

# Fundamentos de Algoritmos y Computabilidad

- \* Máquinas de Turing
- \* Diseño de máquinas de Turing

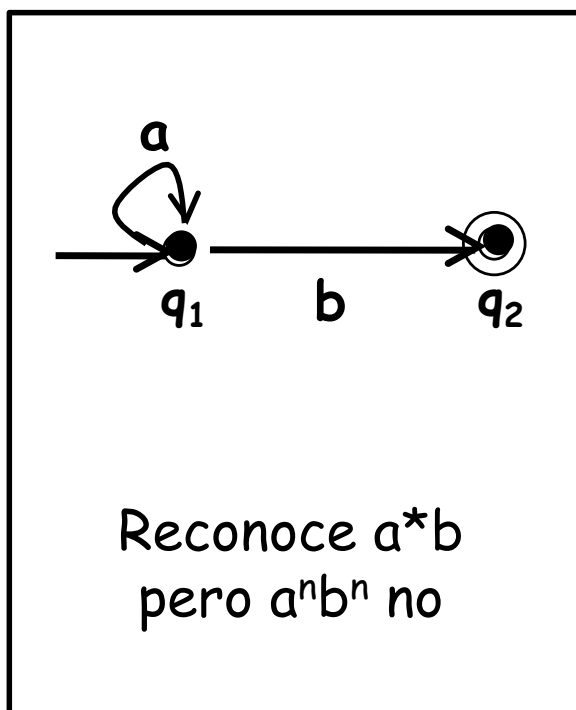
# Máquinas de Turing

---

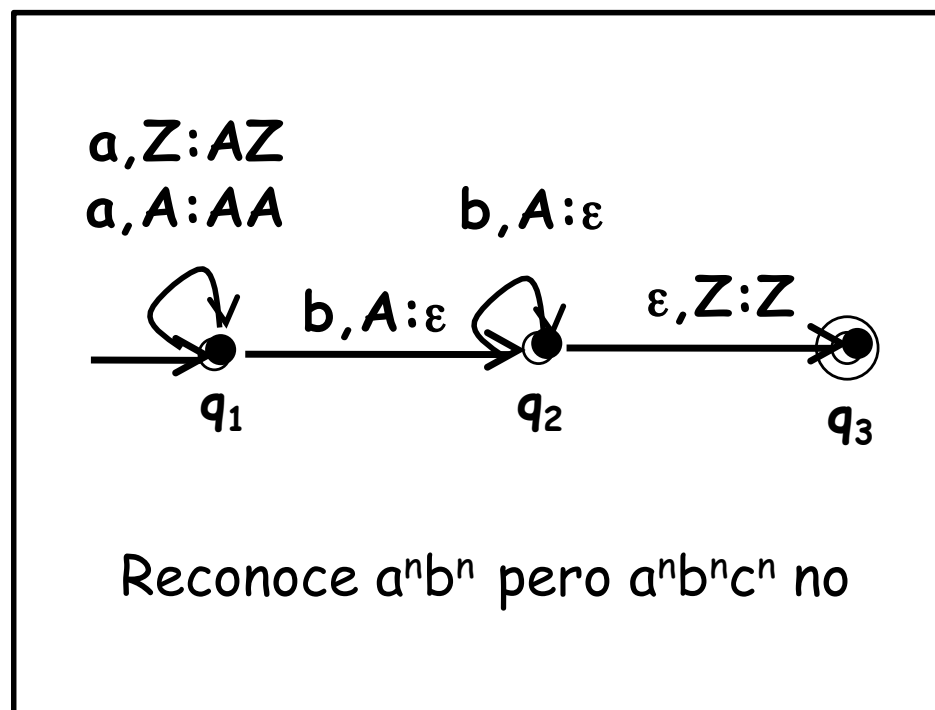
Tipo	Lenguajes	Tipo de máquina	Normas para la gramática
0	Recursivamente enumerables	Máquina de Turing	No restringida
1	Sensibles al contexto	Autómata lineal acotado	$\alpha \rightarrow \beta,  \alpha  \leq  \beta $
2	Independientes del contexto	Autómata de pila	$A \rightarrow \gamma$
3	Regulares	Autómata finito	$A \rightarrow aB$ $A \rightarrow a$

