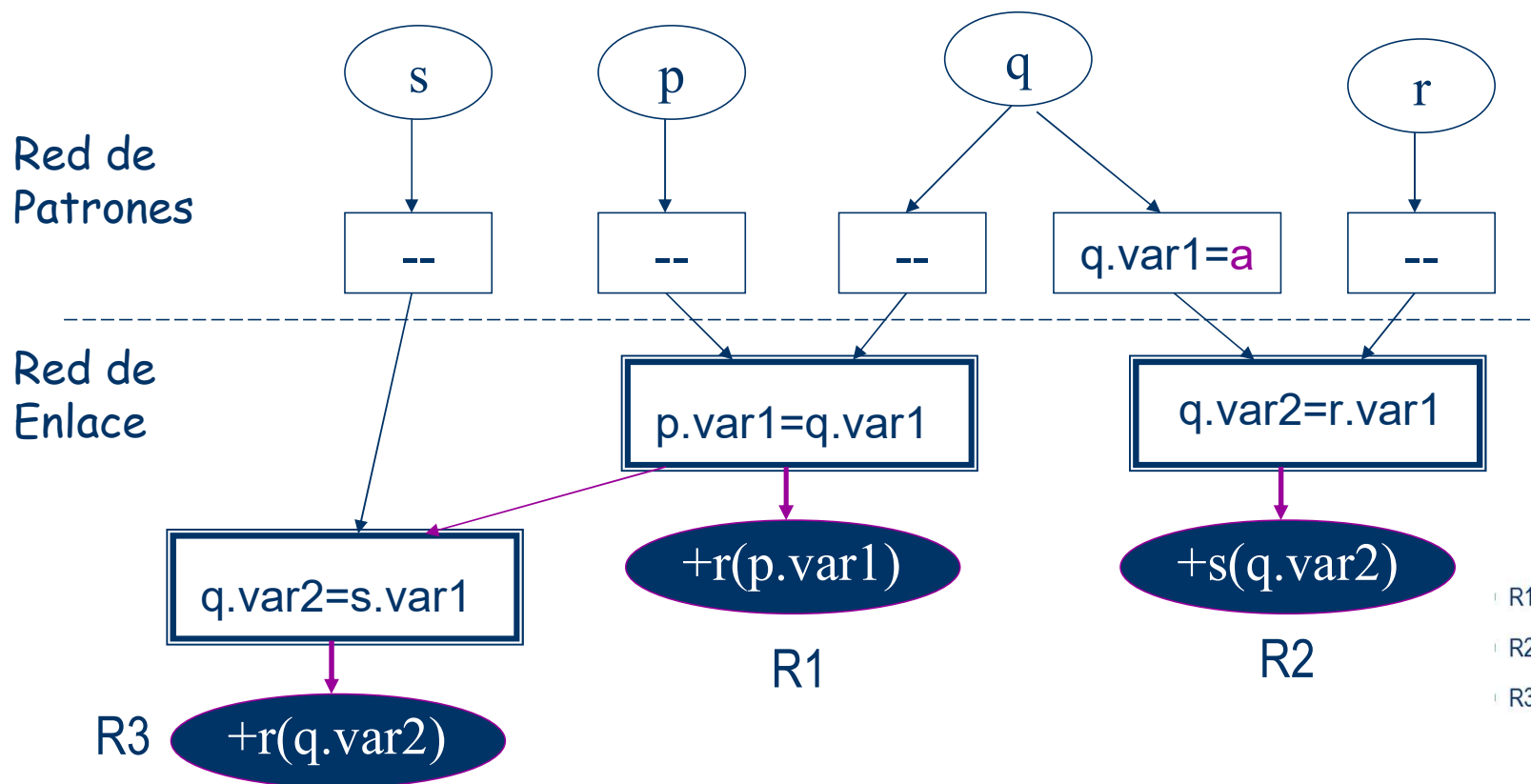
R1: Si  $p(?X)$  y  $q(?X, ?Y)$  entonces  $r(?X)$

R2: Si  $q(a, ?T)$  y  $r(?T)$  entonces  $s(?T)$

R3: Si  $p(?X)$  y  $q(?X, ?L)$  y  $s(?L)$  entonces  $r(?L)$

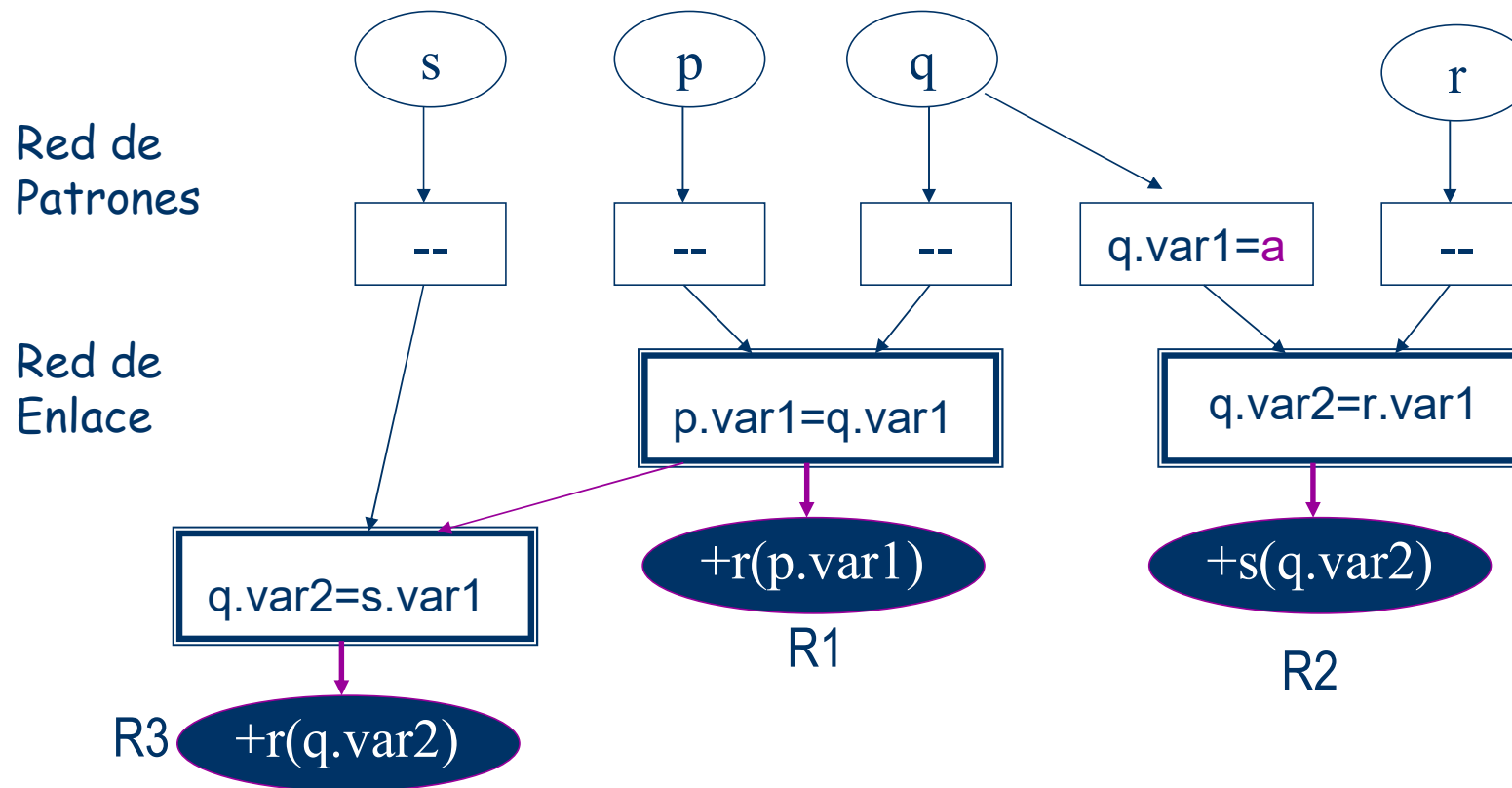
# Ejemplo RETE: Construcción de la Red

R3: Si  $p(?X)$  y  $q(?X,?L)$  y  $s(?L)$  entonces  $r(?L)$



- R1: Si  $p(?X)$  y  $q(?X,?Y)$  entonces  $r(?X)$
- R2: Si  $q(a,?T)$  y  $r(?T)$  entonces  $s(?T)$
- R3: Si  $p(?X)$  y  $q(?X,?L)$  y  $s(?L)$  entonces  $r(?L)$

# Ejemplo RETE: Uso de la Red



**(RESET)**

Base de Hechos  
INICIALES

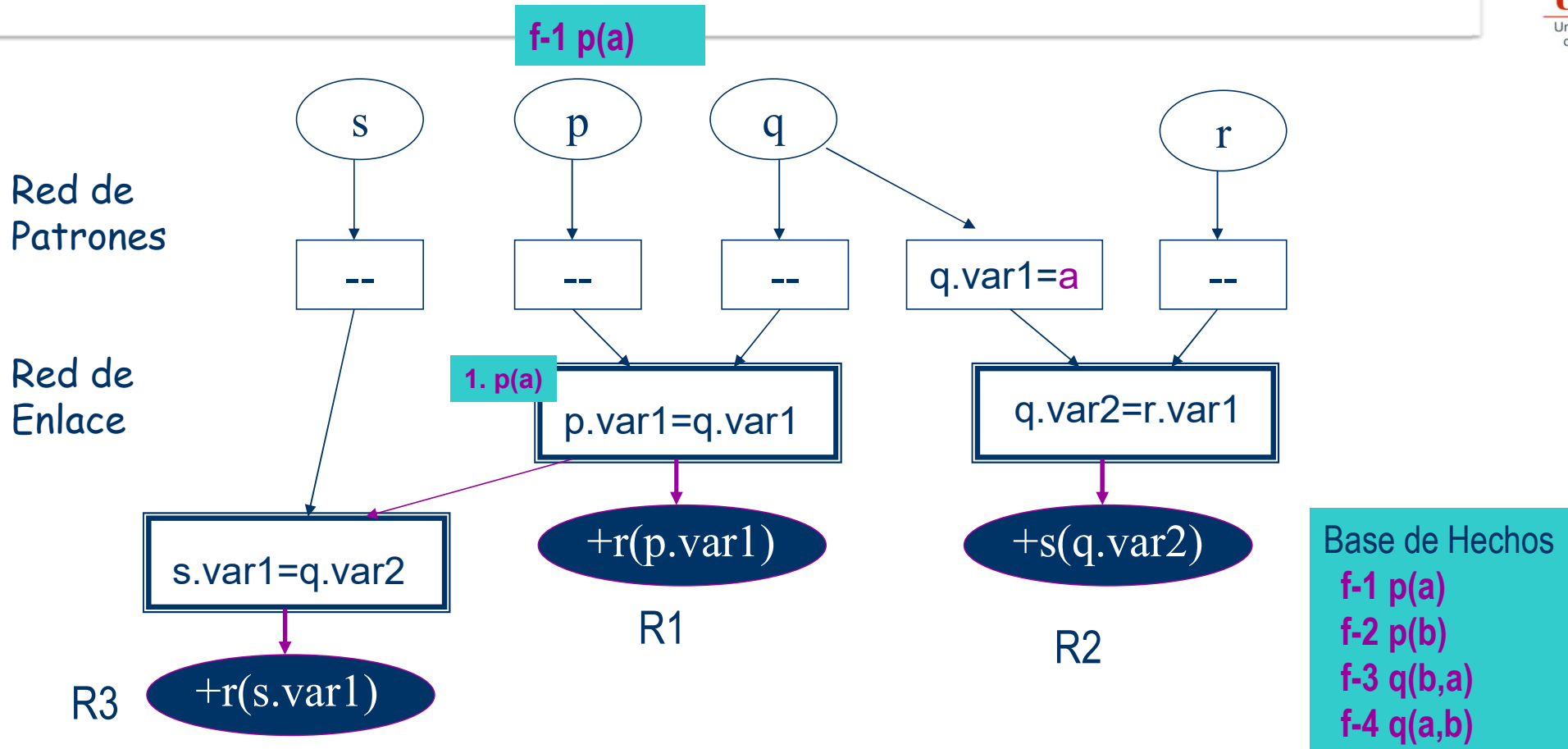
f-1 p(a)

f-2 p(b)

f-3 q(b,a)