# Máquinas de Turing

## Máquinas de Turing



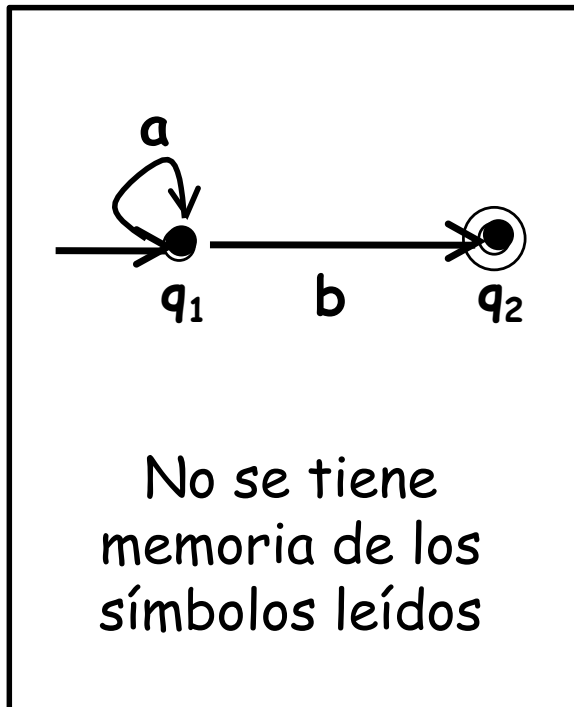
**Autómata finito**



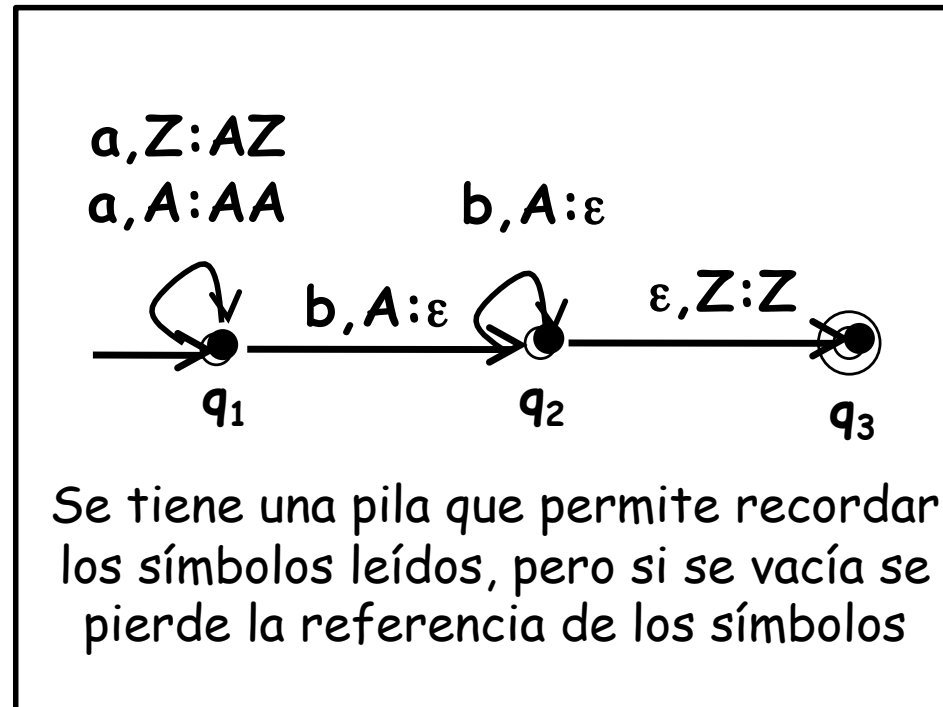
**Autómata de pila**

# Máquinas de Turing

## Máquinas de Turing



**Autómata finito**



**Autómata de pila**

# Máquinas de Turing

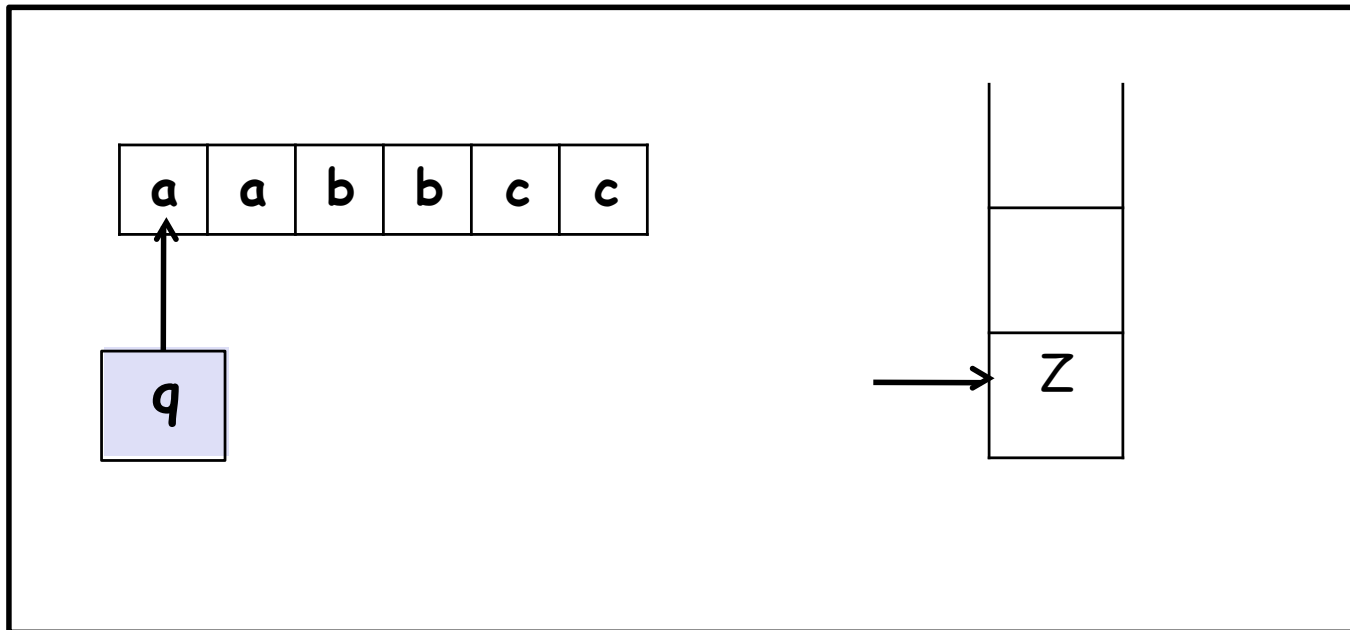
---

## Máquinas de Turing

- Permite que la pila sea "recorrida" sin tener que desapilar nada

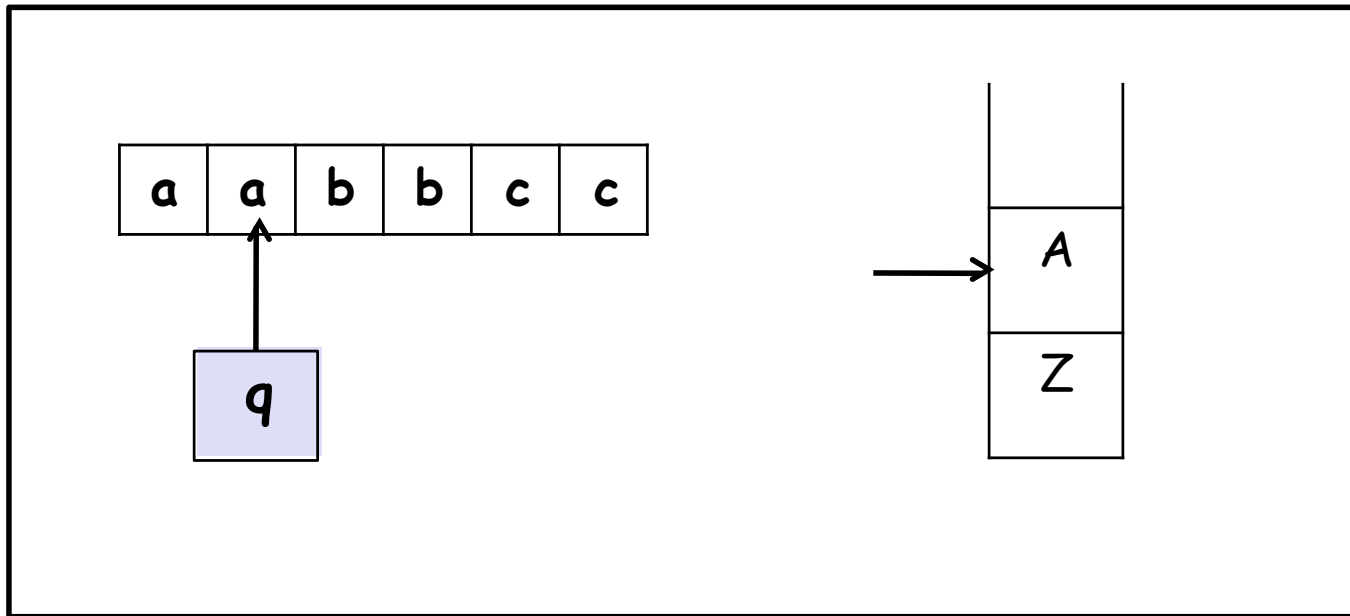
# Máquinas de Turing

---



# Máquinas de Turing

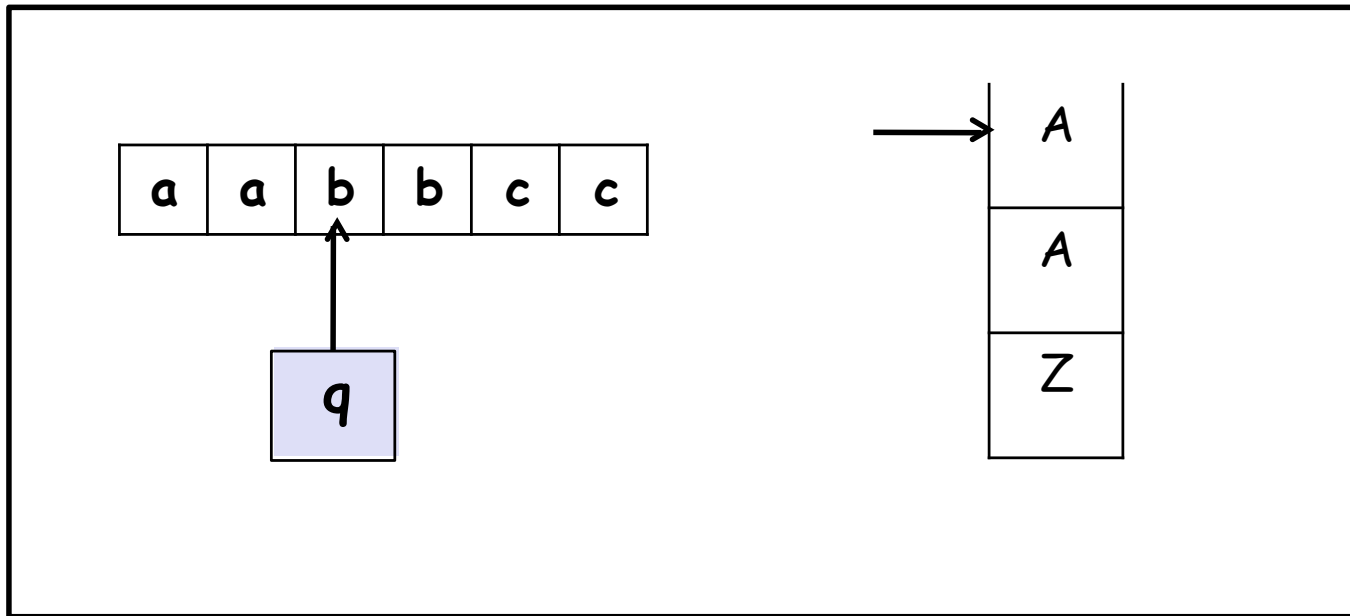
---





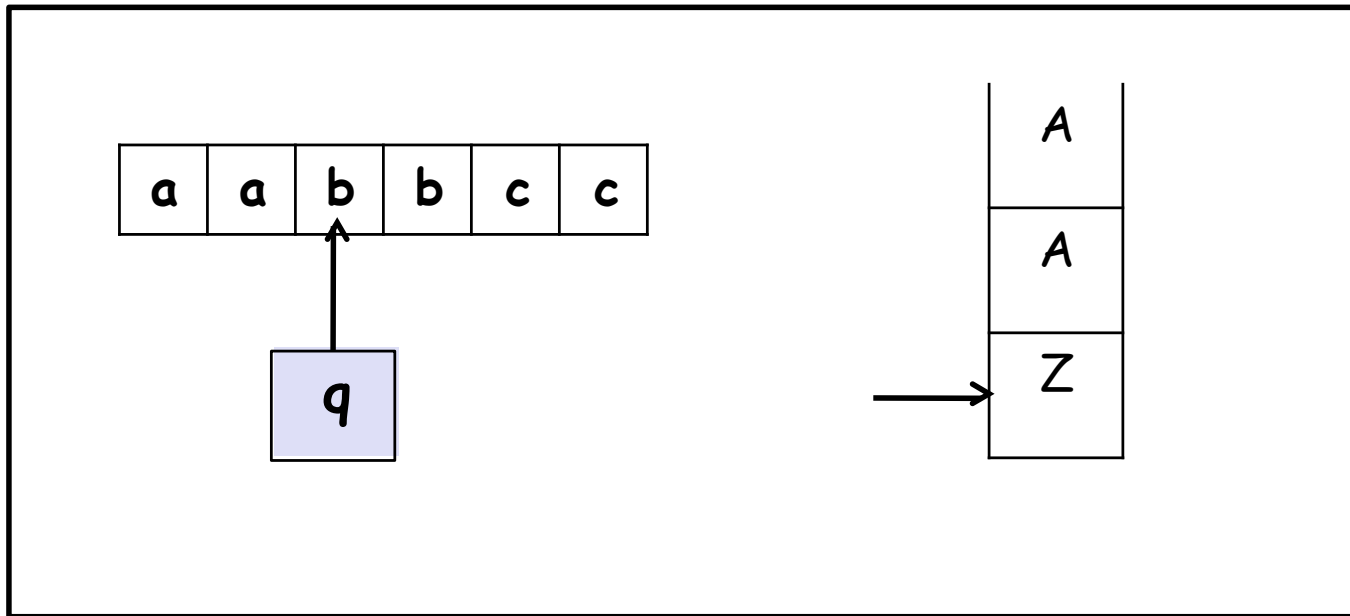
# Máquinas de Turing

---



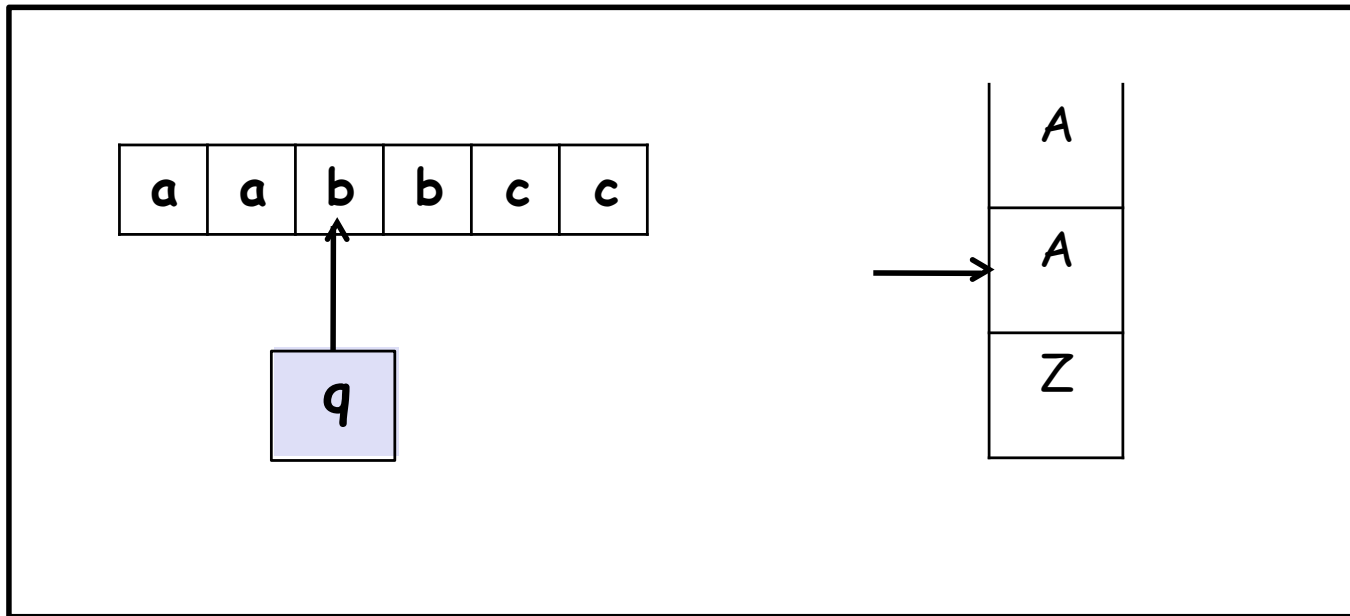
# Máquinas de Turing

---



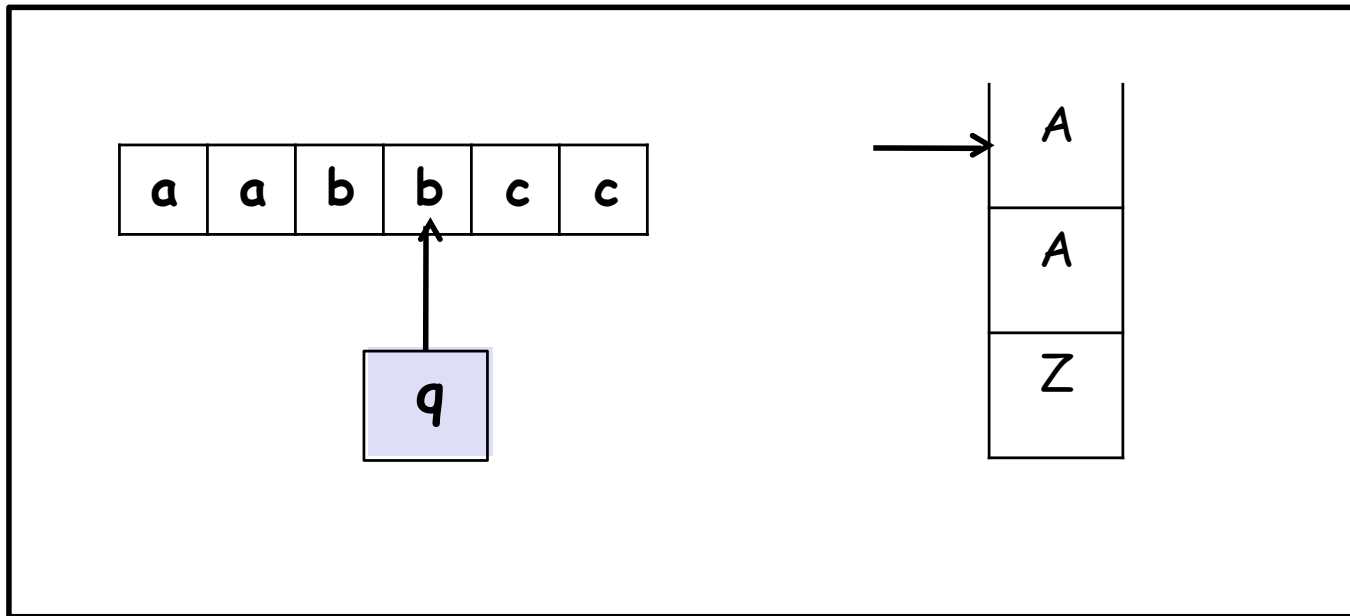
# Máquinas de Turing

---



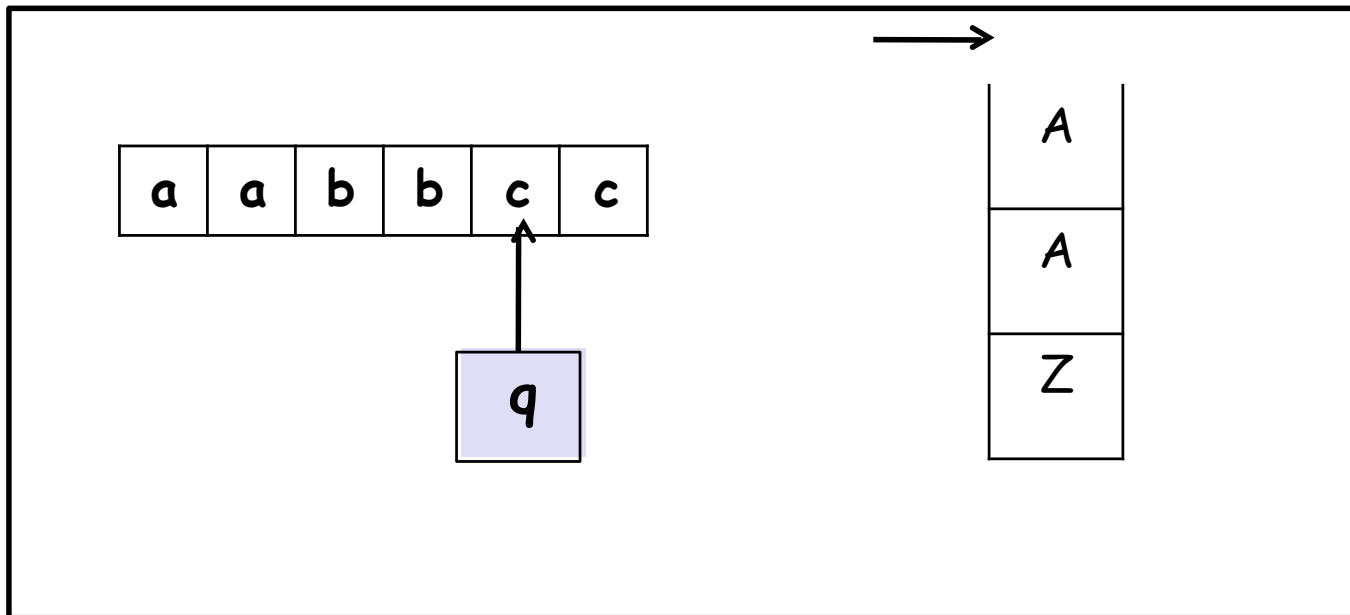
# Máquinas de Turing

---



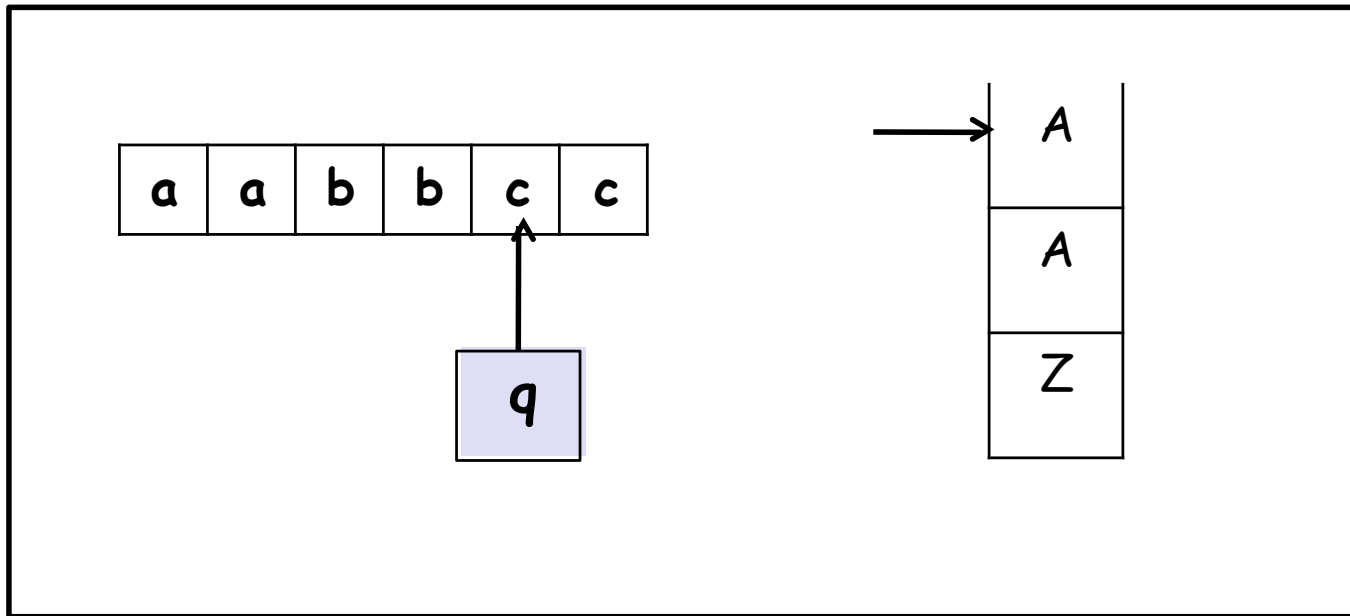
# Máquinas de Turing

---



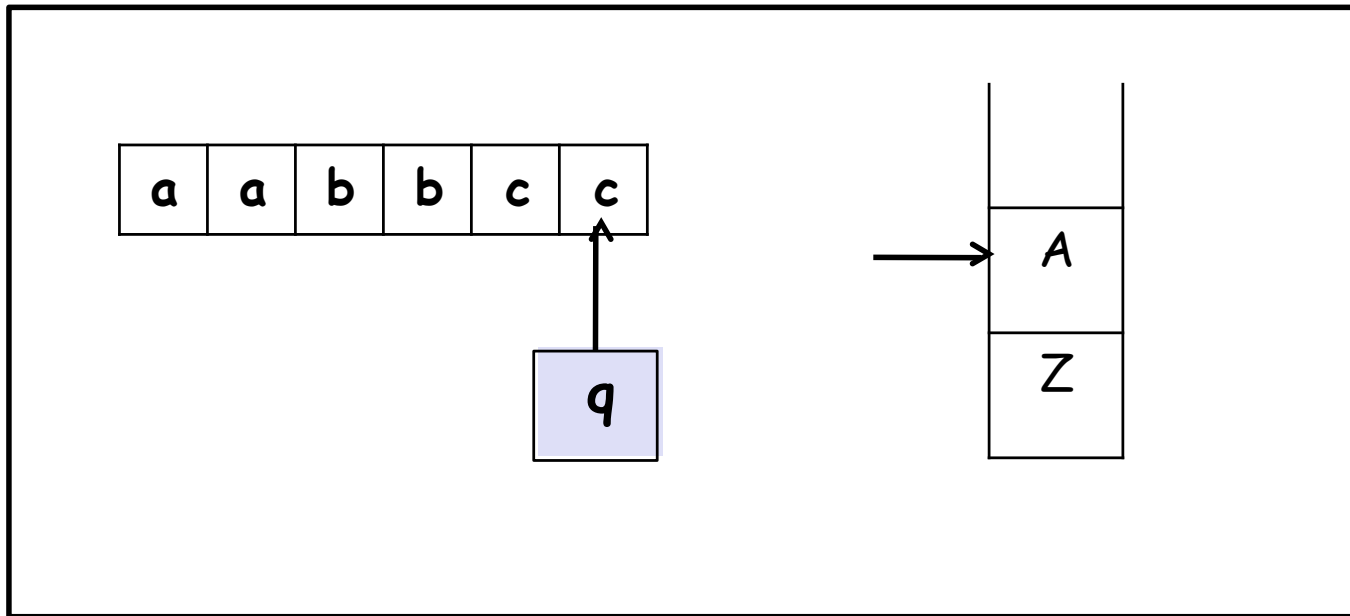
# Máquinas de Turing

---



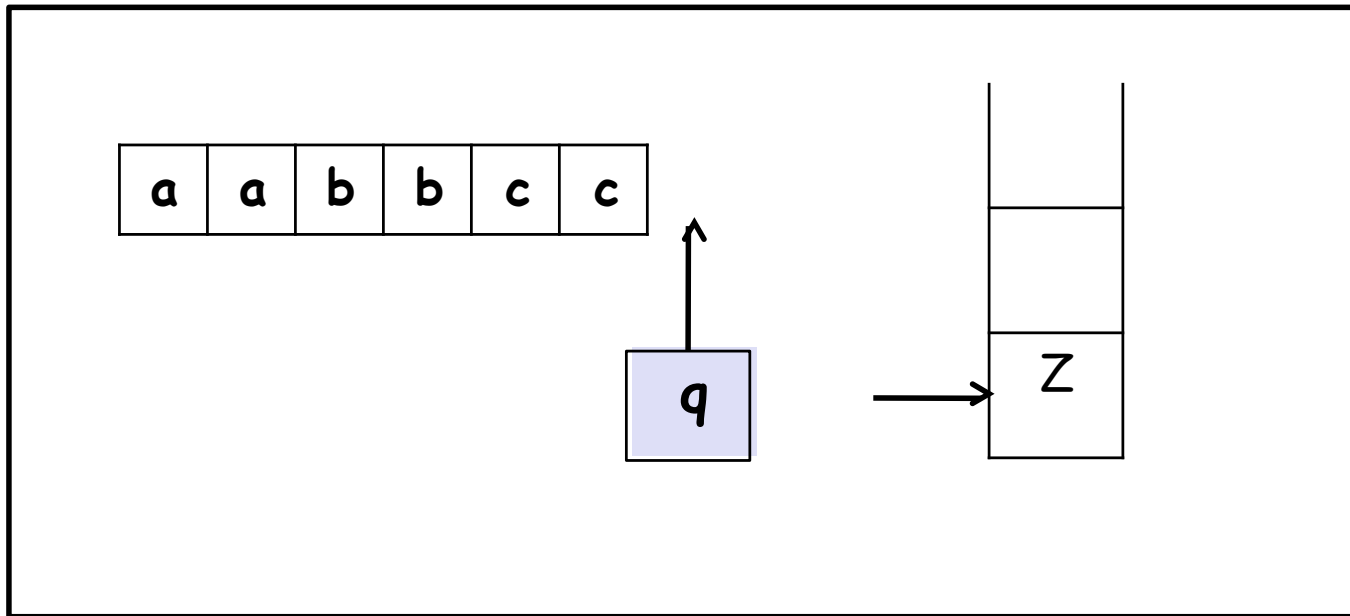
# Máquinas de Turing

---



# Máquinas de Turing

---





# Máquinas de Turing

---

## Alan Turing

- Matemático, científico de la informática y criptógrafo inglés
- Planteó el test de Turing
- Creador de la máquina de Turing inspirado en el funcionamiento de una máquina de escribir

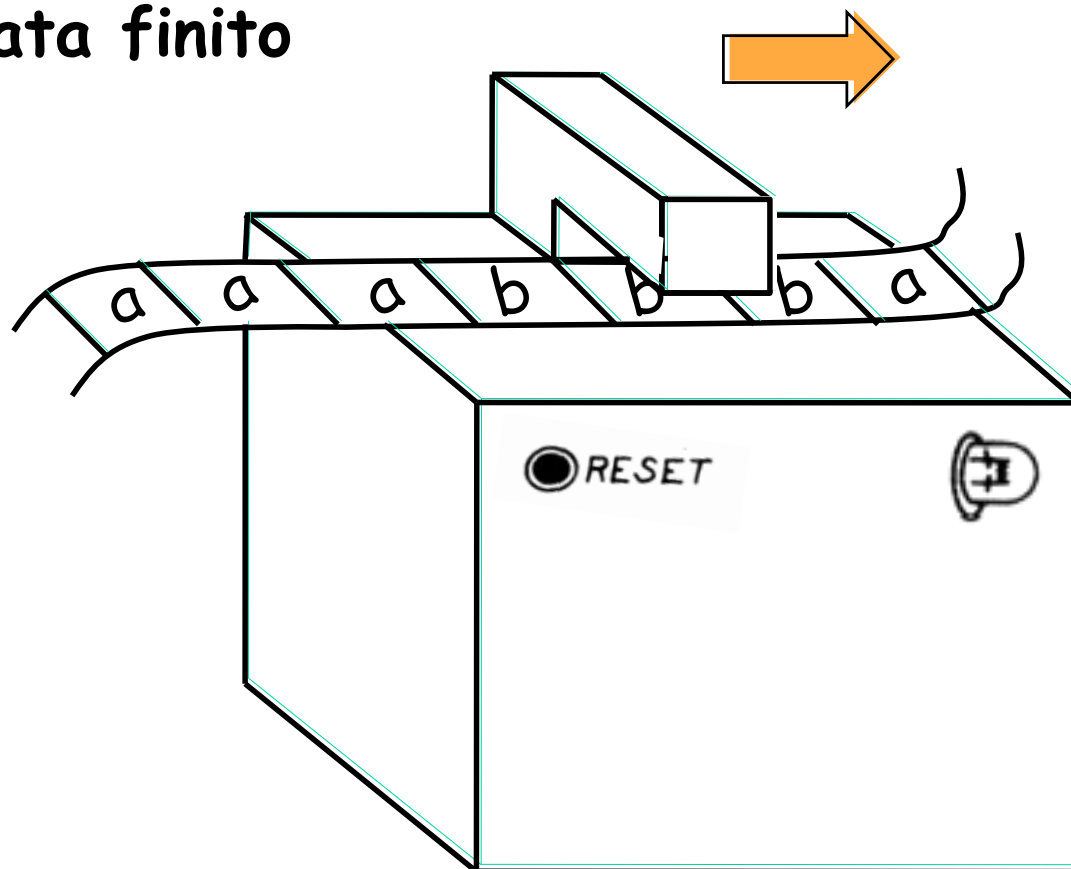


(1912 - 1954)