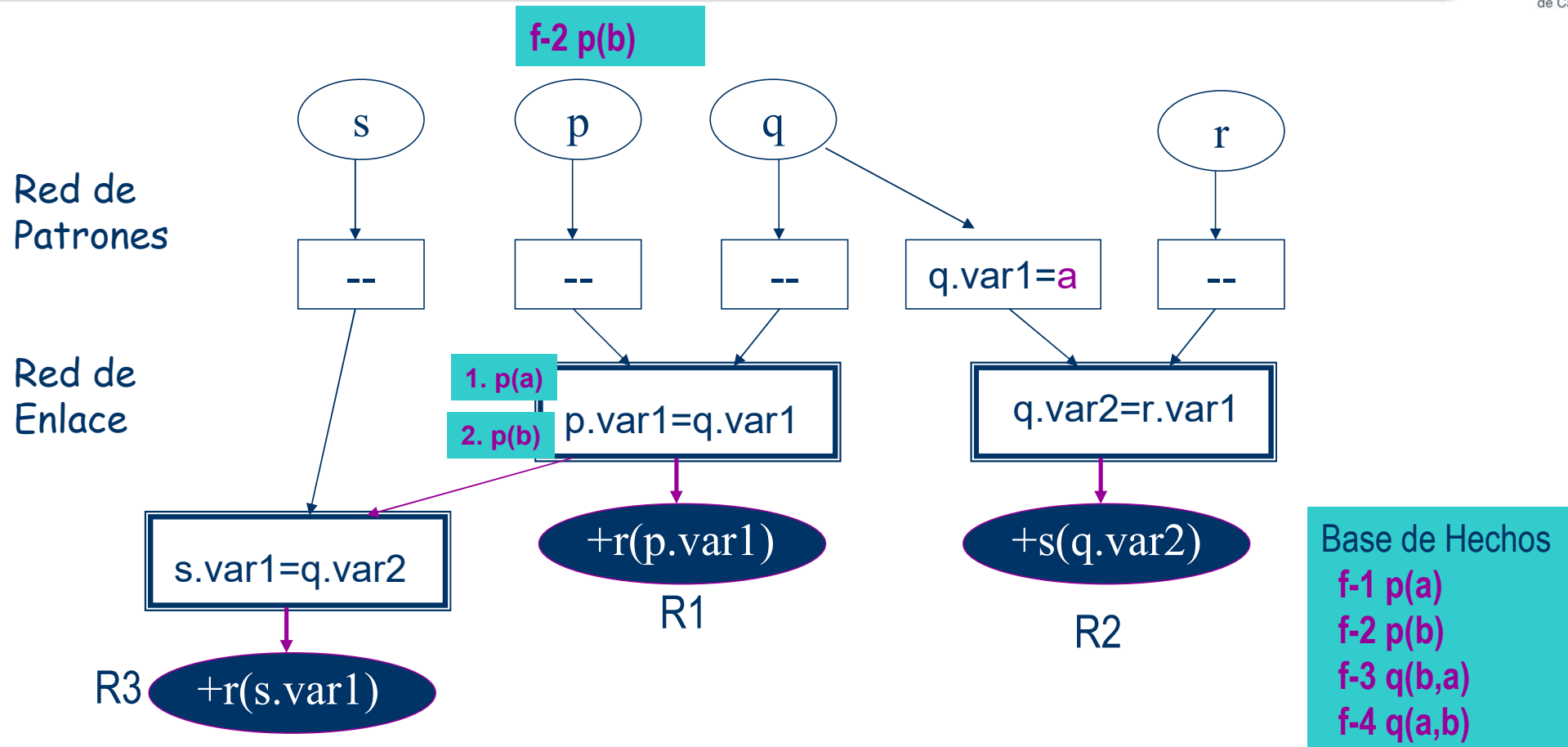
f-4 q(a,b)

# Ejemplo RETE: Uso de la Red

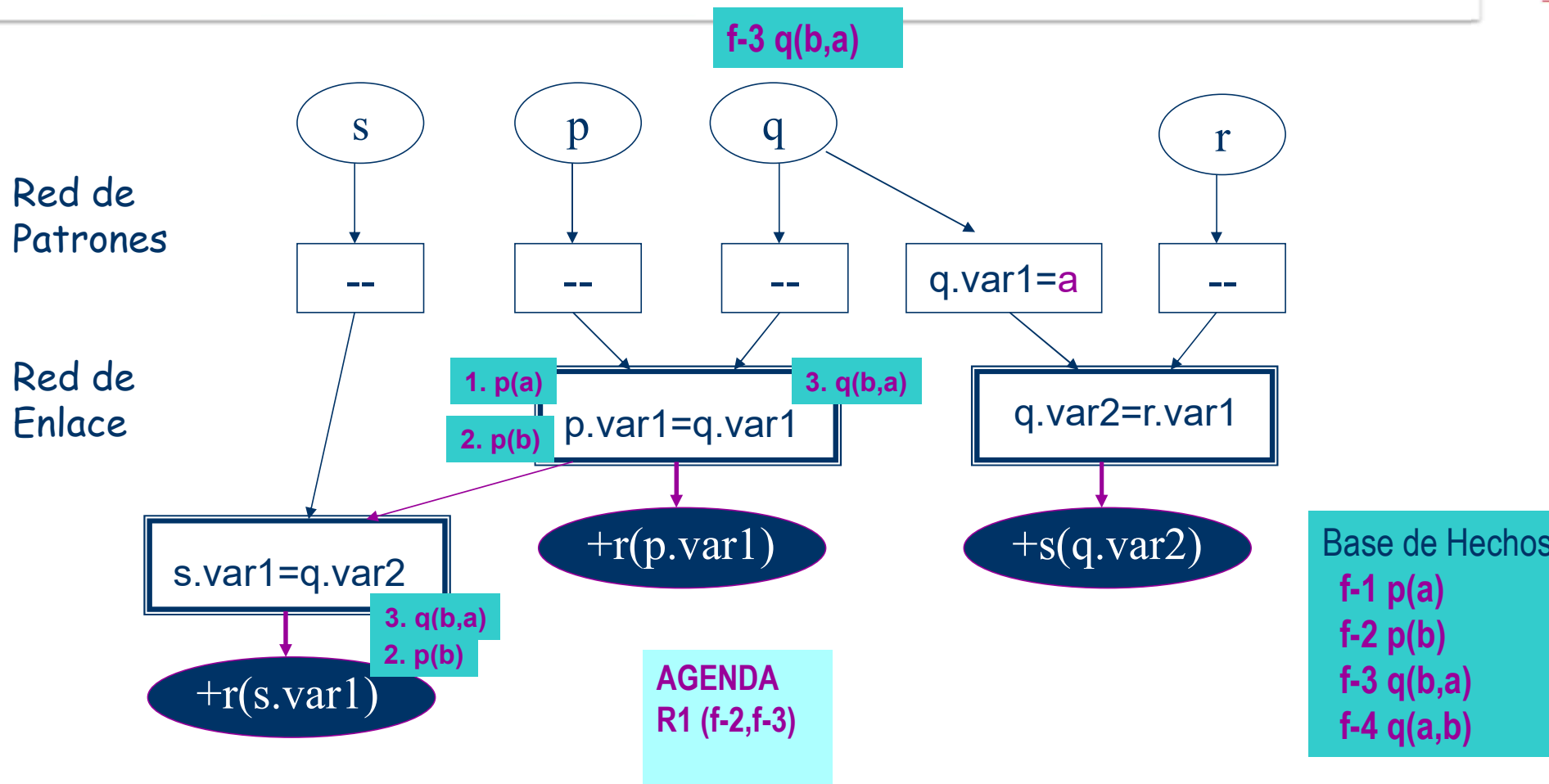




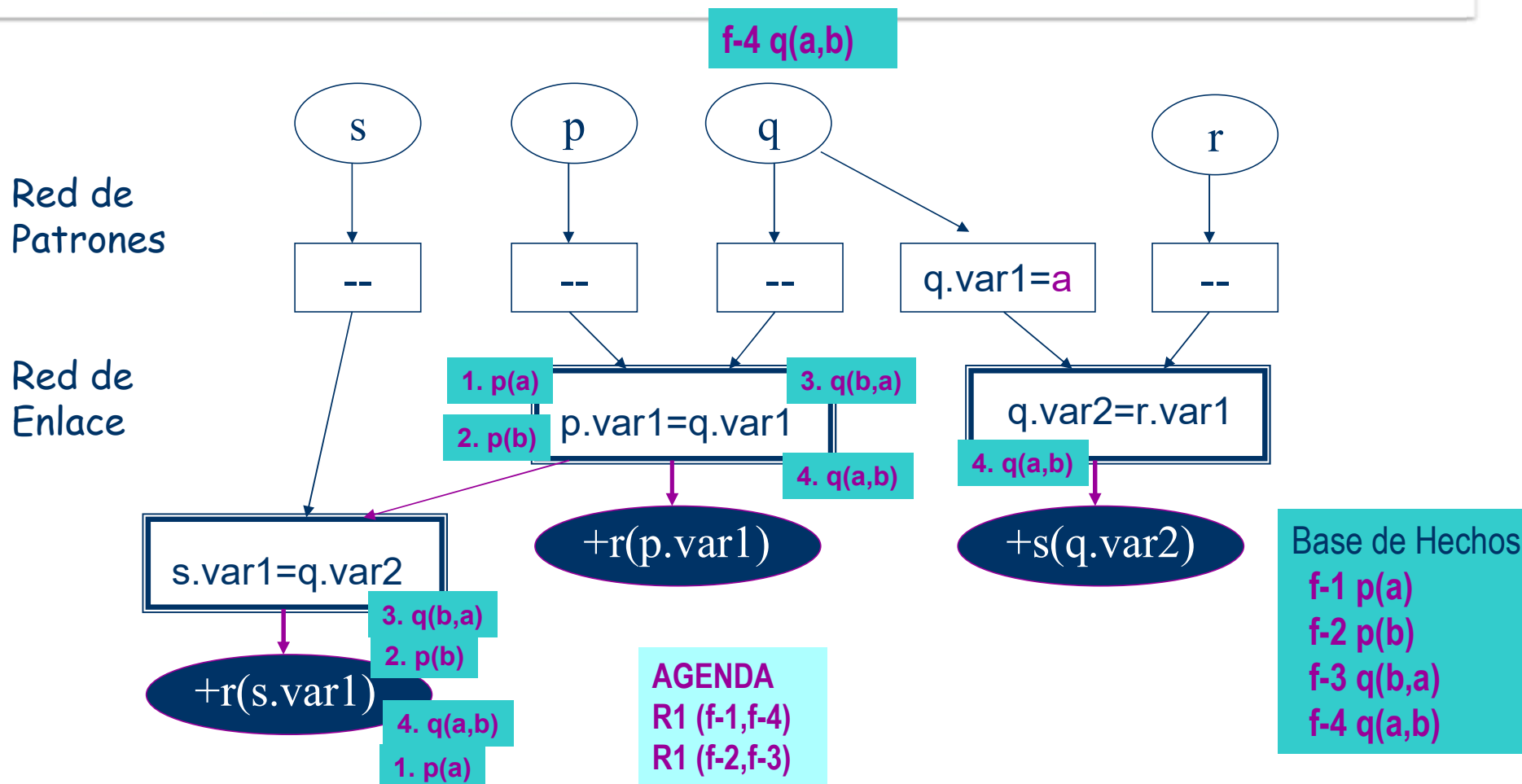
# Ejemplo RETE: Uso de la Red



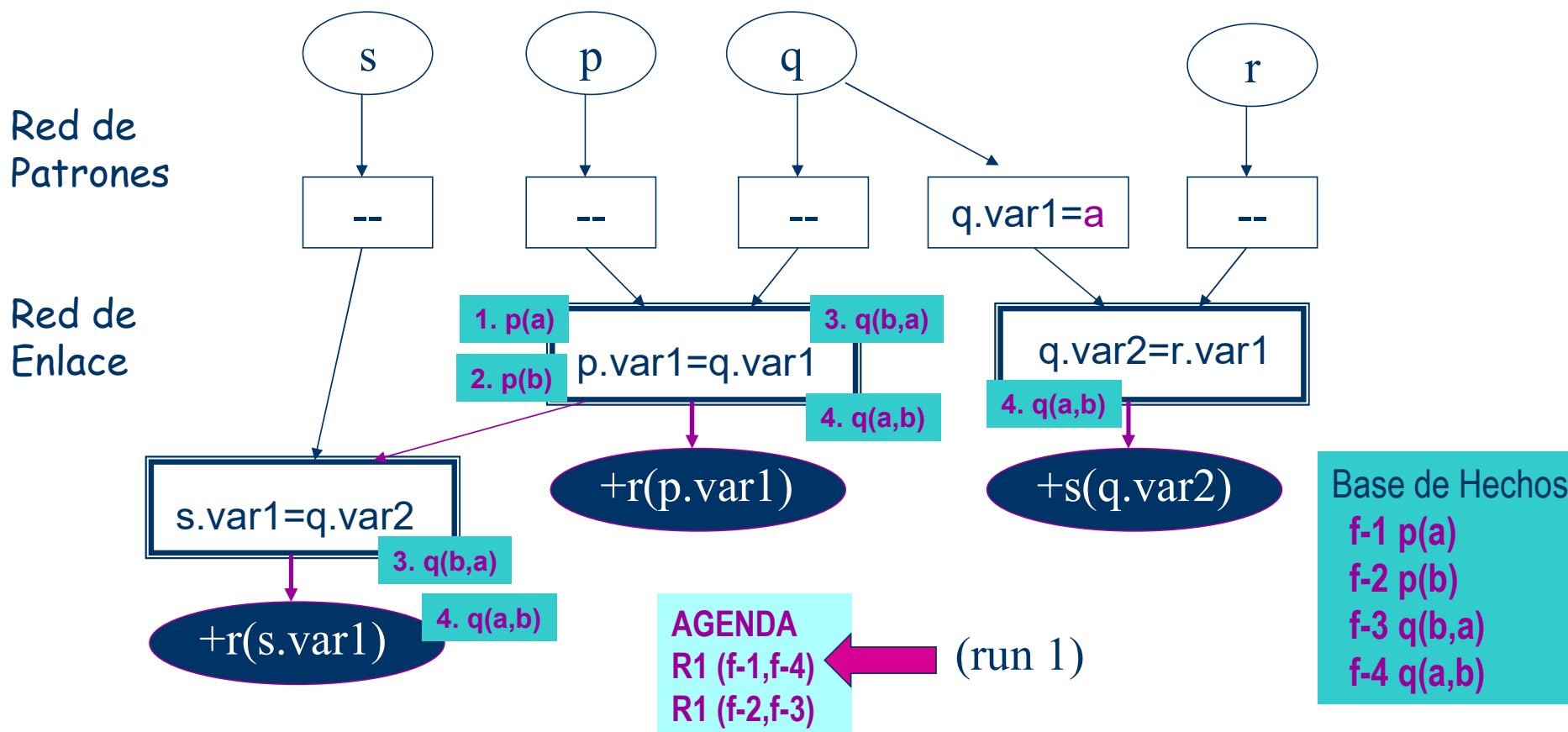
# Ejemplo RETE: Uso de la Red



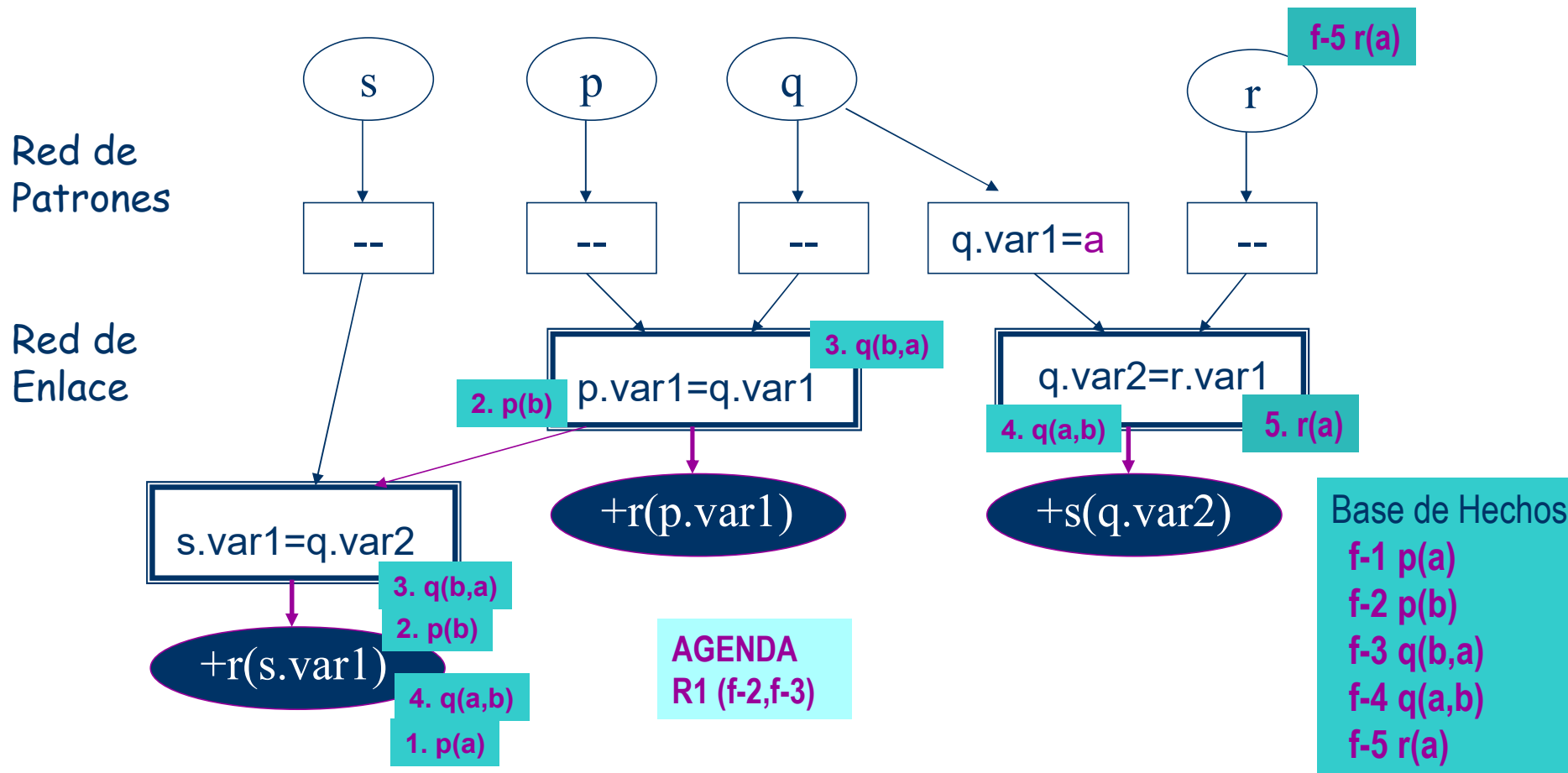
# Ejemplo RETE: Uso de la Red



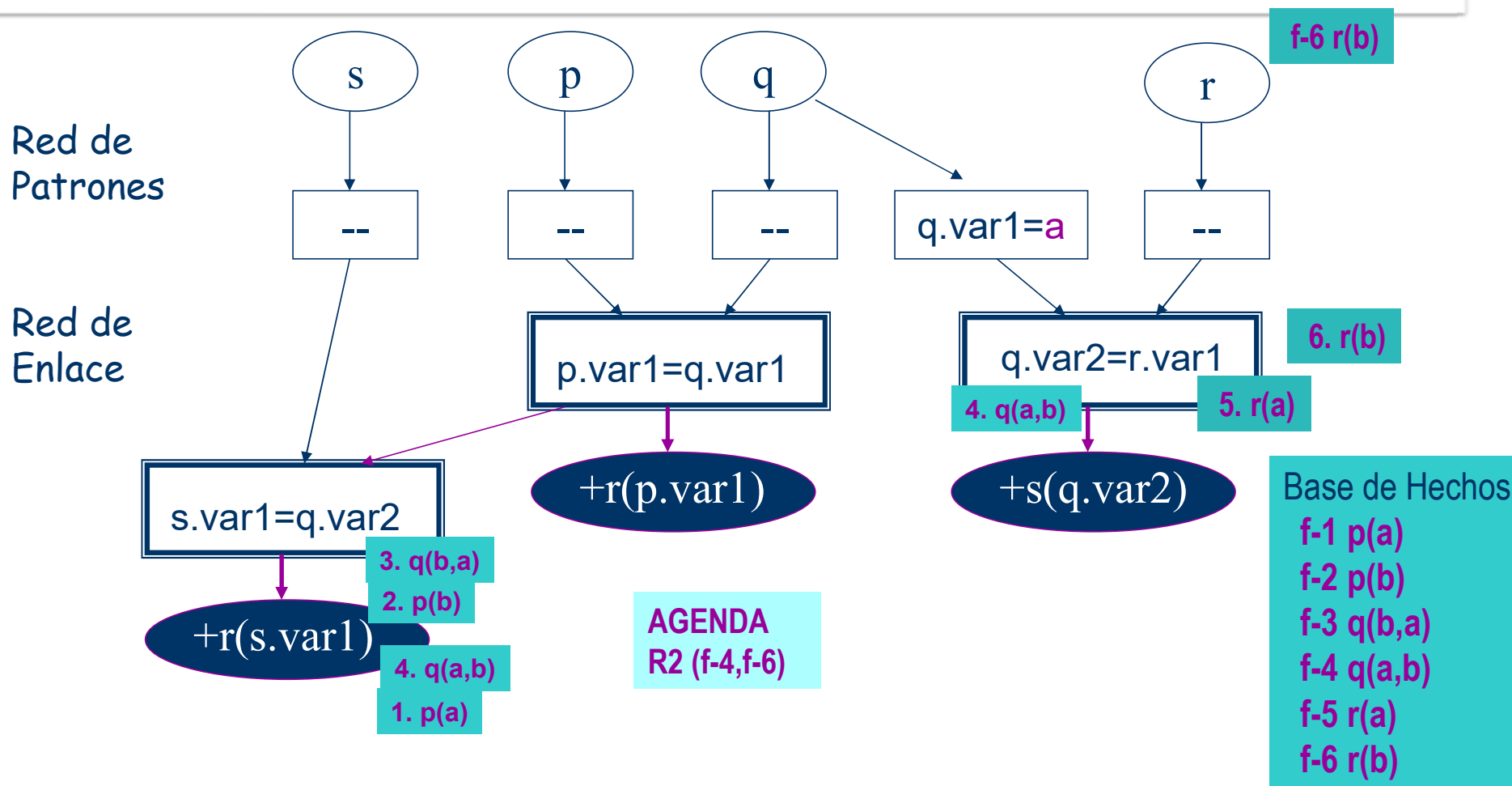
# Ejemplo RETE: Uso de la Red



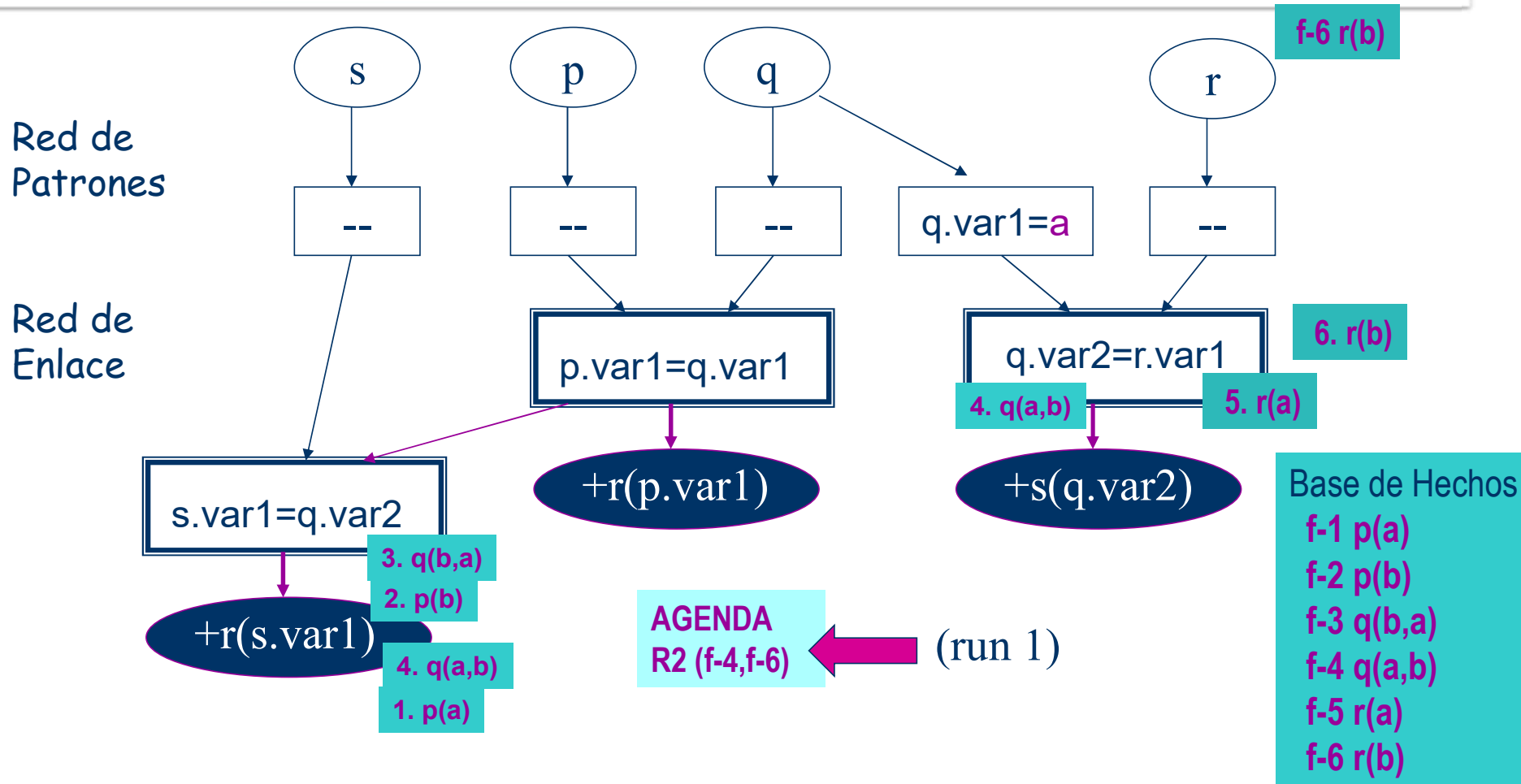
# Ejemplo RETE: Uso de la Red



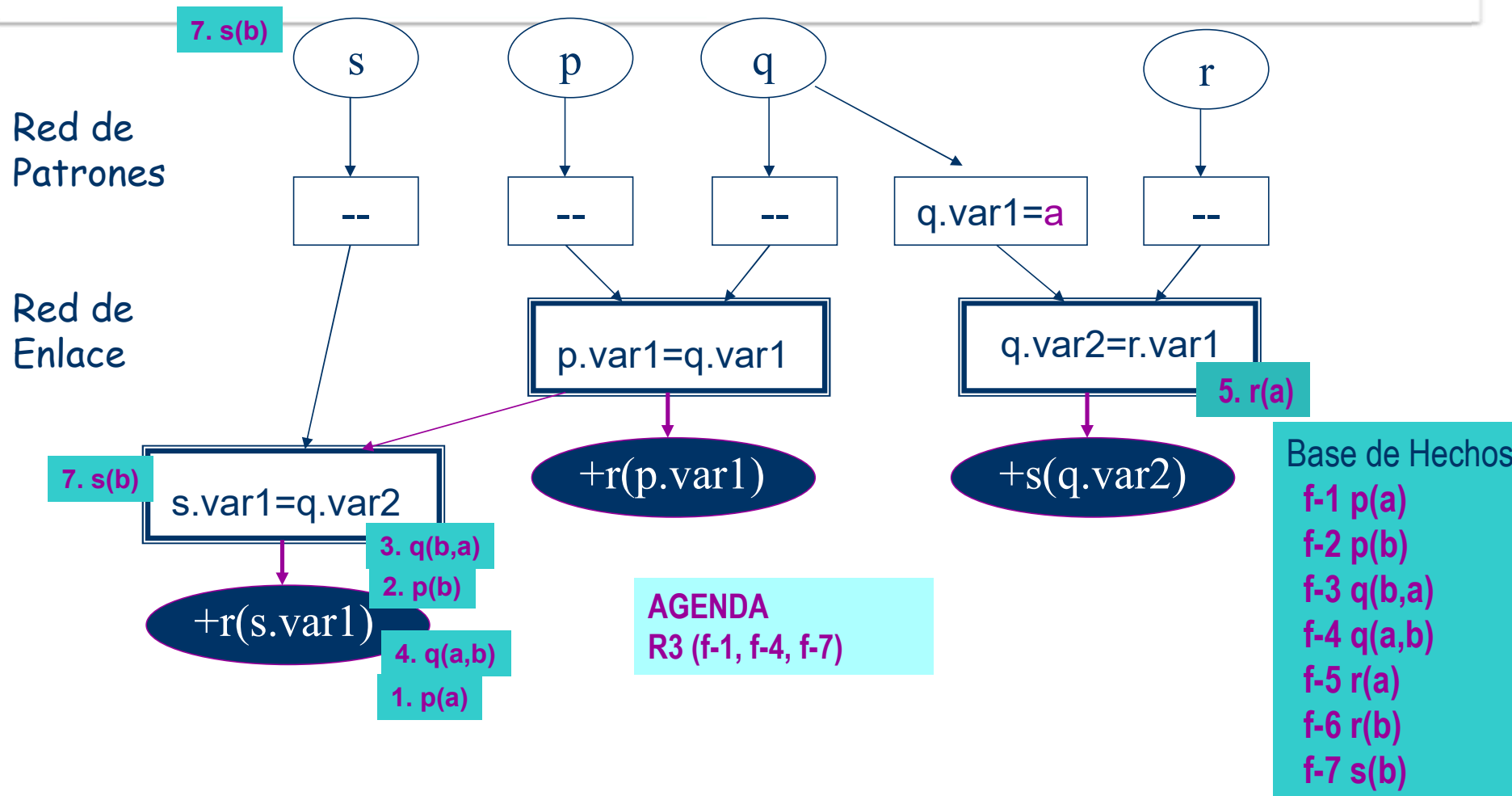
# Ejemplo RETE: Uso de la Red



# Ejemplo RETE: Uso de la Red

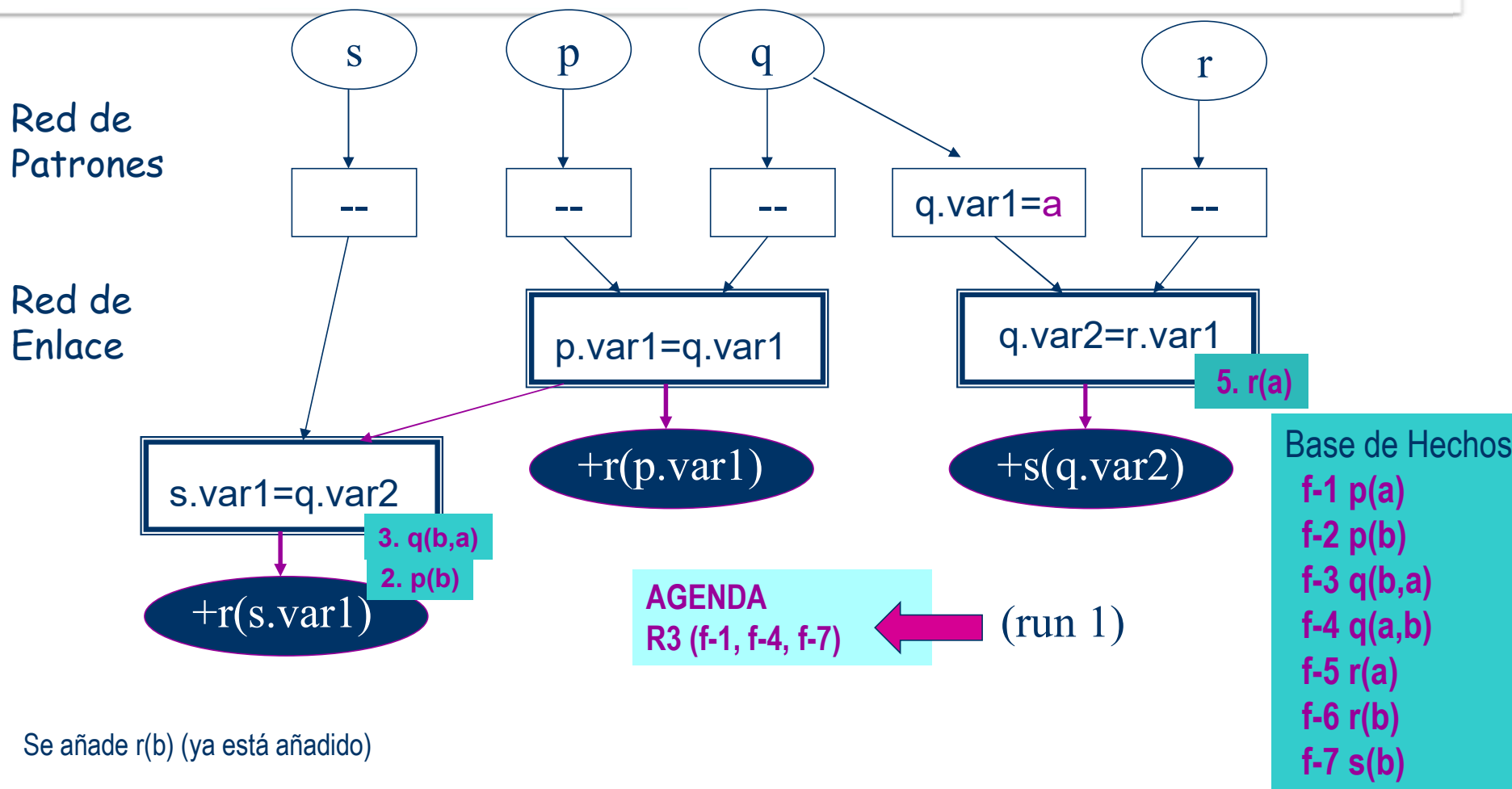