# Máquinas de Turing

---

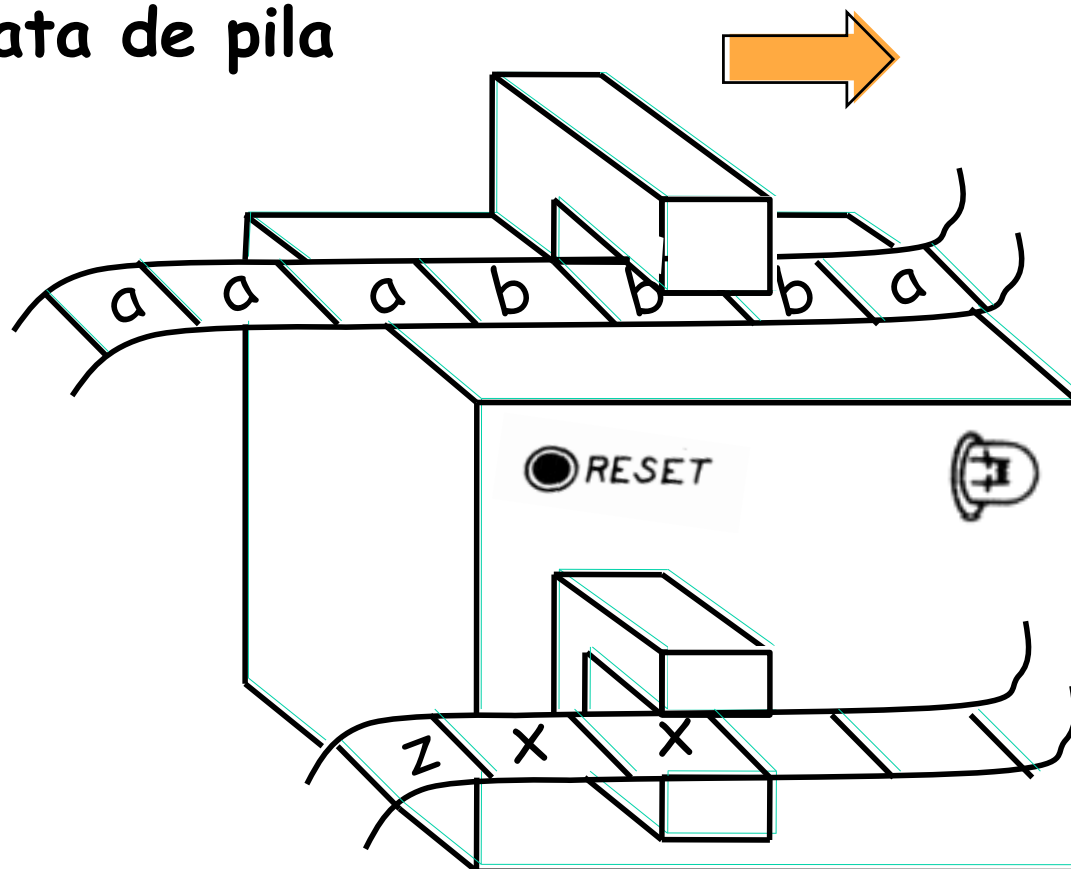
**Autómata finito**



# Máquinas de Turing

---

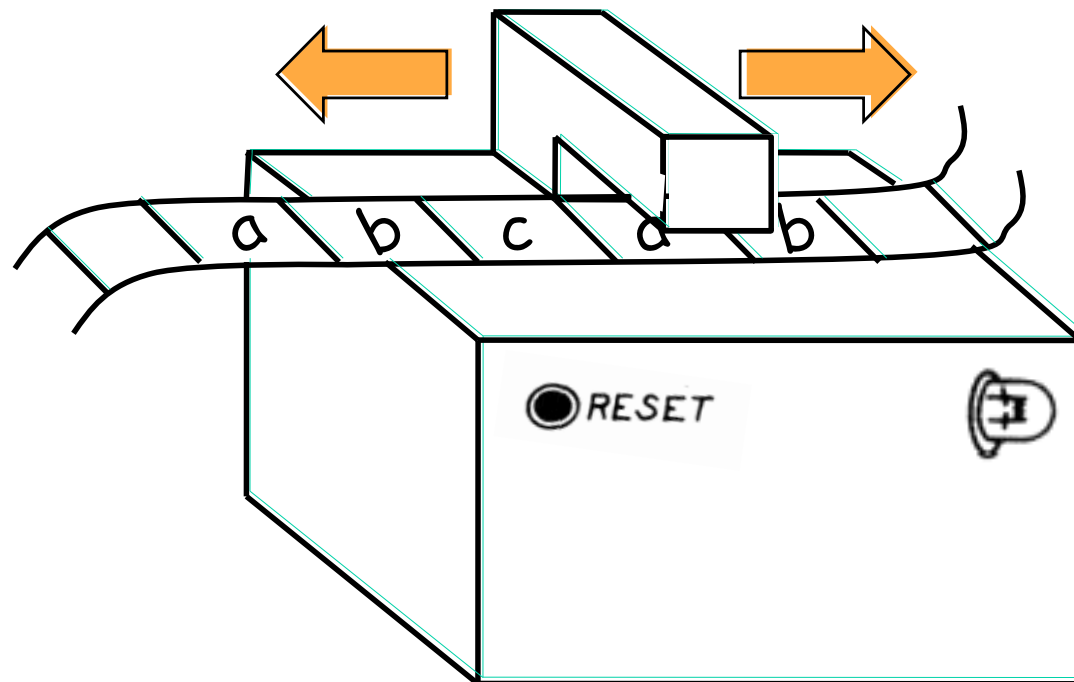
## Autómata de pila



# Máquinas de Turing

---

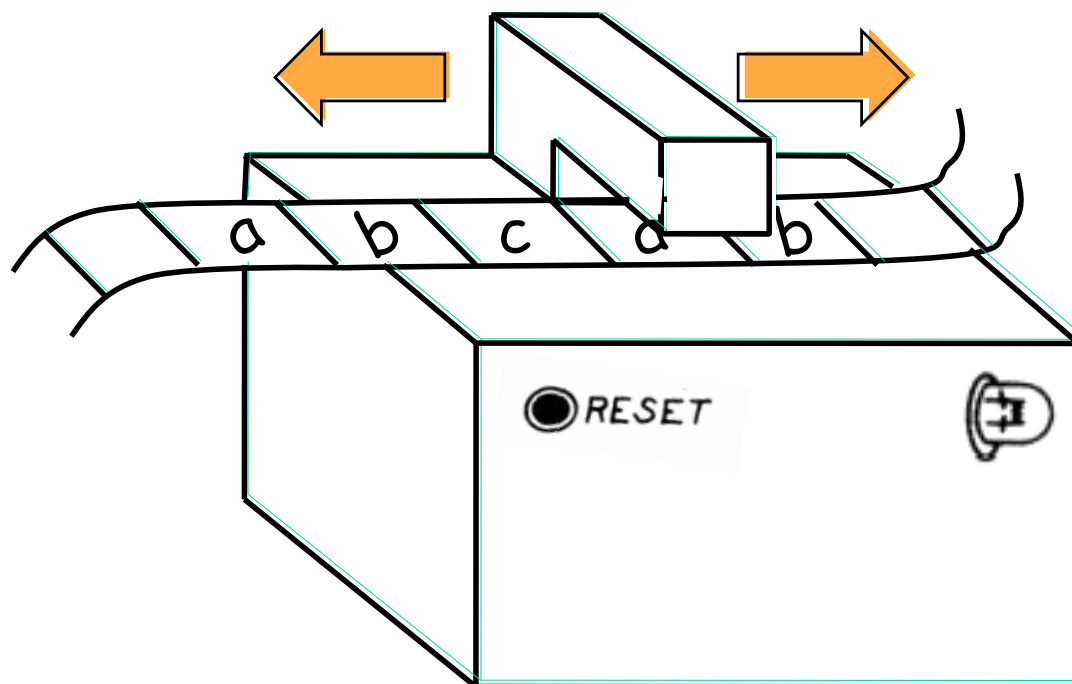
## Máquina de Turing



# Máquinas de Turing

---

## Máquina de Turing

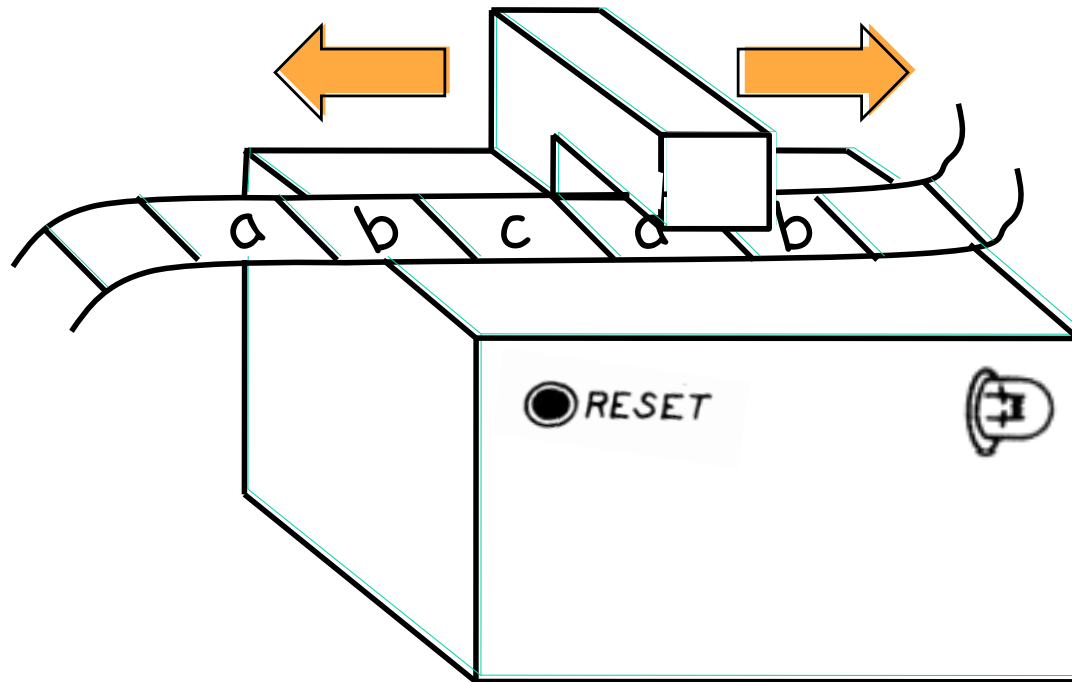


- La cabeza que está sobre la cinta es de **lectura/escritura** y se puede mover en ambas direcciones

# Máquinas de Turing

---

## Máquina de Turing

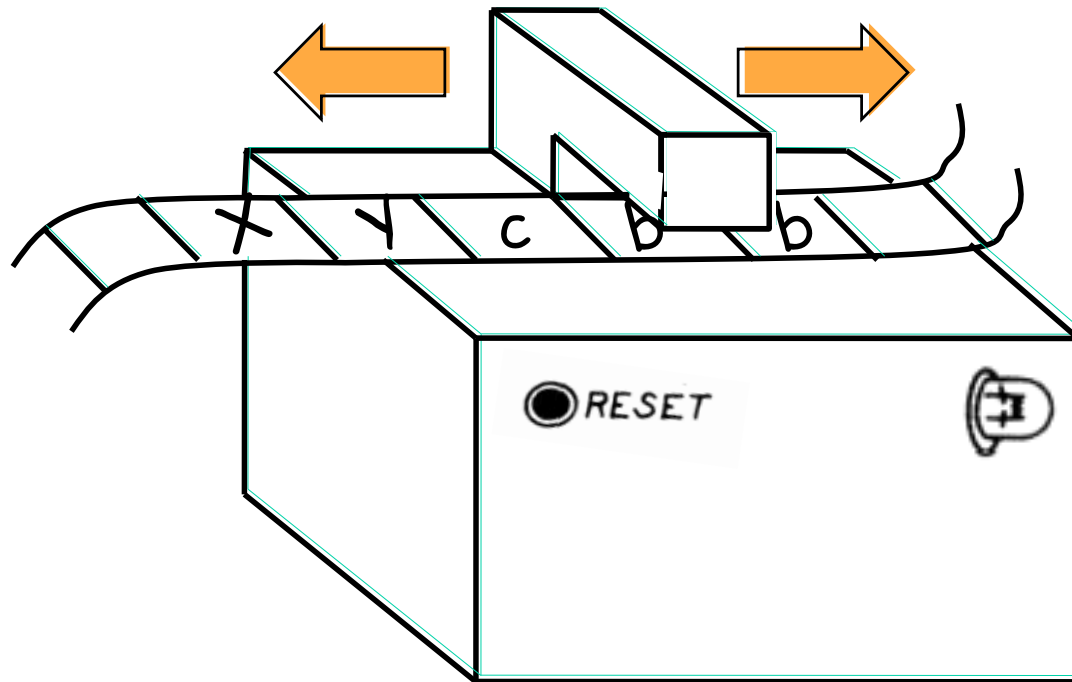


- No se utiliza una cinta alterna para la pila, se escribe sobre la misma cinta con la cadena de entrada

# Máquinas de Turing

---

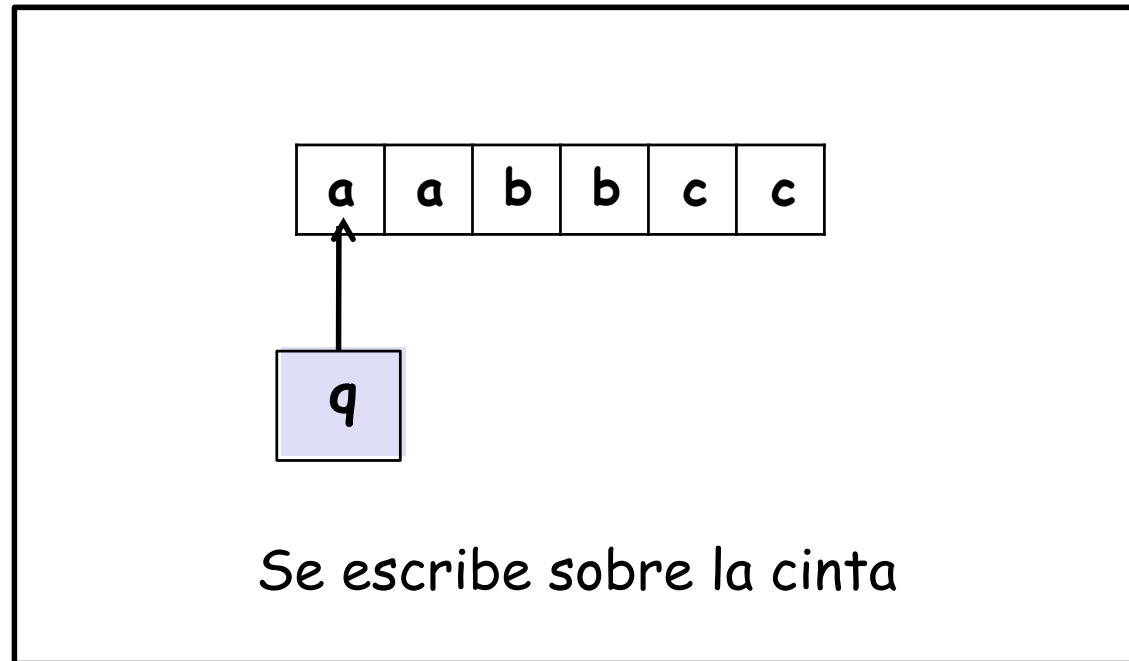
## Máquina de Turing



- No se utiliza una cinta alterna para la pila, se escribe sobre la misma cinta con la cadena de entrada