# Ejemplo RETE: Uso de la Red





# Ejemplo RETE: Uso de la Red



# Algoritmo RETE...

## Desventajas

- Consume gran cantidad de memoria para incrementar velocidad de procesamiento.

## Ventajas

- Elimina la duplicidad en la reglas.
- La fase de resolución de conflictos sirve para decidir cuál de las sugerencias se va a aceptar.

## Ejercicio Propuesto

- Dado la siguiente Base de Reglas
  - Implementar en CLIPS el SBR
  - Construir la Red de Redundancia Temporal (RETE)
  
- Realizar la traza de ejecución correspondiente con la red construida, la base de hechos y aplicando las siguientes estrategias de Resolución de Conflictos:
  - Especificidad
  - Refracción

# Ejemplo 1

## (defrule R1

(Vuela ?x) (PoneHuevos ?x)  
⇒(assert (Ave ?x)))

## (defrule R2

(Ave ?x) (Patras ?x Largas) (Color ?x Rosa)  
⇒(assert (Flamenco ?x)))

## (defrule R3

(Ave ?x) (Pico ?x Largo) (Bolsa ?x Amarilla)  
⇒(assert ( ?x Pelicano)))

- (Color Rosa Especie1)
- (Color Amarillo Fido)
- (Vuela Especie1)
- (Pone Huevos Especie1)
- (Patras Largas Especie1)
- (Patras Largas Paca)
- (Rayas Negras Fido)
- (Carnívoro Fido)