# Máquinas de Turing

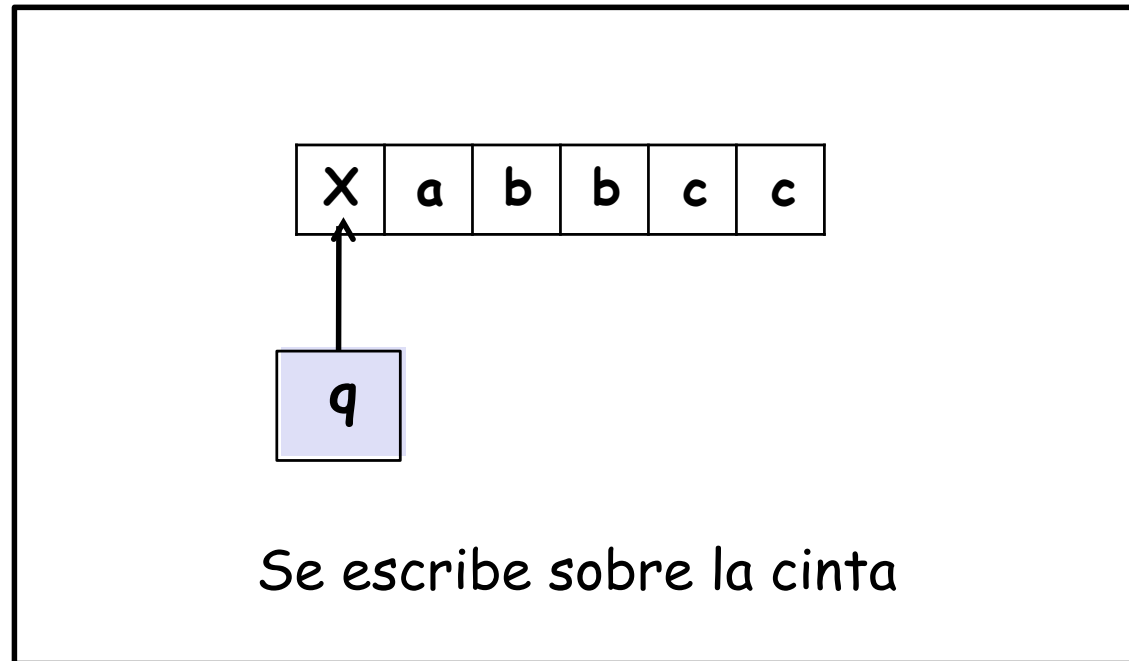
---





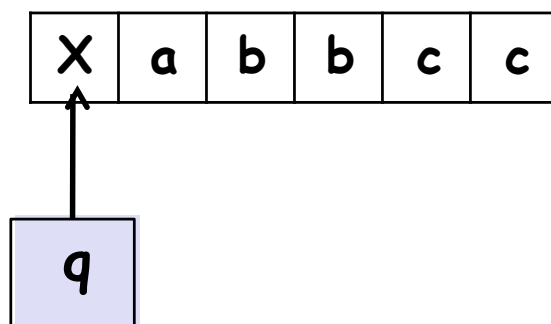
# Máquinas de Turing

---



# Máquinas de Turing

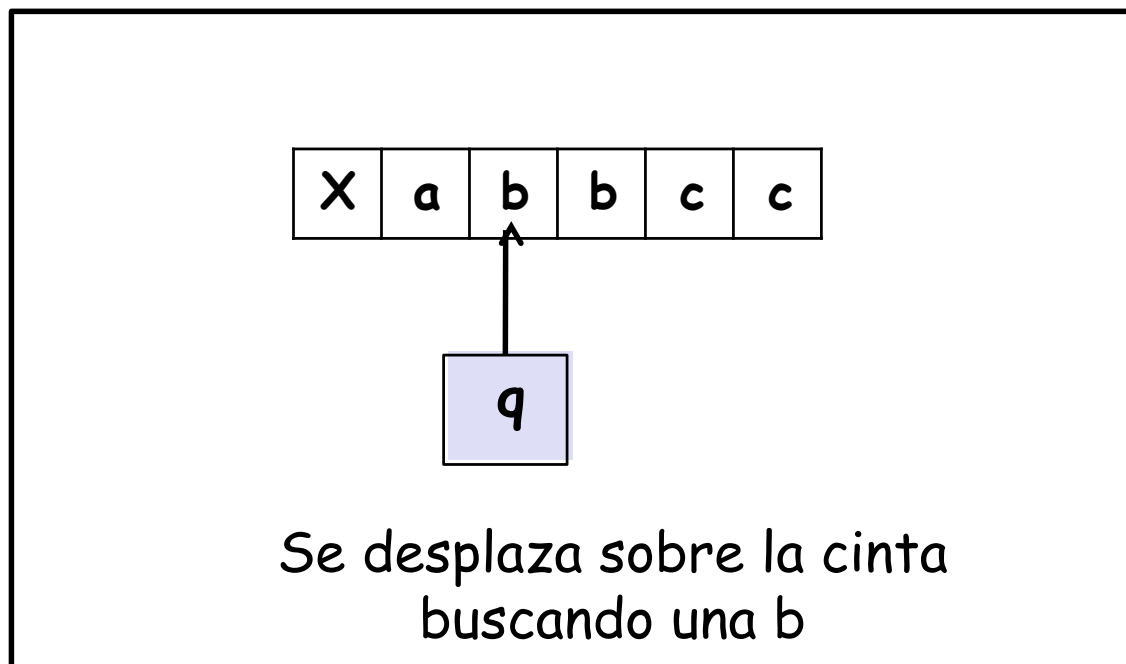
---



Se desplaza sobre la cinta  
buscando una b

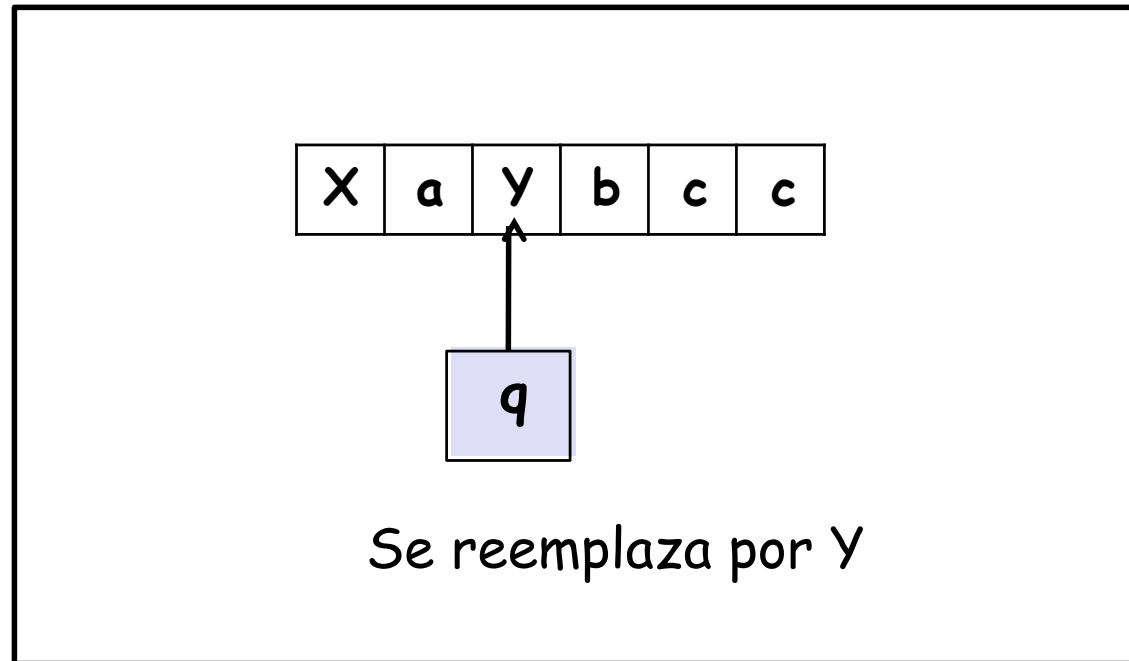
# Máquinas de Turing

---



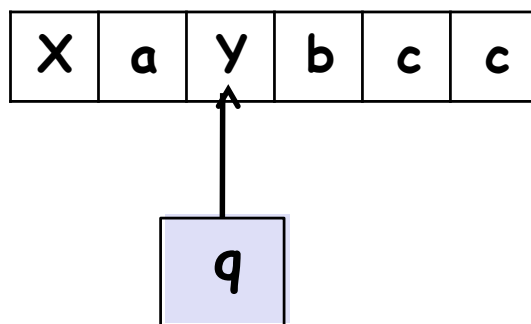
# Máquinas de Turing

---



# Máquinas de Turing

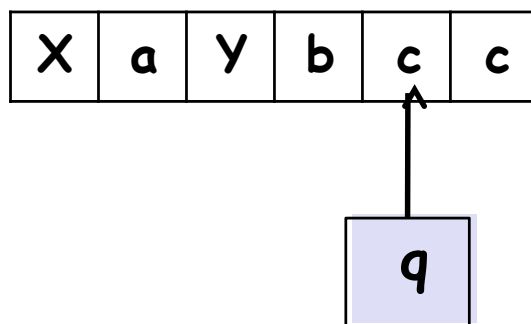
---



Se desplaza sobre la cinta  
buscando una c

# Máquinas de Turing

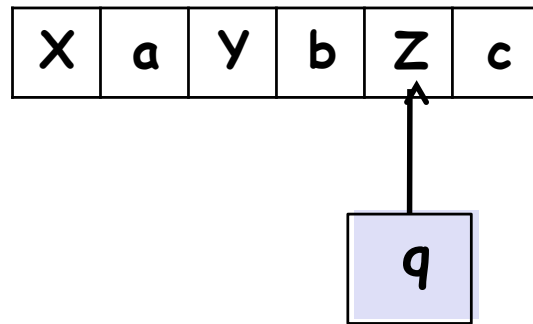
---



Se desplaza sobre la cinta  
buscando una c

# Máquinas de Turing

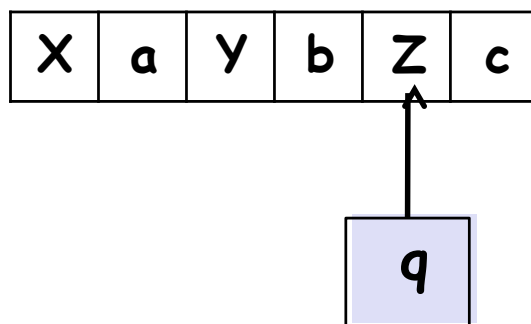
---



Se reemplaza por Z

# Máquinas de Turing

---

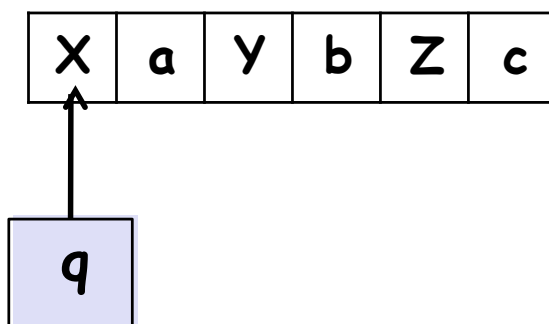


Se desplaza hacia la izquierda  
hasta encontrar una X



# Máquinas de Turing

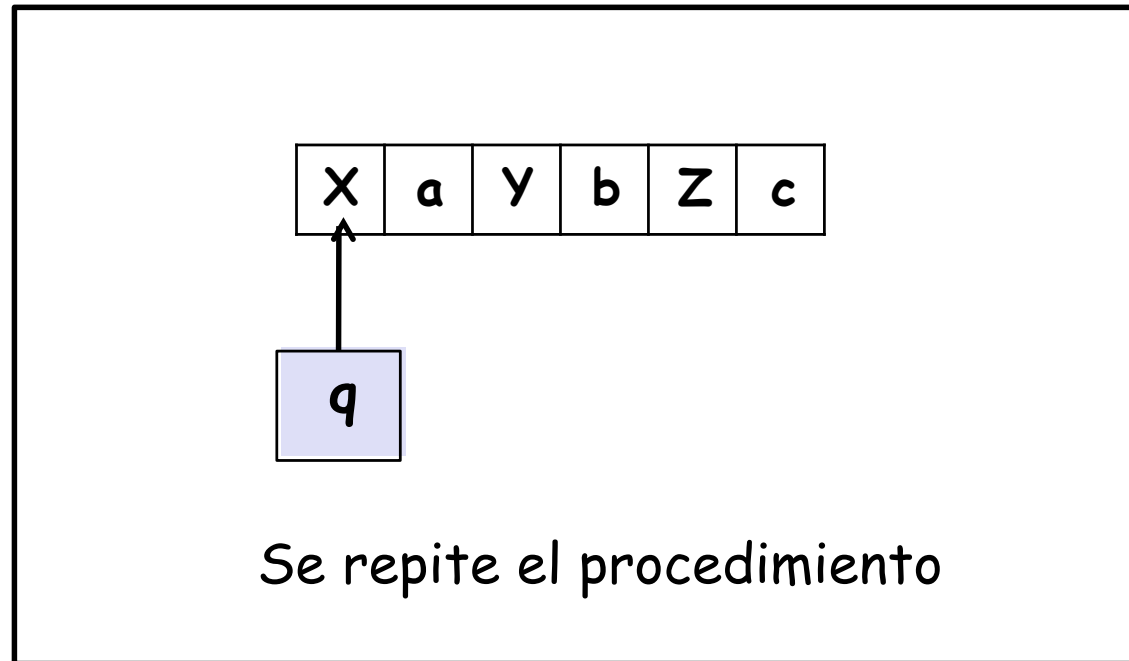
---



Se desplaza hacia la izquierda  
hasta encontrar una X

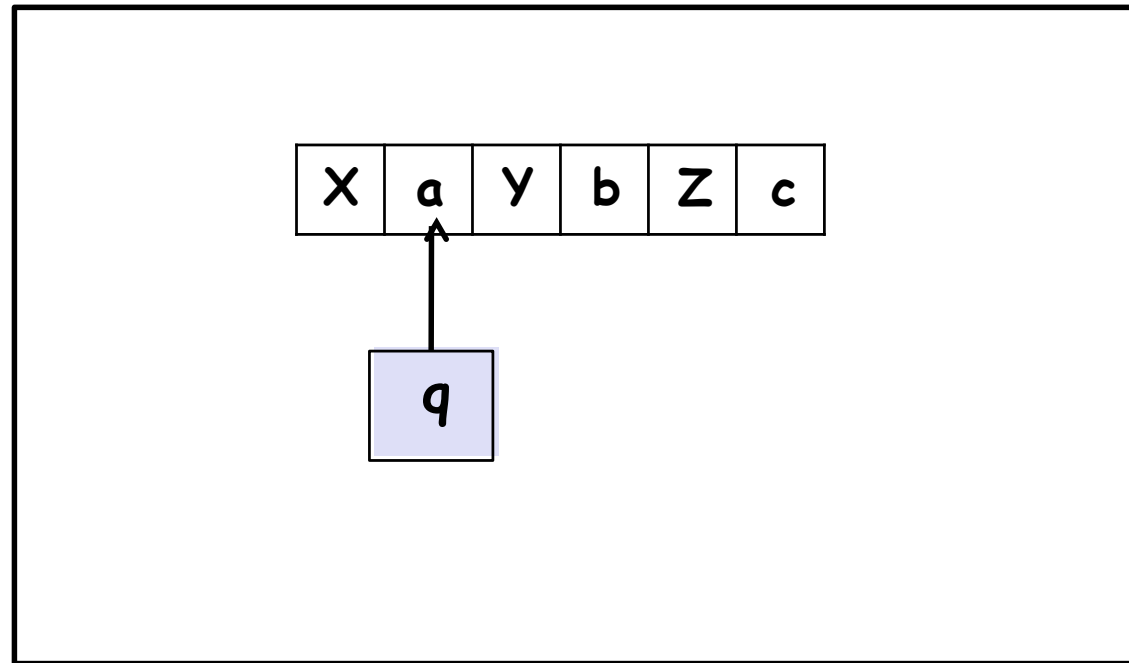
# Máquinas de Turing

---



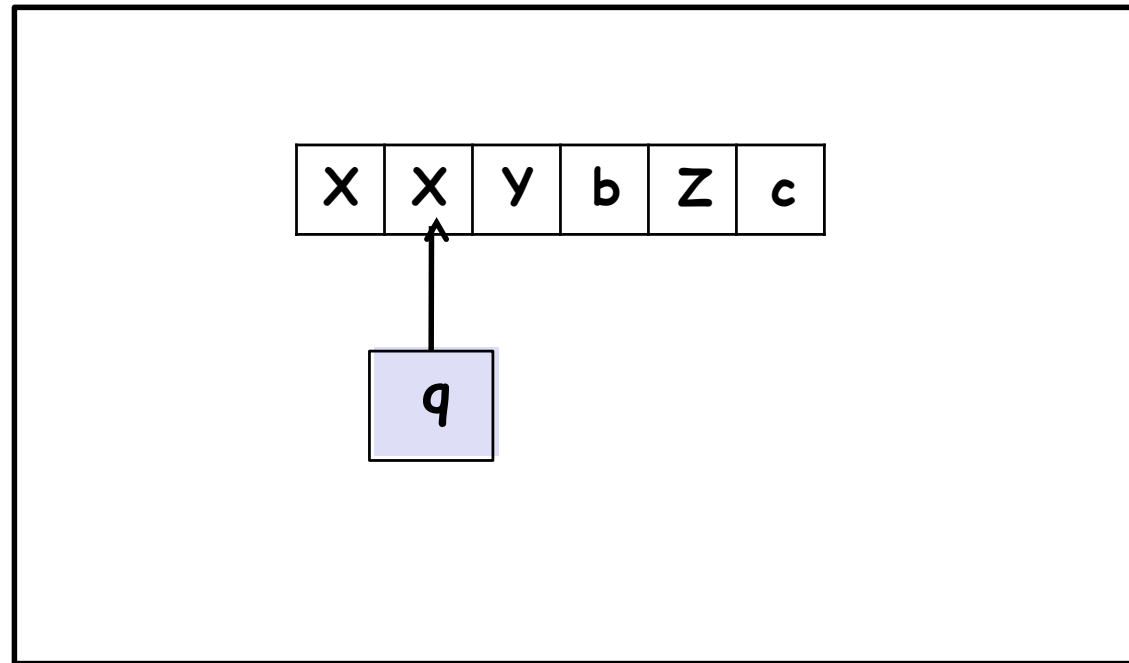
# Máquinas de Turing

---



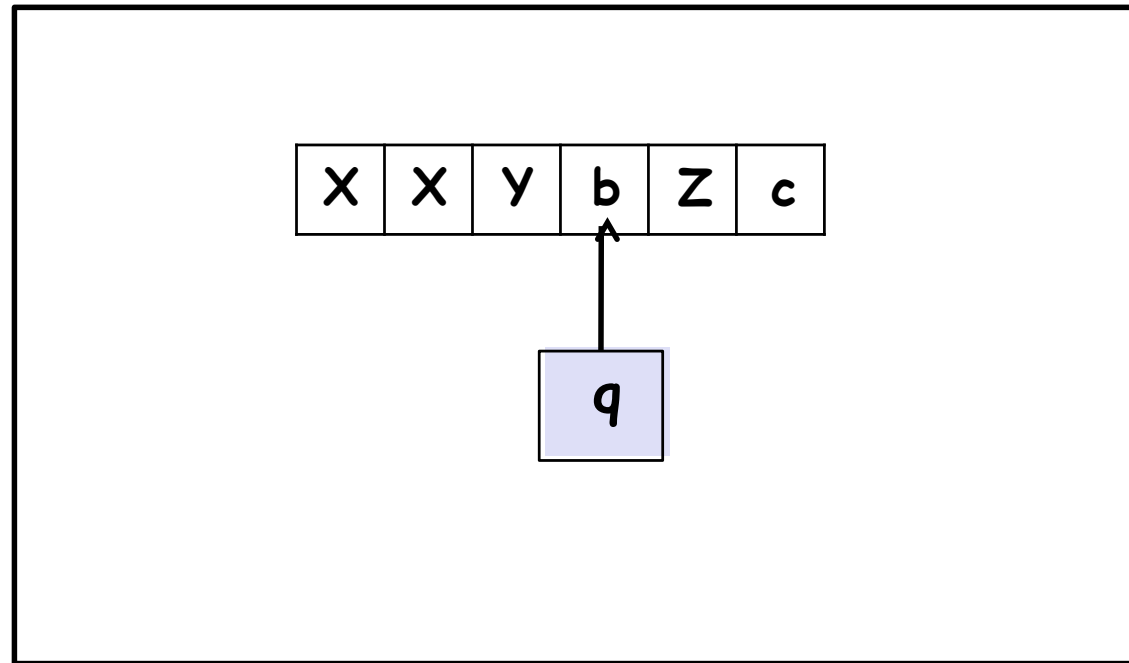
# Máquinas de Turing

---



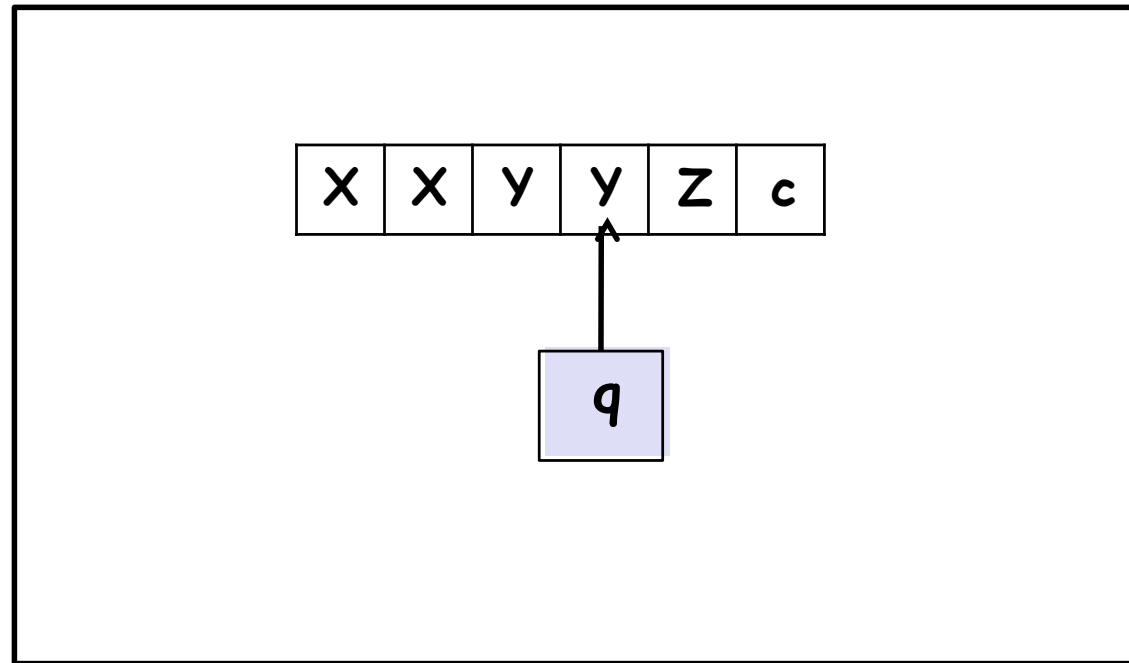
# Máquinas de Turing

---



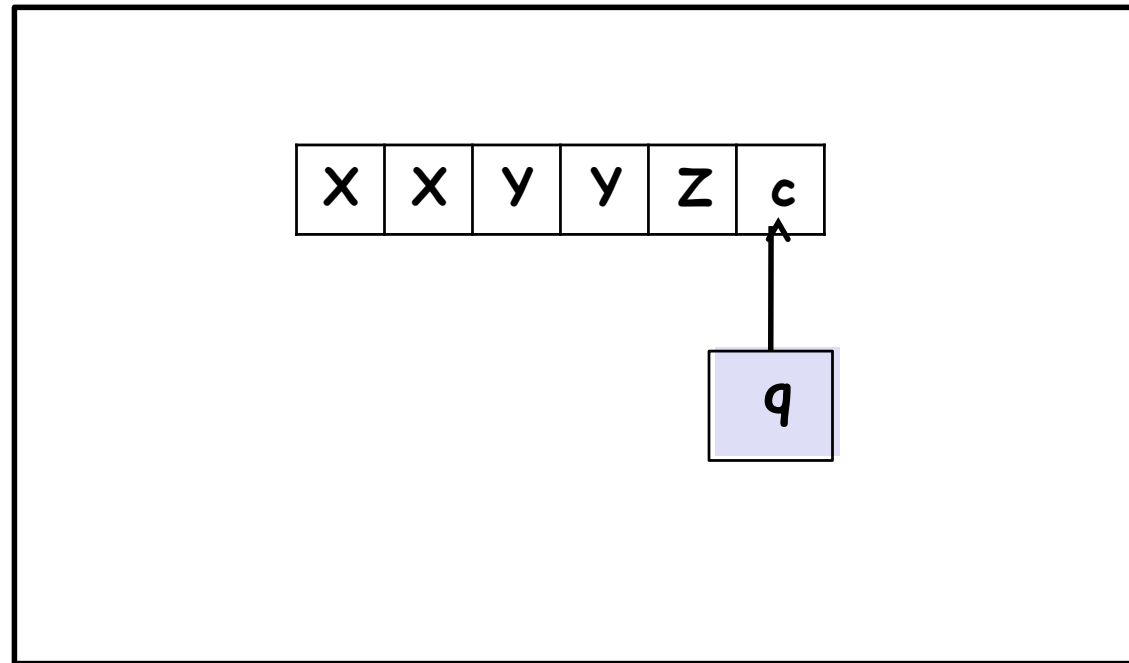
# Máquinas de Turing

---



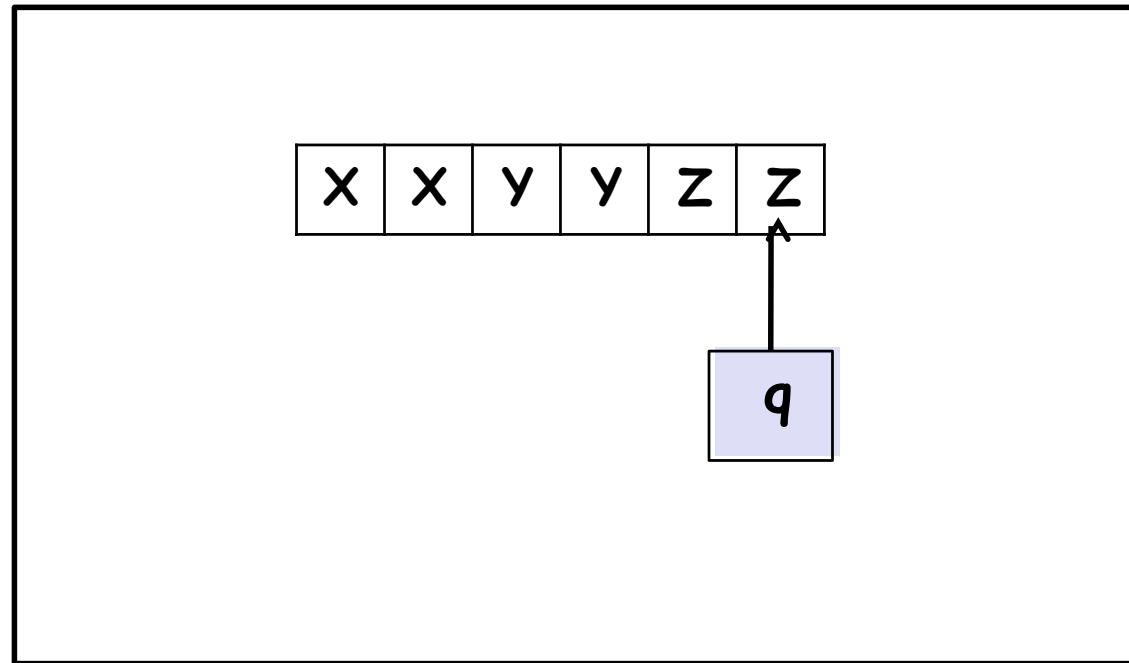
# Máquinas de Turing

---



# Máquinas de Turing

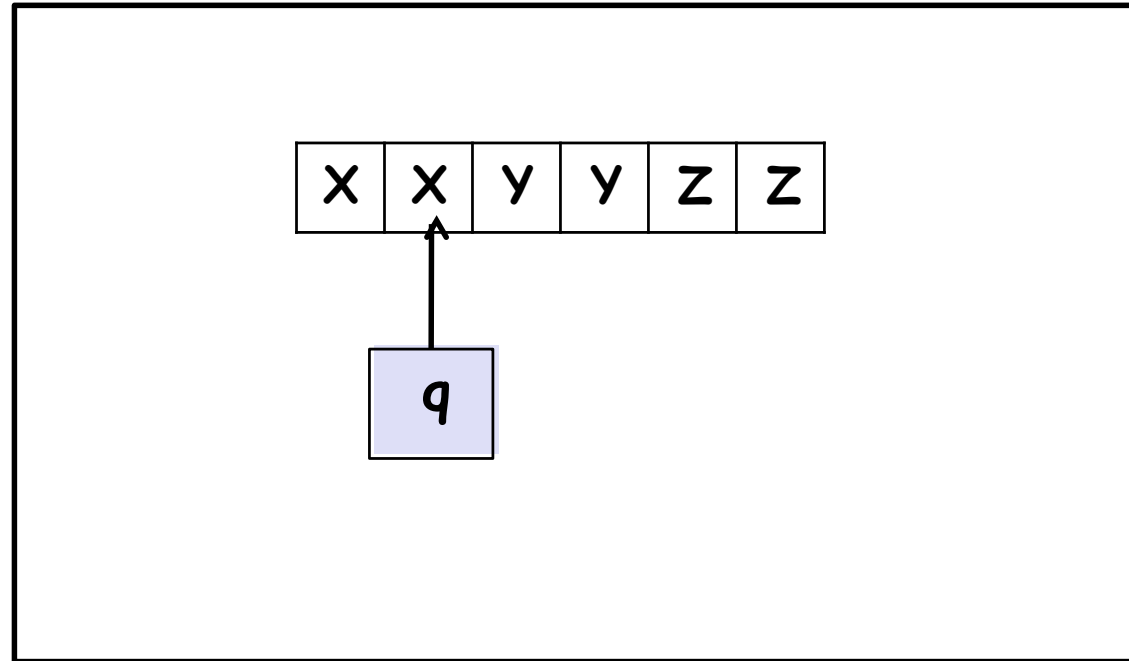
---





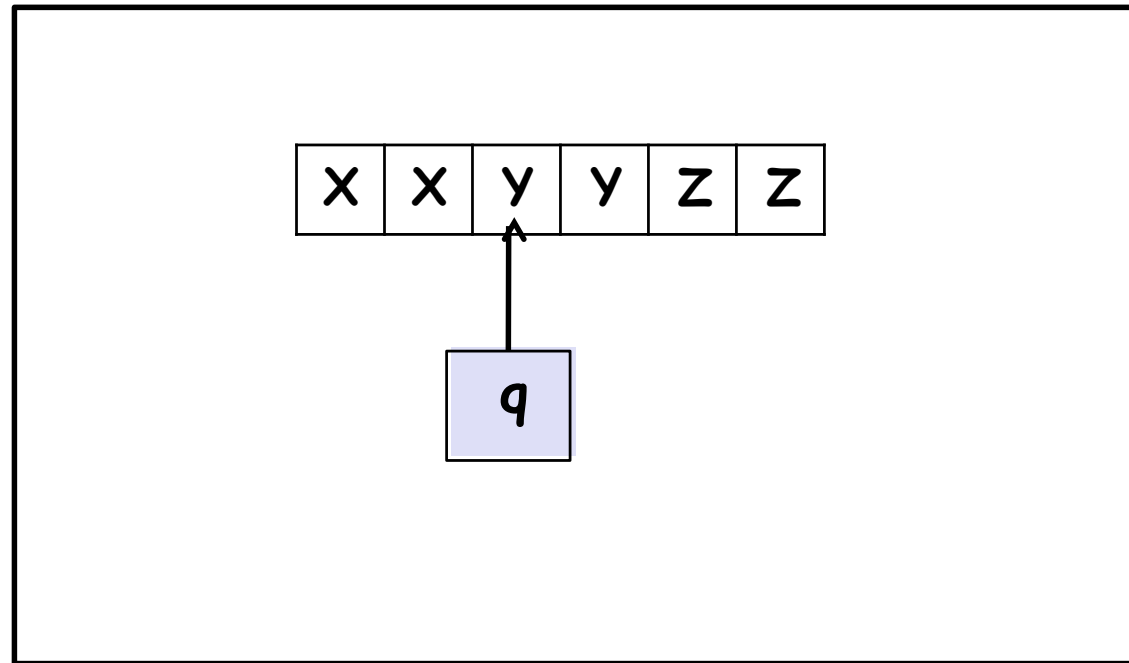
# Máquinas de Turing

---



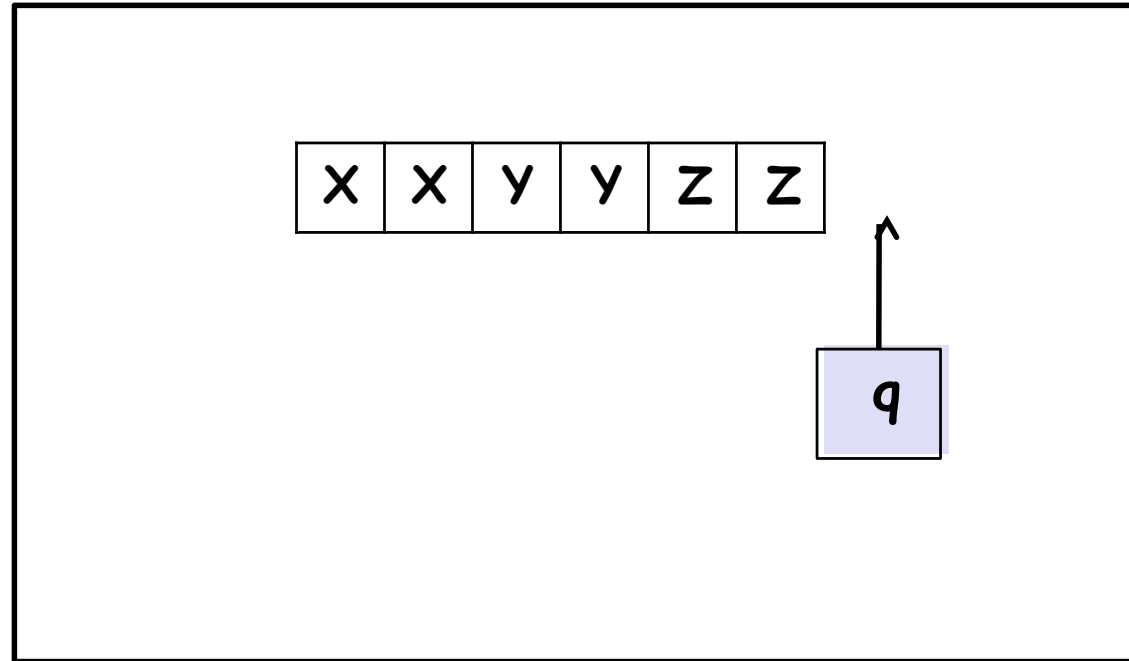
# Máquinas de Turing

---



# Máquinas de Turing

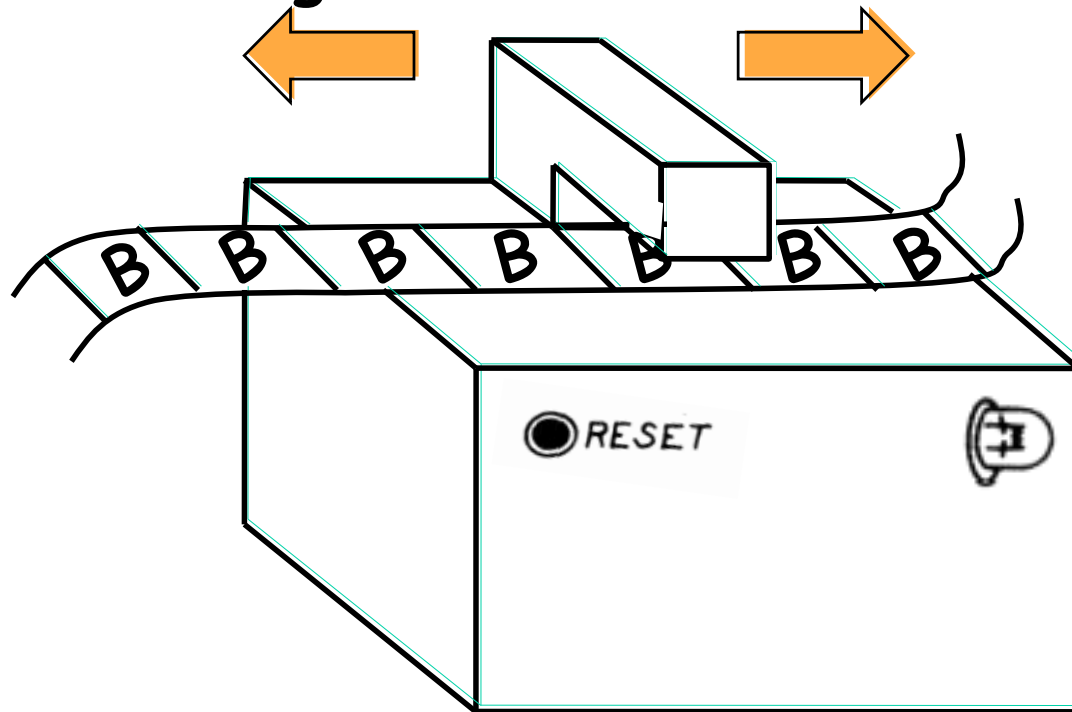