## Bibliografía

- Borrajo D., Juristo N., Martínez V. y Pazos J.: Inteligencia Artificial. Métodos y Técnicas, Centro de Estudios Universitarios Ramón Areces, Madrid, 1993.
- Rich E. y Knight K.: Inteligencia Artificial. McGraw-Hill, 1994
- Fernández S., González J. y Mira J. :Problemas Resueltos de Inteligencia Artificial Aplicada. Búsqueda y Representación. Pearson, Madrid, 2003.
- Calvo Cuenca, A. , García Martínez, C. González Espejo, P.: Programación en lenguaje CLIPS. Centro de Estudios Ramón Areces, 2008
- Giarratano J., Riley G.: Sistemas expertos : principios y programación. International Thomson Editores, 2000

## REFERENCIAS

1. **Pajares G.** y Santos Peñas M.: *Inteligencia artificial e ingeniería del conocimiento*, Ra-Ma, Madrid 2005
2. **Rich E.** y Knight K.: *Inteligencia Artificial*. McGraw-Hill, 1994
3. **Borrajo D.**, Juristo N., Martínez V. y Pazos J.: *Inteligencia Artificial. Métodos y Técnicas*, Centro de Estudios Universitarios Ramón Areces, Madrid, 1993.
4. **Escolano F.**, Cazorla M.A., Alfonso M.I., Colomina O. y Lozano M.A. *Inteligencia Artificial. Modelos, técnicas y áreas de aplicación*.