---



# Máquinas de Turing

---

## Máquina de Turing

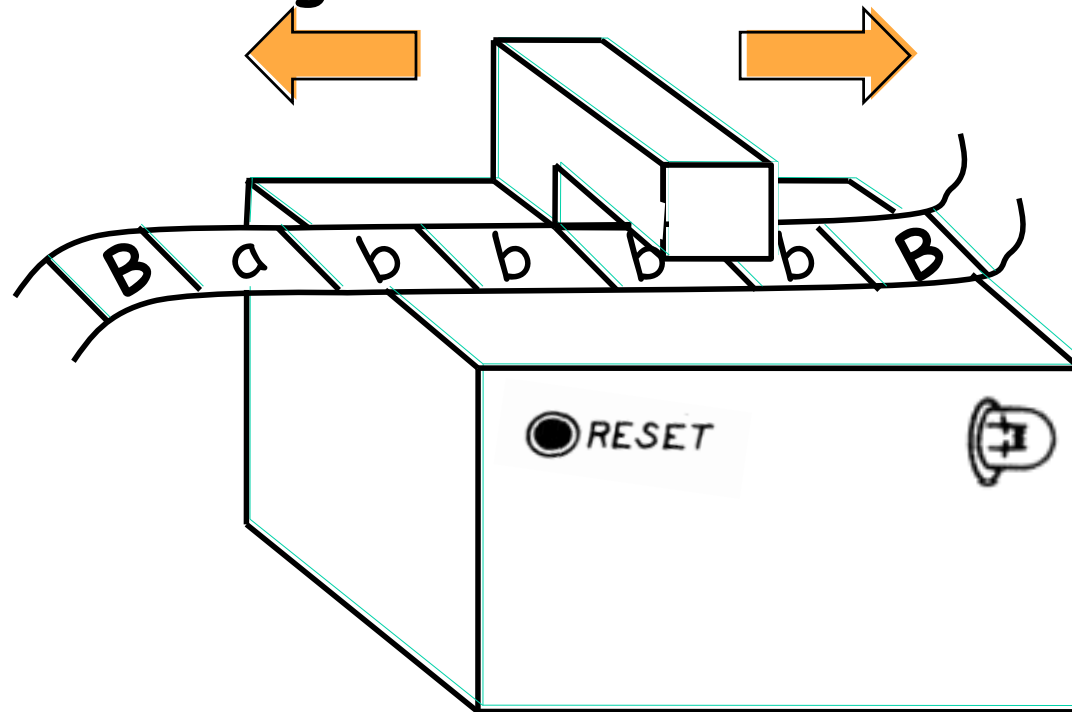


- La cinta tiene un **símbolo en blanco**, representado por **B**, que está inicialmente sobre toda la cinta

# Máquinas de Turing

---

## Máquina de Turing

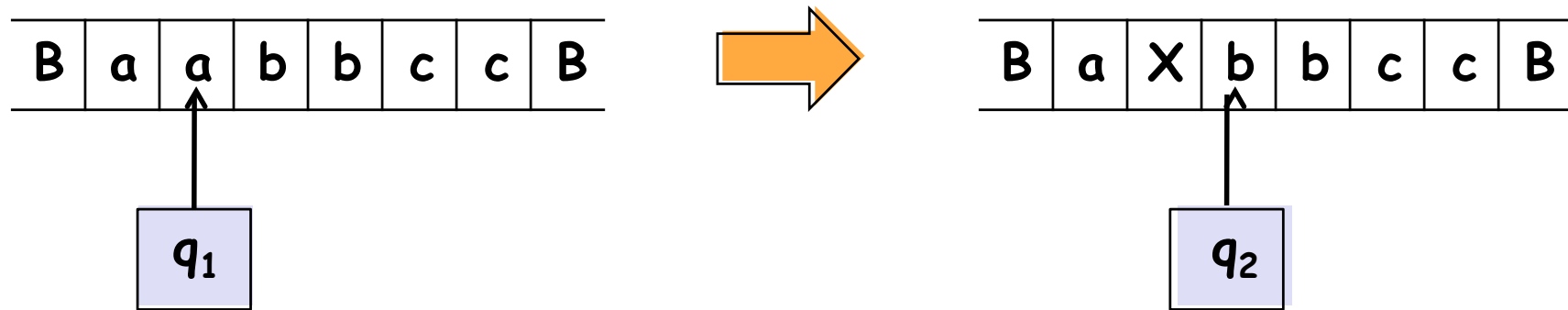


- La cadena de entrada se coloca sobre la cinta, los demás símbolos serán en blanco **B**

# Máquinas de Turing

---

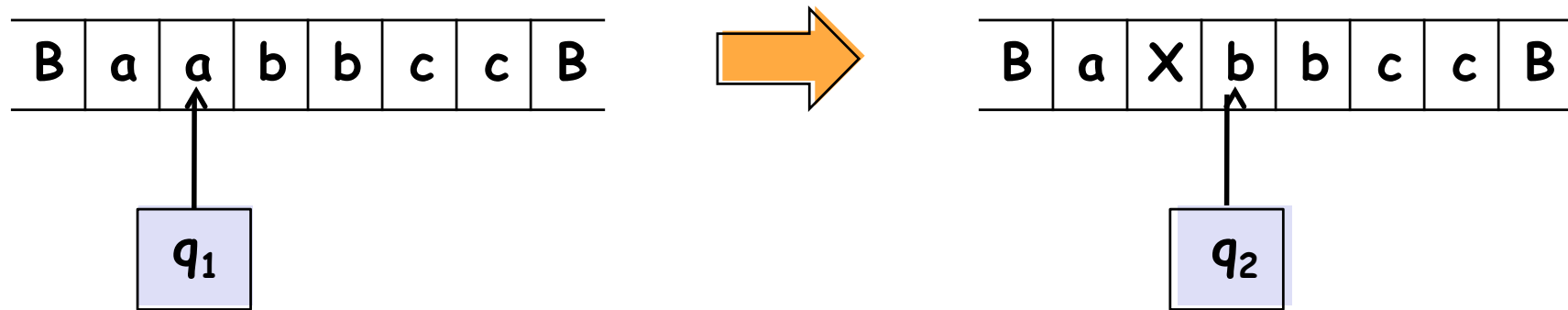
## Transiciones



# Máquinas de Turing

---

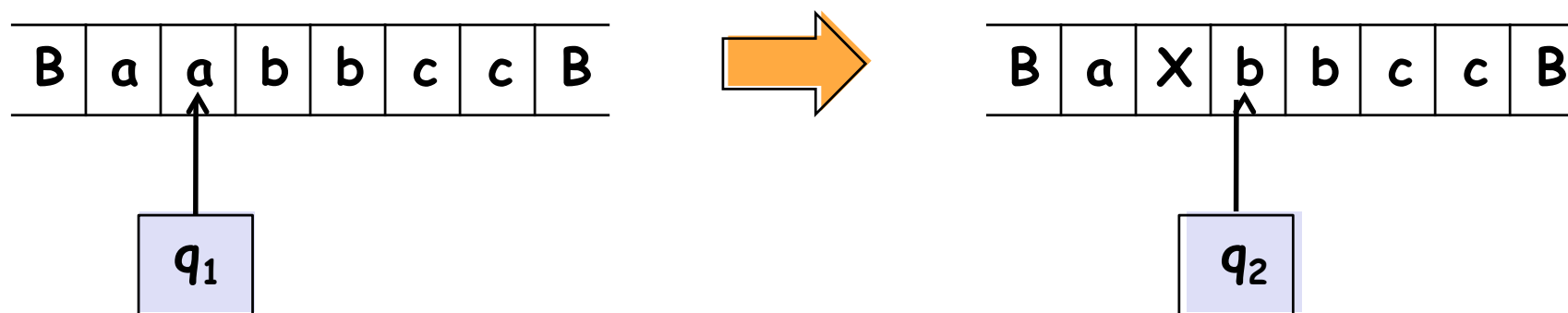
## Transiciones



Se reemplaza a por X y se  
mueve a la derecha

# Máquinas de Turing

## Transiciones



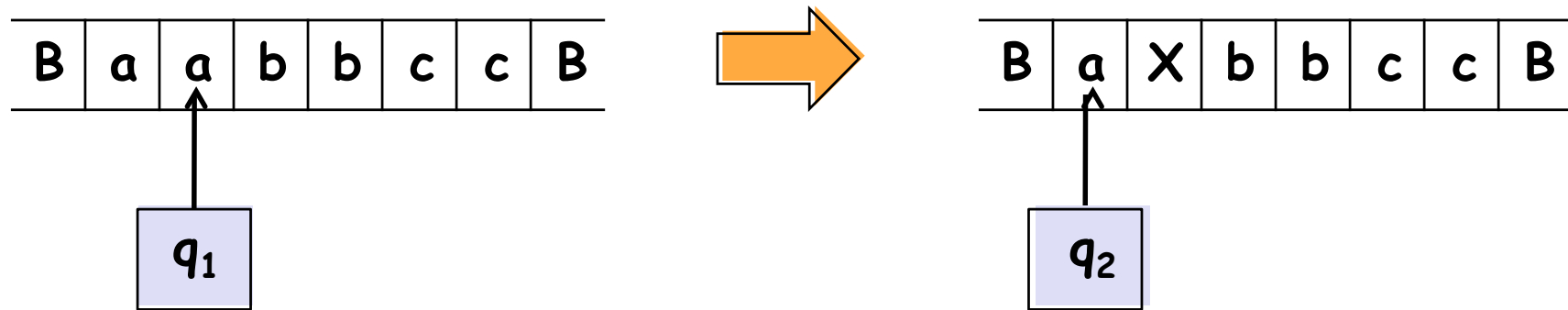
- $\delta(q_1, a) = (q_2, X, R)$ , en el estado  $q_1$ , se lee a de la cinta, se escribe X en su lugar y se desplaza a la derecha



# Máquinas de Turing

---

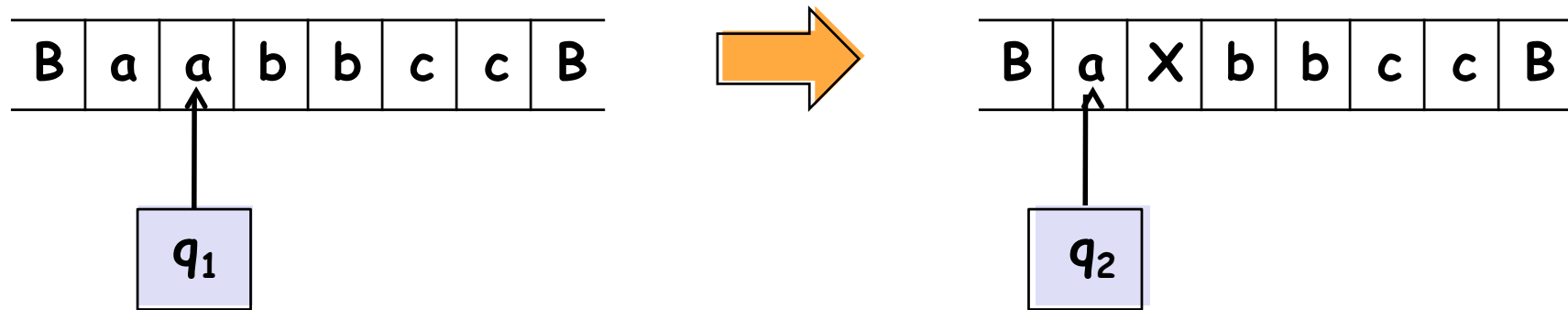
## Transiciones



# Máquinas de Turing

---

## Transiciones

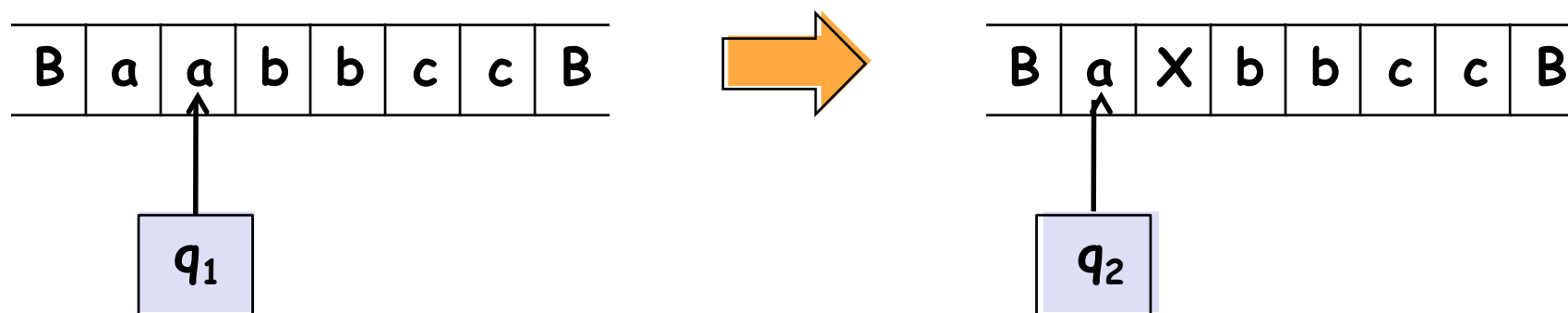


Se reemplaza a por X y se  
mueve a la izquierda

# Máquinas de Turing

---

## Transiciones

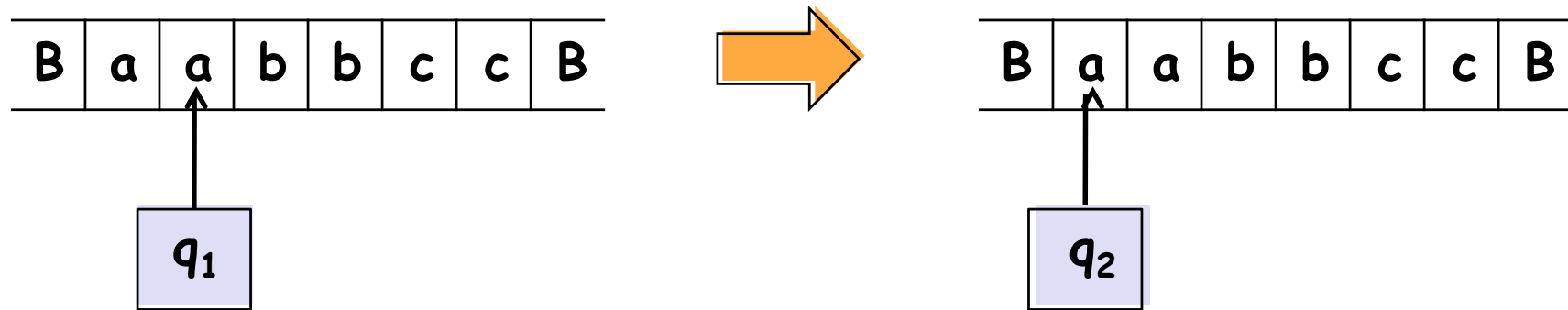


- $\delta(q_1, a) = (q_2, X, L)$ , en el estado  $q_1$ , se lee a de la cinta, se escribe X y se desplaza a la izquierda

# Máquinas de Turing

---

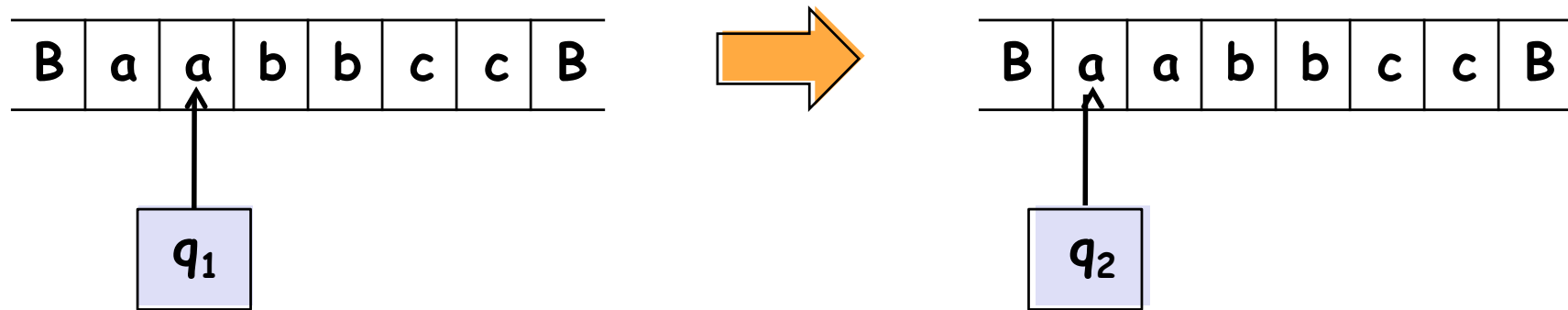
## Transiciones



# Máquinas de Turing

---

## Transiciones

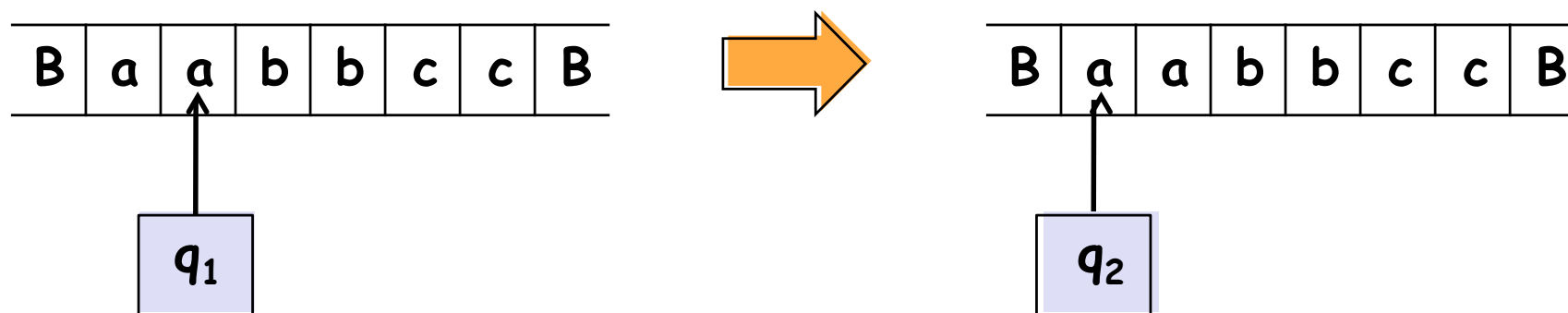


Se deja la a y se mueve  
a la izquierda

# Máquinas de Turing

---

## Transiciones



- $\delta(q_1, a) = (q_2, a, L)$ , en el estado  $q_1$ , se lee a de la cinta, se escribe a nuevamente y se desplaza a la izquierda

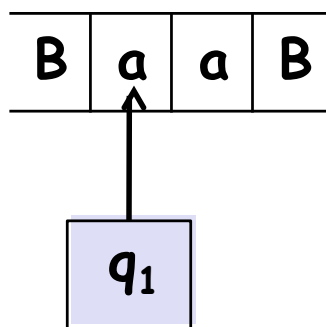
# Máquinas de Turing

---

- Indique el estado final de la cinta considerando las siguientes transiciones:

$$\delta(q_1, a) = (q_1, A, R)$$

$$\delta(q_1, B) = (q_2, B, L)$$

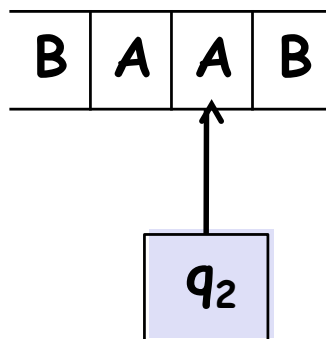


# Máquinas de Turing

---

$$\delta(q_1, a) = (q_1, A, R)$$

$$\delta(q_1, B) = (q_2, B, L)$$





# Máquinas de Turing

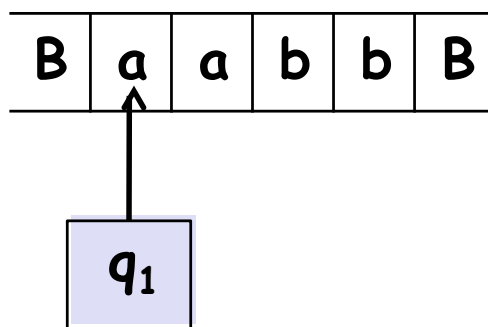
---

- Indique el estado final de la cinta considerando las siguientes transiciones:

$$\delta(q_1, a) = (q_1, d, R)$$

$$\delta(q_1, b) = (q_1, d, R)$$

$$\delta(q_1, B) = (q_2, B, L)$$



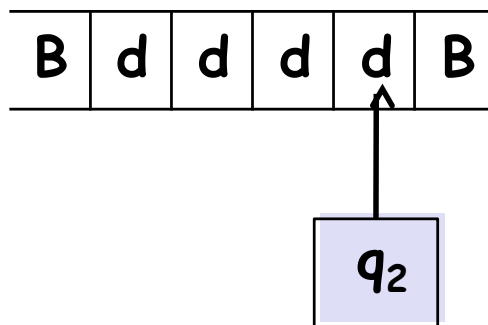
# Máquinas de Turing

---

$$\delta(q_1, a) = (q_1, d, R)$$

$$\delta(q_1, b) = (q_1, d, R)$$

$$\delta(q_1, B) = (q_2, B, L)$$



# Máquinas de Turing

---

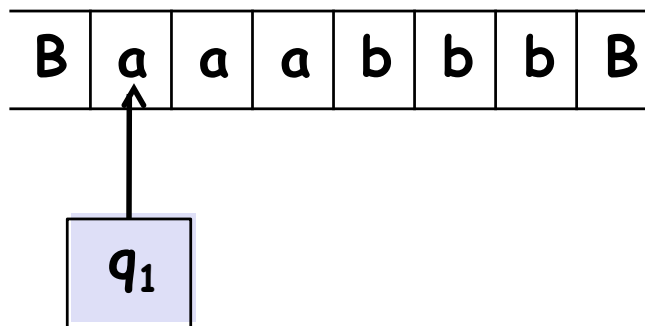
- Indique el estado final de la cinta considerando las siguientes transiciones:

$$\delta(q_1, a) = (q_1, a, R)$$

$$\delta(q_1, b) = (q_1, a, R)$$

$$\delta(q_1, B) = (q_2, B, L)$$

$$\delta(q_2, a) = (q_2, d, L)$$



# Máquinas de Turing

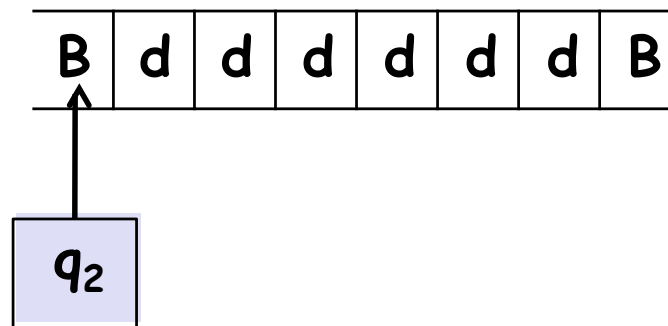
---

$$\delta(q_1, a) = (q_1, a, R)$$

$$\delta(q_1, b) = (q_1, a, R)$$

$$\delta(q_1, B) = (q_2, B, L)$$

$$\delta(q_2, a) = (q_2, d, L)$$



# Máquinas de Turing

---

- Indique el estado final de la cinta considerando las siguientes transiciones:

$$\delta(q_1, a) = (q_2, c, R)$$

$$\delta(q_2, a) = (q_2, a, R)$$

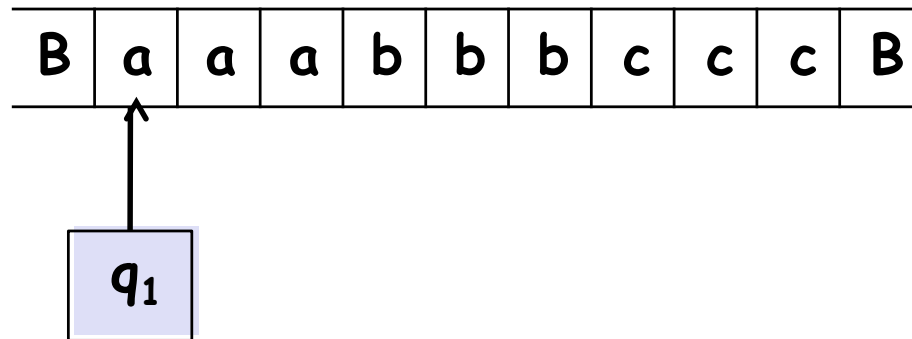
$$\delta(q_2, b) = (q_3, d, L)$$

$$\delta(q_2, d) = (q_2, d, R)$$

$$\delta(q_3, d) = (q_3, d, L)$$

$$\delta(q_3, a) = (q_3, a, L)$$

$$\delta(q_3, c) = (q_1, c, R)$$



# Máquinas de Turing

---

$\delta(q_1, a) = (q_2, c, R)$

$\delta(q_2, a) = (q_2, a, R)$

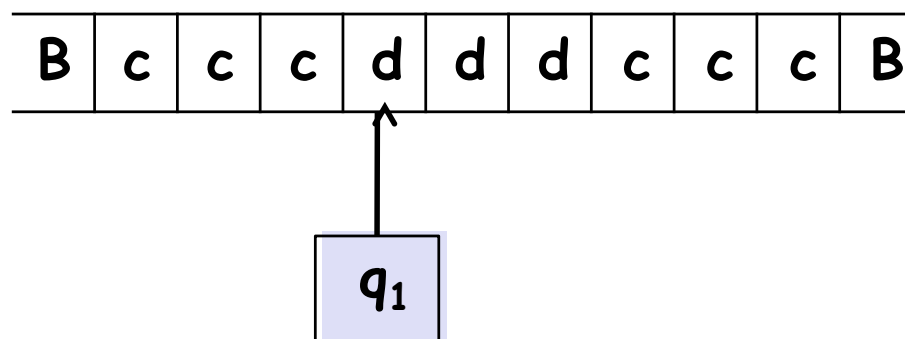
$\delta(q_2, b) = (q_3, d, L)$

$\delta(q_2, d) = (q_2, d, R)$

$\delta(q_3, d) = (q_3, d, L)$

$\delta(q_3, a) = (q_3, a, L)$

$\delta(q_3, c) = (q_1, c, R)$



# Máquinas de Turing

---

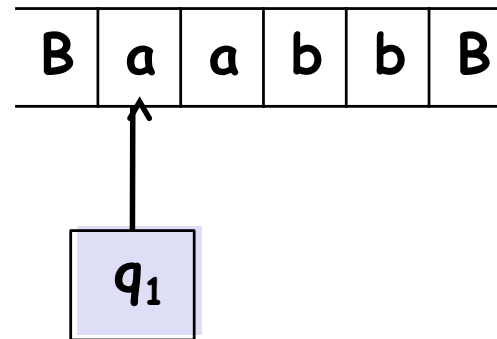
- Indique el estado final de la cinta considerando las siguientes transiciones:

$$\delta(q_1, a) = (q_2, a, R)$$

$$\delta(q_1, b) = (q_1, b, R)$$

$$\delta(q_2, a) = (q_1, a, L)$$

$$\delta(q_2, B) = (q_3, B, L)$$



# Máquinas de Turing

---

$$\delta(q_1, a) = (q_2, a, R)$$

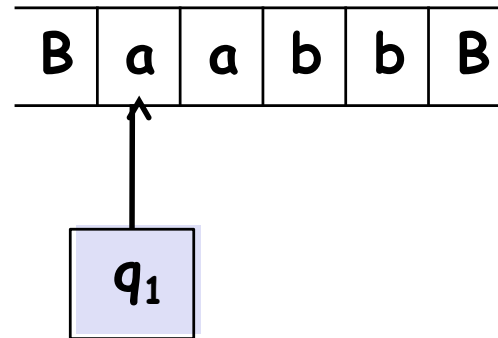
$$\delta(q_1, b) = (q_2, b, R)$$

$$\delta(q_1, B) = (q_2, B, R)$$

$$\delta(q_2, a) = (q_1, a, L)$$

$$\delta(q_2, b) = (q_1, b, L)$$

$$\delta(q_2, B) = (q_1, B, L)$$



La MT no se detiene. Se dice que queda en un **bucle infinito**



# Máquinas de Turing

---

## Máquina de Turing

Es una colección de 7 elementos:

- $Q$  conjuntos de estados
- $\Sigma$  alfabeto de entrada
- $\Gamma$  alfabeto de la cinta
- $q \in Q$  estado inicial
- $B \in \Gamma$  es el símbolo en blanco y está sobre toda la cinta
- $F \subseteq Q$  conjunto de estados finales
- $\delta: Q \times \Gamma \rightarrow Q \times \Gamma \times \{L, R\}$  es la relación de transición

# Máquinas de Turing

---

- Una **cadena  $w$  es aceptada** por un máquina de Turing  $M$  si el cómputo que se inicia en  $(q_1, w)$  termina en un estado de aceptación

# Máquinas de Turing

---

- Una **cadena  $w$  es aceptada** por un máquina de Turing  $M$  si el cómputo que se inicia en  $(q_1, w)$  termina en un estado de aceptación
  - No se establece una condición sobre la configuración final de la cinta
  - No se restringe que la cadena se deba consumir

# Máquinas de Turing

---

## Diagrama de transición

Permite representar gráficamente la definición formal de una máquina de Turing

# Máquinas de Turing

---

- $Q = \{q_1, q_2, q_3\}$  conjuntos de estados
- $\Sigma = \{a, b\}$
- $\Gamma = \{B, a, b, d\}$
- $q_1$  es el estado inicial
- $B$  es el símbolo en blanco
- $F = \{q_3\}$
- $\delta: Q \times \Gamma \rightarrow Q \times \Gamma \times \{L, R\}$  es la relación de transición
  - $\delta(q_1, a) = (q_1, a, R)$
  - $\delta(q_1, b) = (q_1, a, R)$
  - $\delta(q_1, B) = (q_2, B, L)$
  - $\delta(q_2, a) = (q_2, d, L)$
  - $\delta(q_2, d) = (q_3, d, L)$
  - $\delta(q_2, B) = (q_2, B, R)$

# Máquinas de Turing

---

- $Q = \{q_1, q_2, q_3\}$  conjuntos de estados
- $\Sigma = \{a, b\}$
- $\Gamma = \{B, a, b, d\}$
- $q_1$  es el estado inicial
- $B$  es el símbolo en blanco
- $F = \{q_3\}$
- $\delta: Q \times \Gamma \rightarrow Q \times \Gamma \times \{L, R\}$  es la relación de transición
  - $\delta(q_1, a) = (q_1, a, R)$
  - $\delta(q_1, b) = (q_1, a, R)$
  - $\delta(q_1, B) = (q_2, B, L)$
  - $\delta(q_2, a) = (q_2, d, L)$
  - $\delta(q_2, d) = (q_3, d, L)$
  - $\delta(q_2, B) = (q_2, B, R)$



$q_1$



$q_2$



$q_3$

# Máquinas de Turing

---



$q_1$



$q_2$



$q_3$

- $\delta: Q \times \Gamma \rightarrow Q \times \Gamma \times \{L, R\}$  es la relación de transición

$$\delta(q_1, a) = (q_1, a, R)$$

$$\delta(q_1, b) = (q_1, a, R)$$

$$\delta(q_1, B) = (q_2, B, L)$$

$$\delta(q_2, a) = (q_2, d, L)$$

$$\delta(q_2, d) = (q_3, d, L)$$

$$\delta(q_2, B) = (q_2, B, R)$$

# Máquinas de Turing

---



- $\delta: Q \times \Gamma \rightarrow Q \times \Gamma \times \{L, R\}$  es la relación de transición
  - $\delta(q_1, a) = (q_1, a, R)$
  - $\delta(q_1, b) = (q_1, a, R)$
  - $\delta(q_1, B) = (q_2, B, L)$
  - $\delta(q_2, a) = (q_2, d, L)$
  - $\delta(q_2, d) = (q_3, d, L)$
  - $\delta(q_2, B) = (q_2, B, R)$



# Máquinas de Turing

---

a/a,R



$q_1$



$q_2$



$q_3$

- $\delta: Q \times \Gamma \rightarrow Q \times \Gamma \times \{L, R\}$  es la relación de transición

$$\delta(q_1, a) = (q_1, a, R)$$

$$\delta(q_1, b) = (q_1, a, R)$$

$$\delta(q_1, B) = (q_2, B, L)$$

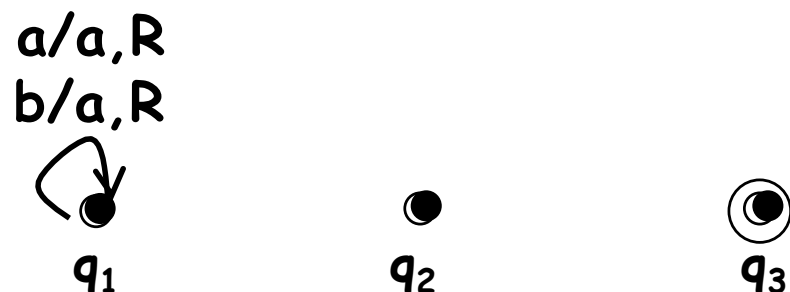
$$\delta(q_2, a) = (q_2, d, L)$$

$$\delta(q_2, d) = (q_3, d, L)$$

$$\delta(q_2, B) = (q_2, B, R)$$

# Máquinas de Turing

---



- $\delta: Q \times \Gamma \rightarrow Q \times \Gamma \times \{L, R\}$  es la relación de transición

$$\delta(q_1, a) = (q_1, a, R)$$

$$\delta(q_1, b) = (q_1, a, R)$$

$$\delta(q_1, B) = (q_2, B, L)$$

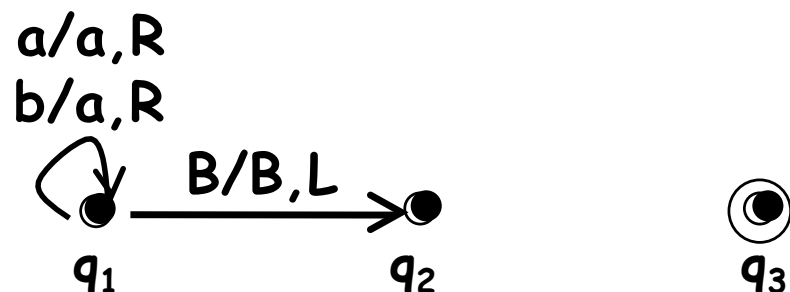
$$\delta(q_2, a) = (q_2, d, L)$$

$$\delta(q_2, d) = (q_3, d, L)$$

$$\delta(q_2, B) = (q_2, B, R)$$

# Máquinas de Turing

---



- $\delta: Q \times \Gamma \rightarrow Q \times \Gamma \times \{L, R\}$  es la relación de transición

$$\delta(q_1, a) = (q_1, a, R)$$

$$\delta(q_1, b) = (q_1, a, R)$$

$$\delta(q_1, B) = (q_2, B, L)$$

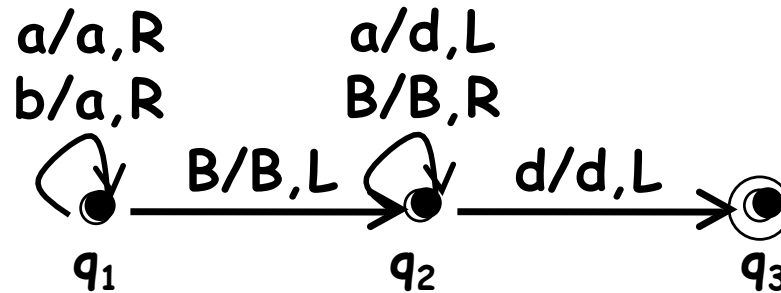
$$\delta(q_2, a) = (q_2, d, L)$$

$$\delta(q_2, d) = (q_3, d, L)$$

$$\delta(q_2, B) = (q_2, B, R)$$

# Máquinas de Turing

---



- $\delta: Q \times \Gamma \rightarrow Q \times \Gamma \times \{L, R\}$  es la relación de transición

$$\delta(q_1, a) = (q_1, a, R)$$

$$\delta(q_1, b) = (q_1, a, R)$$

$$\delta(q_1, B) = (q_2, B, L)$$

$$\delta(q_2, a) = (q_2, d, L)$$

$$\delta(q_2, d) = (q_3, d, L)$$

$$\delta(q_2, B) = (q_2, B, R)$$

# Máquinas de Turing

---

**Construir una MT para los siguientes lenguajes:**

- **Regulares (LR)**

- $a^*, a^+b^+, (a \cup b)^*aa(a \cup b)^*$

- **Independientes del contexto (LIC)**

- $a^n b^n, a^n b^{2n}, a^m b^n c^{m+n}, a^m b^n c^{m-n}, a^{3n} b^n, a^n b^m c^n,$   
 $a^{2n} b^m c^{2m} d^n, a^n b^{n+m} c^m$

- **Recursivamente enumerables (LRE)**

- $a^n b^n c^n, w c w, a^n b^m c^n d^m, a^n b^n c^m (m > n)$

# Máquinas de Turing

---

**Construir una MT que acepte  $a^*$**

# Máquinas de Turing

---

Construir una MT que acepte  $a^*$

B	a	a	a	a	B
---	---	---	---	---	---

B	B	B	B	B	B
---	---	---	---	---	---

# Máquinas de Turing

---

**Construir una MT que acepte  $a^*$**

**Idea:** avanzar en la cinta con cada  $a$  hasta que llegue a  $B$ .  
Luego pasar a un estado de aceptación

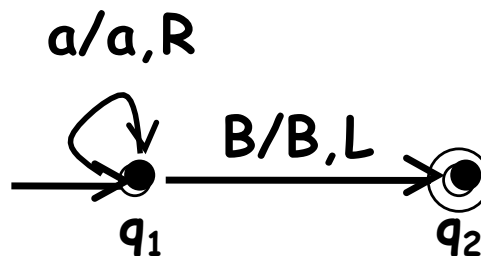


# Máquinas de Turing

---

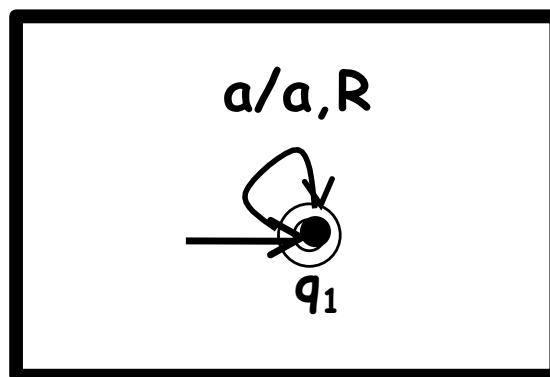
**Construir una MT que acepte  $a^*$**

**Idea:** avanzar en la cinta con cada  $a$  hasta que llegue a  $B$ .  
Luego pasar a un estado de aceptación



# Máquinas de Turing

---



¿Por qué no es válida esta MT para aceptar  $a^*$ ?

# Máquinas de Turing

---

**Construir una MT que acepte  $a^+b^+$**

# Máquinas de Turing

---

Construir una MT que acepte  $a^+b^+$

B	a	a	a	b	B
---	---	---	---	---	---

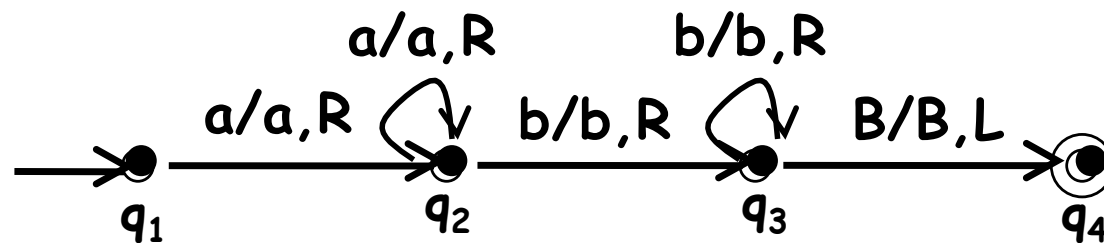
B	a	b	b	b	B
---	---	---	---	---	---

# Máquinas de Turing

---

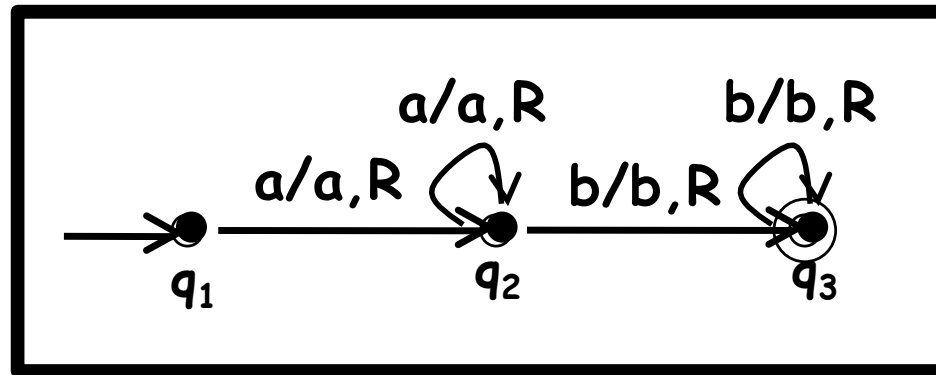
Construir una MT que acepte  $a^+b^+$

**Idea:** avanzar en la cinta con cada a hasta que llegue a una b. Luego se avanza con cada b hasta encontrar una B



# Máquinas de Turing

---



¿Por qué no es válida esta MT para aceptar  $a^+b^+$ ?

# Máquinas de Turing

---

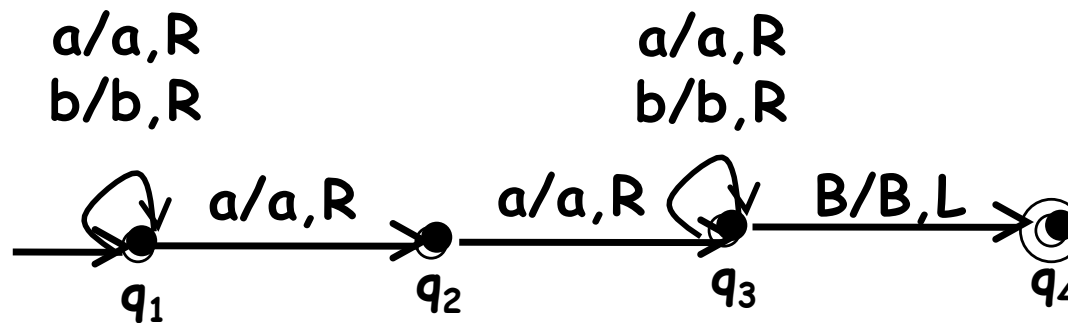
**Construir una MT que acepte  $(a \cup b)^*aa(a \cup b)^*$**

# Máquinas de Turing

---

Construir una MT que acepte  $(a \cup b)^* aa(a \cup b)^*$

**Idea:** avanzar en la cinta con cada a hasta que llegue a una b. Luego se avanza con cada b hasta encontrar una B





# Máquinas de Turing

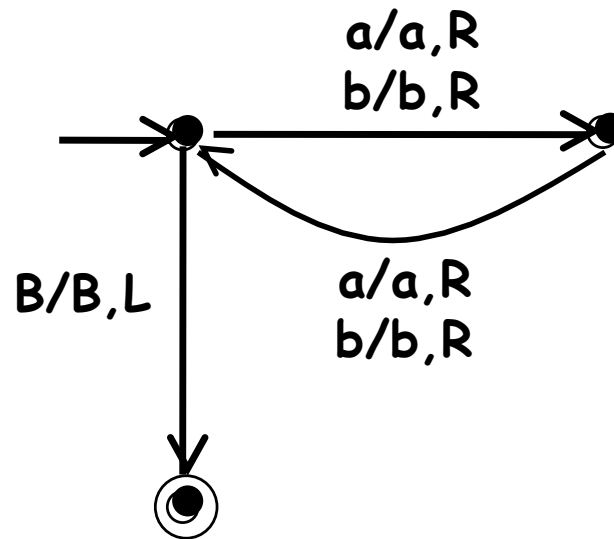
---

Construir una MT que acepte  $L = \{w \in \{a,b\}^* \mid w \text{ es de longitud par}\}$

# Máquinas de Turing

---

**Idea:** por cada a o b se deja ese símbolo, solo se llega a un estado de aceptación si se colocan de a dos símbolos



# Máquinas de Turing

---

Construir una MT que acepte  $L = \{a^n b^n, n \geq 1\}$

# Máquinas de Turing

---

Construir una MT que acepte  $L = \{a^n b^n, n \geq 1\}$

B	a	a	b	b	B
---	---	---	---	---	---

B	a	a	a	a	b	b	b	b	B
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

# Máquinas de Turing

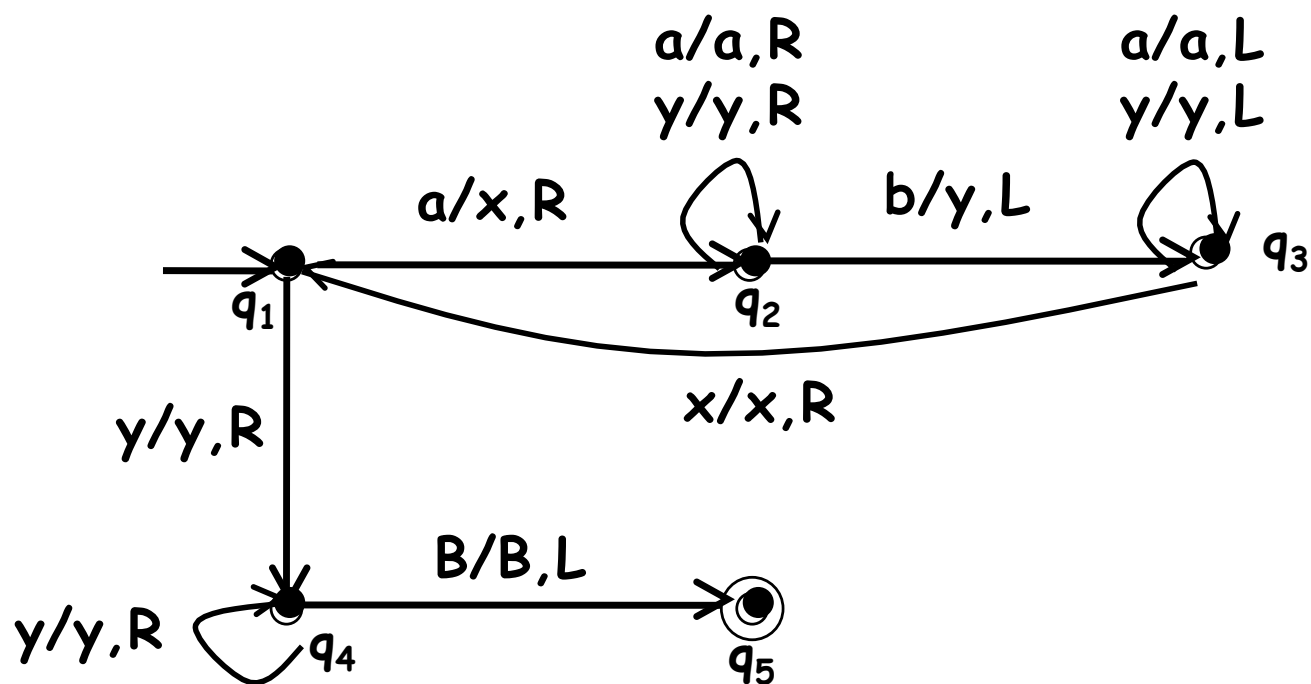
---

**Construir una MT que acepte  $L=\{a^n b^n, n \geq 1\}$**

**Idea:** empezar con la a más a la izquierda y convertirla en c, desplazarse hacia la derecha hasta encontrar la primera b y cambiarla por una d. Luego, desplazarse hacia la izquierda hasta encontrar una c y repetir el proceso. Solo se pasa a un estado de aceptación si no quedan a's y b's

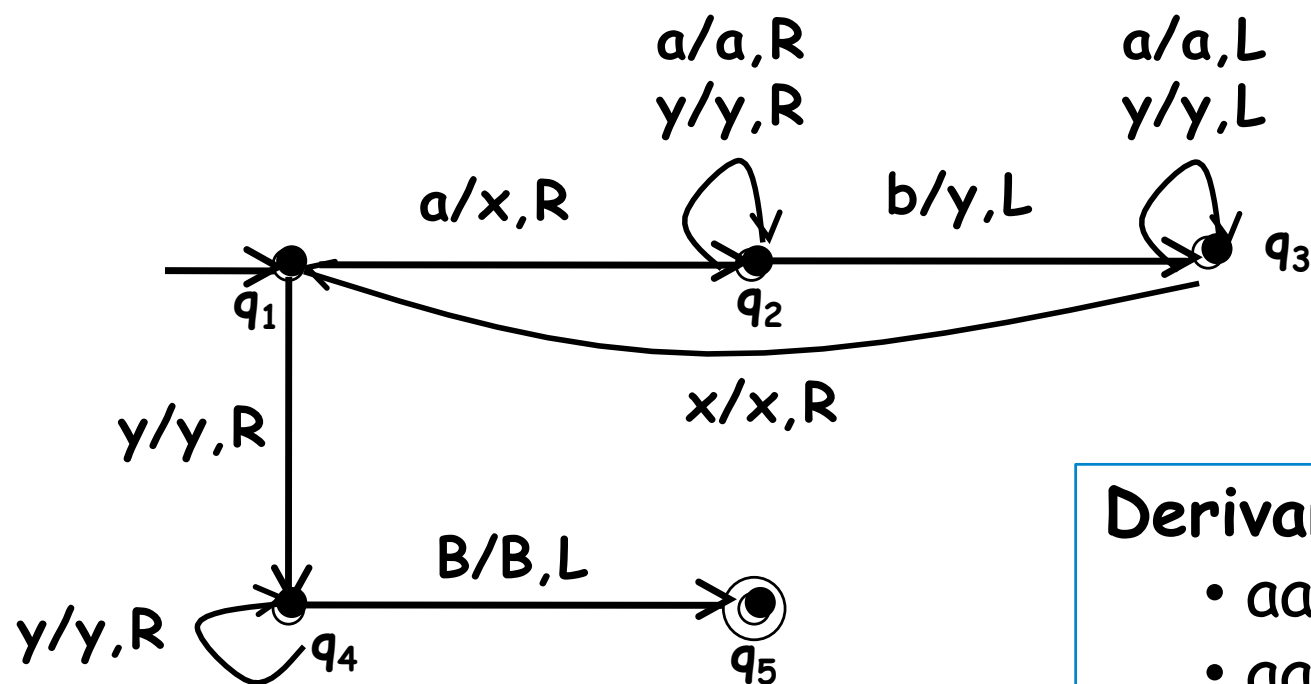
# Máquinas de Turing

MT que acepte  $L = \{a^n b^n, n \geq 1\}$



# Máquinas de Turing

MT que acepte  $L = \{a^n b^n, n \geq 1\}$



**Derivar**

- aabb
- aaabb
- abbb

# Máquinas de Turing

---

Construir una MT que acepte  $L = \{a^n b^{2n}, n \geq 1\}$



# Máquinas de Turing

---

Construir una MT que acepte  $L = \{a^n b^{2n}, n \geq 1\}$

B	a	b	b	B
---	---	---	---	---

B	a	a	b	b	b	b	B
---	---	---	---	---	---	---	---

# Máquinas de Turing

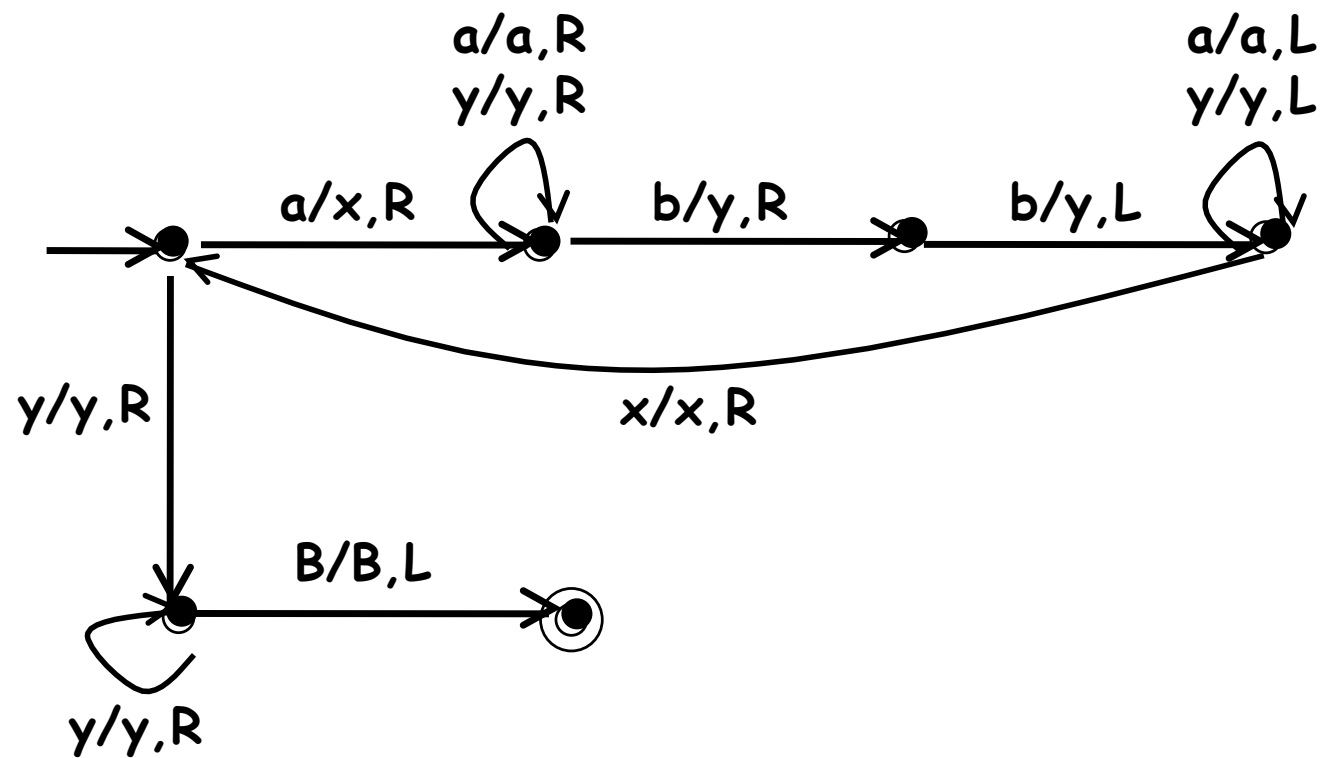
---

**Construir una MT que acepte  $L=\{a^n b^{2n}, n \geq 1\}$**

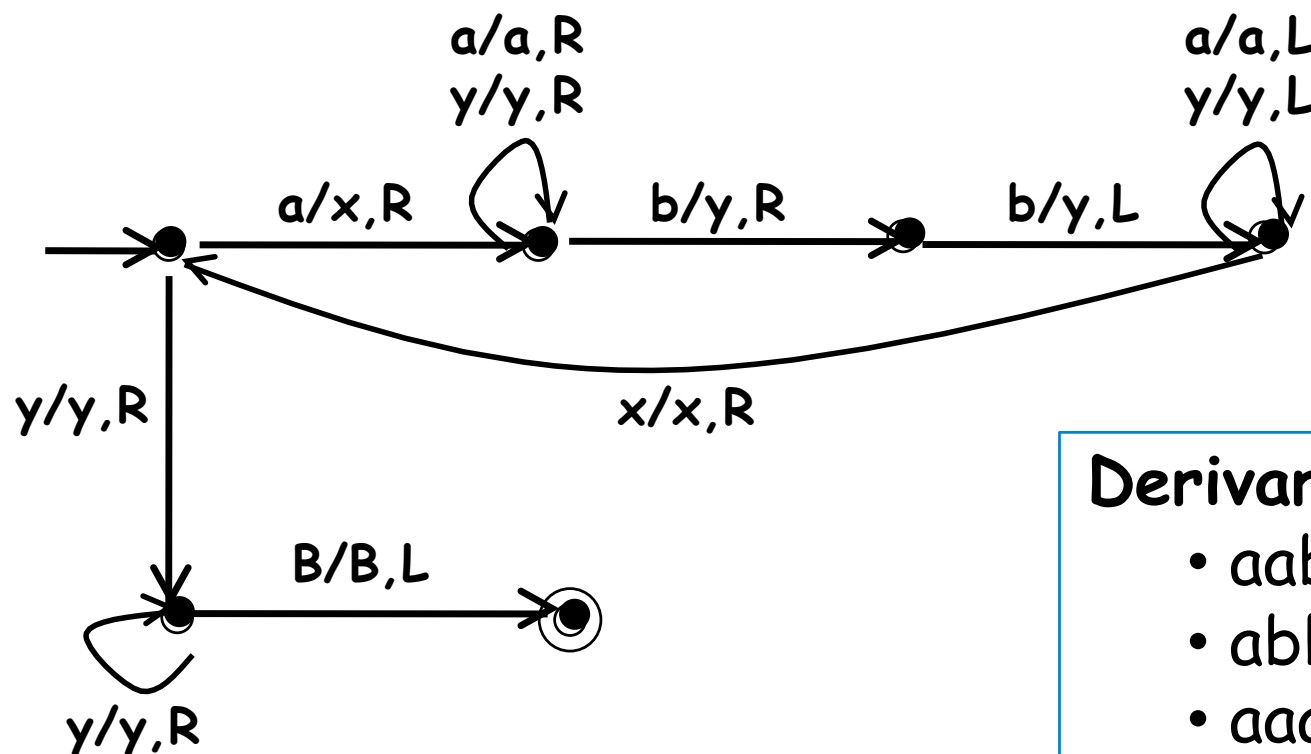
**Idea:** por cada a se coloca una x, se buscan dos b's consecutivas y se reemplazan por y. Se desplaza hacia la izquierda buscando la x y se repite el proceso para toda a.

# Máquinas de Turing

---



# Máquinas de Turing



## Derivar

- aabbbb
- abbb
- aaab

# Máquinas de Turing

---

Construir una MT que acepte  $L = \{a^m b^n, m, n \geq 1\}$

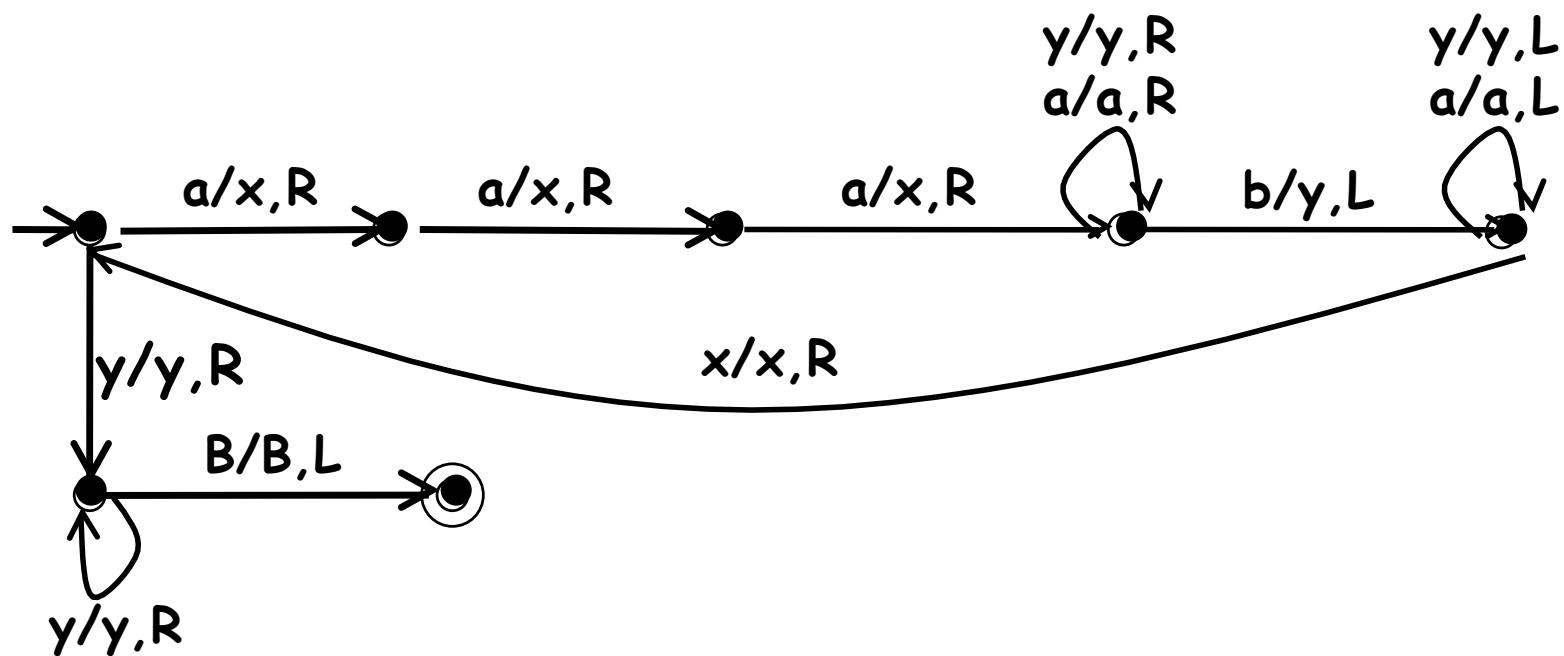
# Máquinas de Turing

---

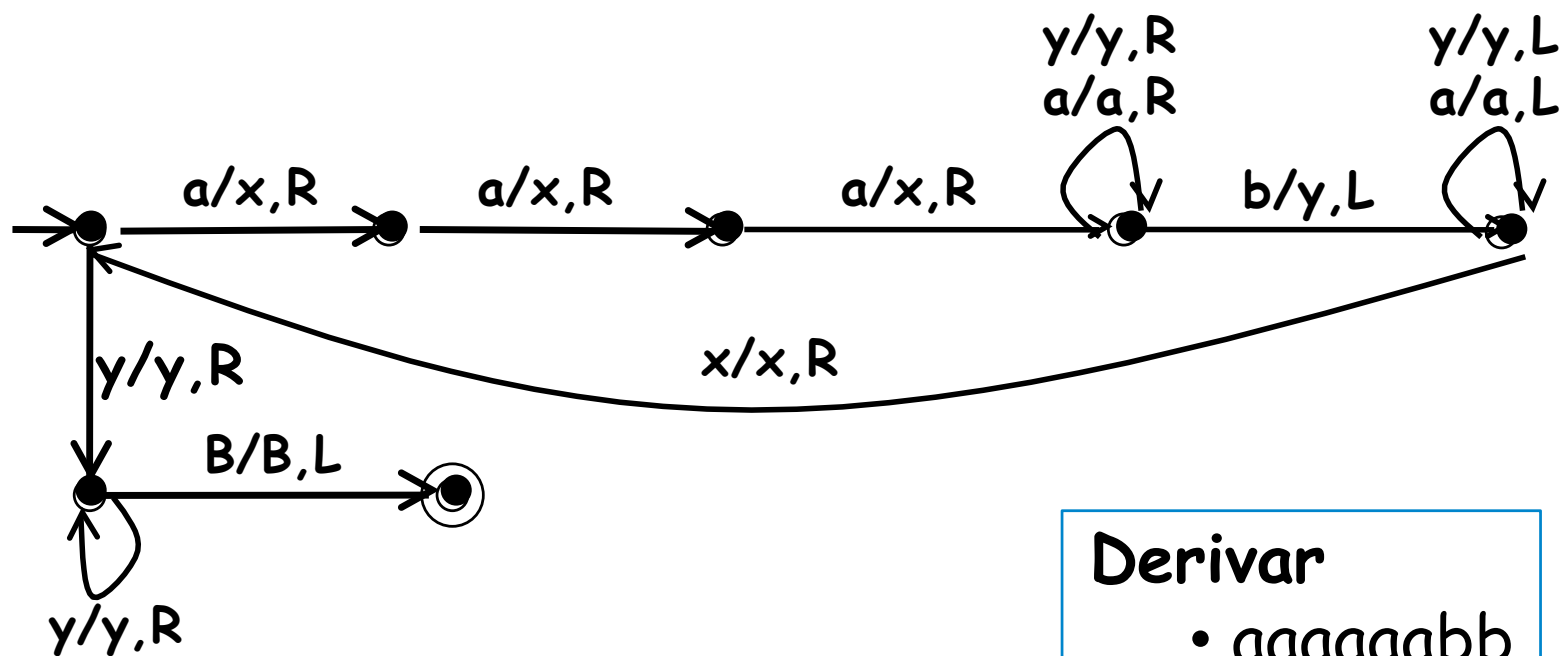
**Construir una MT que acepte  $L=\{a^{3n}b^n, m, n \geq 1\}$**

**Idea:** se reemplazan tres a's por x y se pasa a buscar una b, que se convierte en y. Se desplaza hacia la izquierda buscando la x y se repite el proceso

# Máquinas de Turing



# Máquinas de Turing



## Derivar

- aaaaaabb
- aaabb
- aab



# Máquinas de Turing

---

Construir una MT que acepte  $L = \{a^n b^m c^n, m, n \geq 1\}$

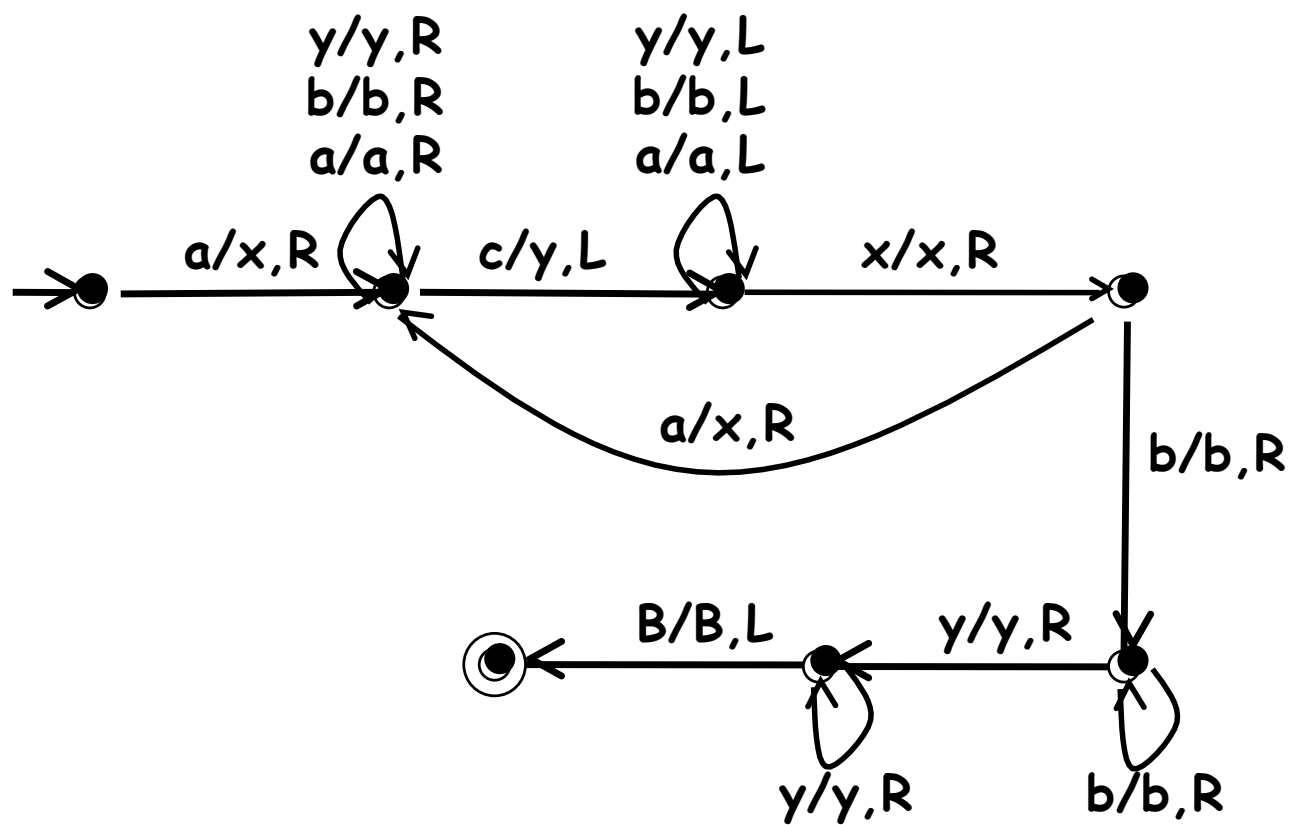
# Máquinas de Turing

---

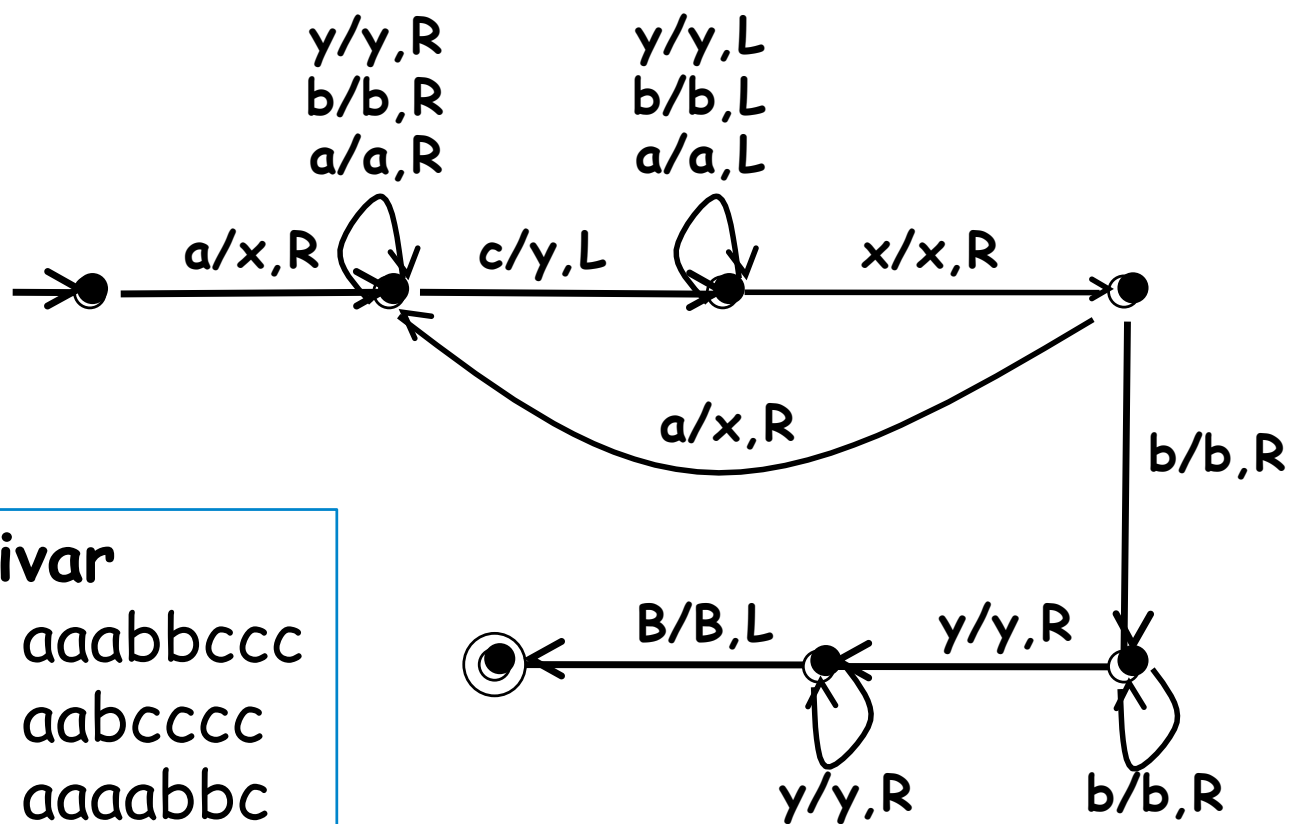
**Construir una MT que acepte  $L=\{a^n b^m c^n, m, n \geq 1\}$**

**Idea:** se reemplazan a por x y se pasa por cualquier cantidad de b's buscando una c que se reemplaza por y. Se desplaza hacia la izquierda buscando la x y se repite el proceso

# Máquinas de Turing



# Máquinas de Turing



## Derivar

- aaabbccc
- aabccccc
- aaaabbbc

# Máquinas de Turing

---

Construir una MT que acepte  $L = \{a^m b^n c^{m+n}, m, n \geq 1\}$

# Máquinas de Turing

---

Construir una MT que acepte  $L = \{a^m b^n c^{m+n}, m, n \geq 1\}$

B	a	b	b	c	c	c	B
---	---	---	---	---	---	---	---

B	a	a	b	b	b	c	c	c	c	c	B
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

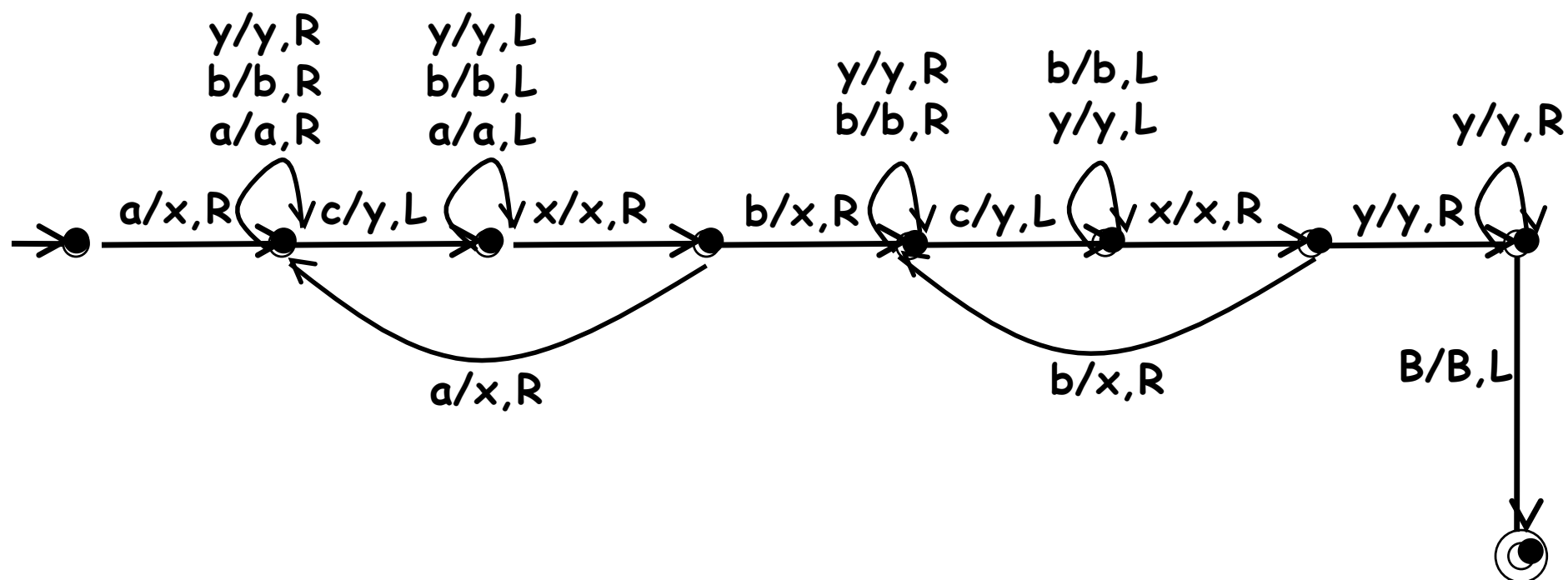
# Máquinas de Turing

---

**Construir una MT que acepte  $L=\{a^m b^n c^{m+n}, m, n \geq 1\}$**

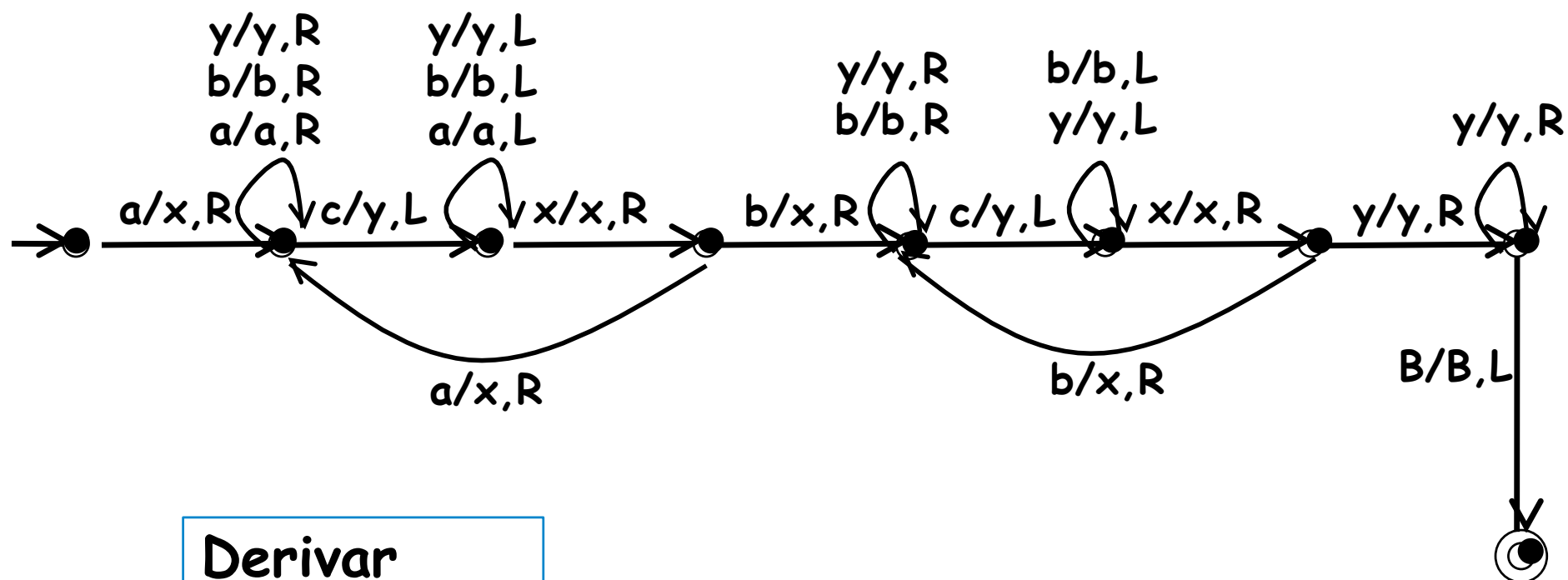
**Idea:** por cada a se coloca una x y se busca una c, que es reemplazada por una y. Se desplaza hacia la izquierda buscando la x y se repite el proceso para toda a. Cuando se lea una b, se reemplaza por x y se busca una c que es reemplazada por y. Luego se desplaza a la izquierda buscando una x y se repite el proceso

# Máquinas de Turing





# Máquinas de Turing



## Derivar

- abbccc
- abccc
- aaabc

# Máquinas de Turing

---

Construir una MT que acepte  $L = \{a^{2^n}b^m c^{2^m}d^n, m, n \geq 1\}$

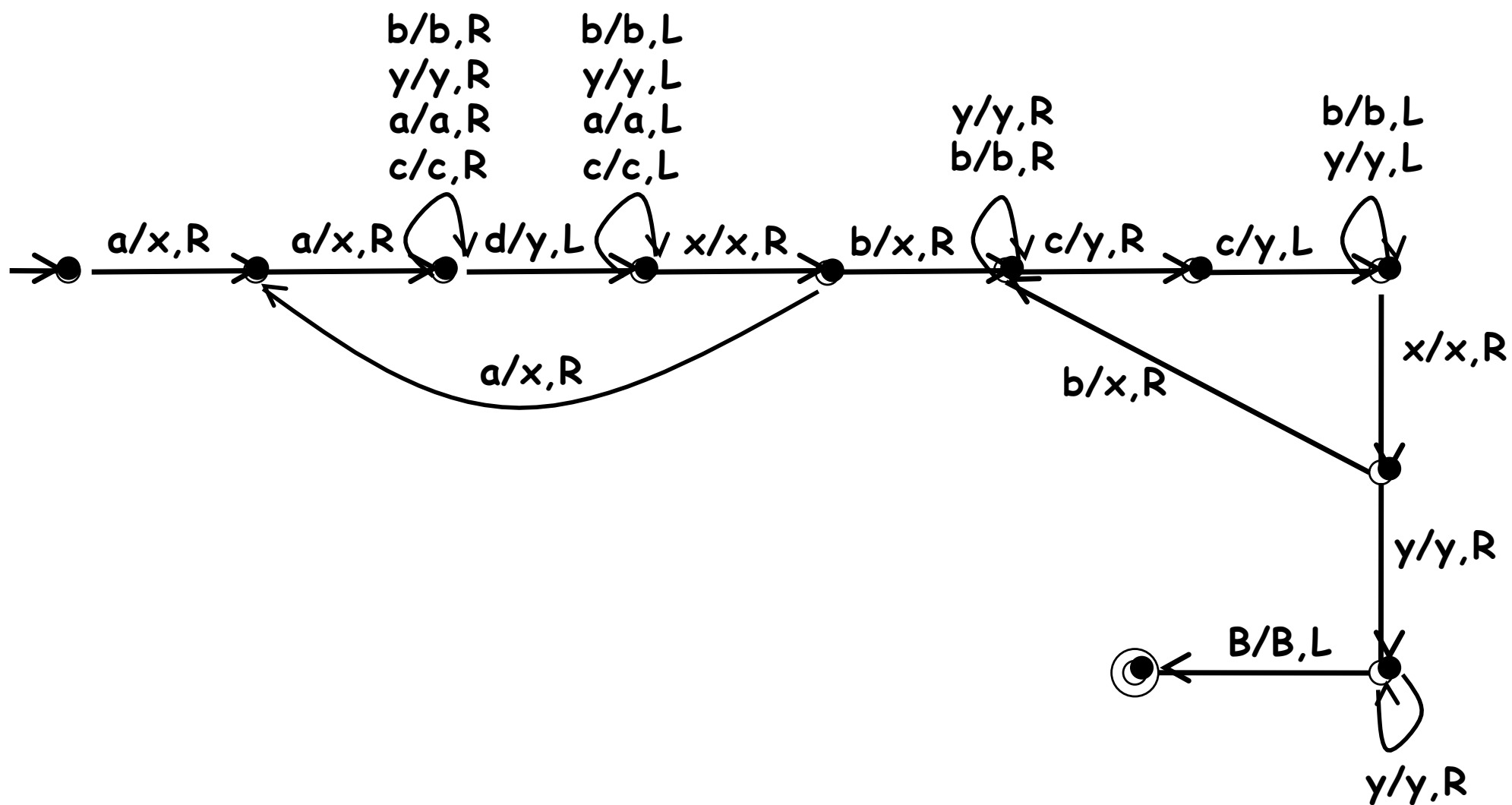
# Máquinas de Turing

---

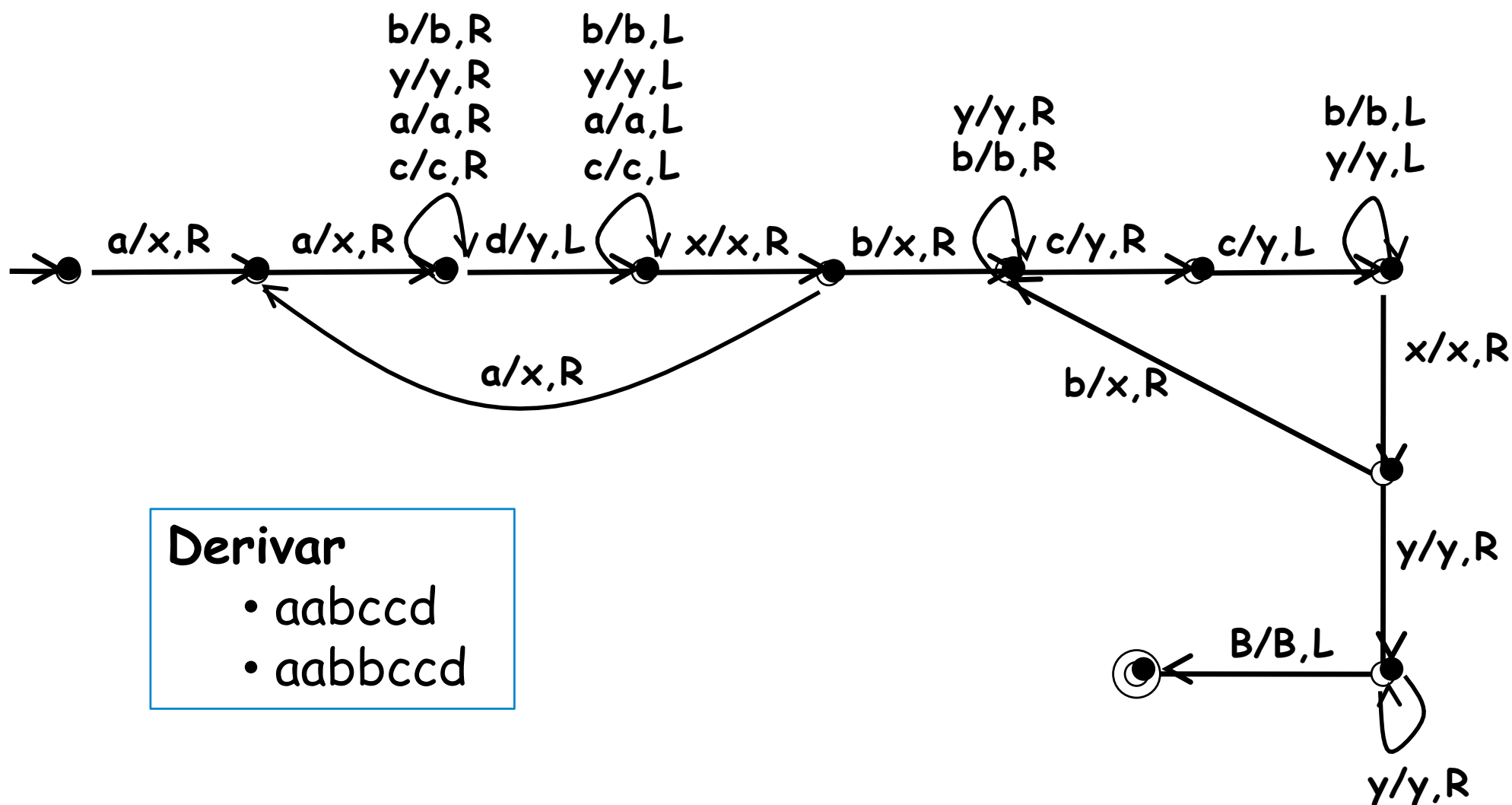
**Construir una MT que acepte  $L=\{a^{2n}b^m c^{2m}d^n, m,n \geq 1\}$**

**Idea:** se reemplazan dos a's por x y se busca una d que es reemplazada por y. Se desplaza hacia la izquierda hasta encontrar la x y se repite el procedimiento. Si después de la x hay una b, se reemplaza por x y se buscan dos c's que son reemplazadas por y's. Se desplaza hacia la izquierda buscando una x y se repite el procedimiento

# Máquinas de Turing



# Máquinas de Turing



# Máquinas de Turing

---

Construir una MT que acepte  $L = \{a^n b^{n+m} c^m, m, n \geq 1\}$

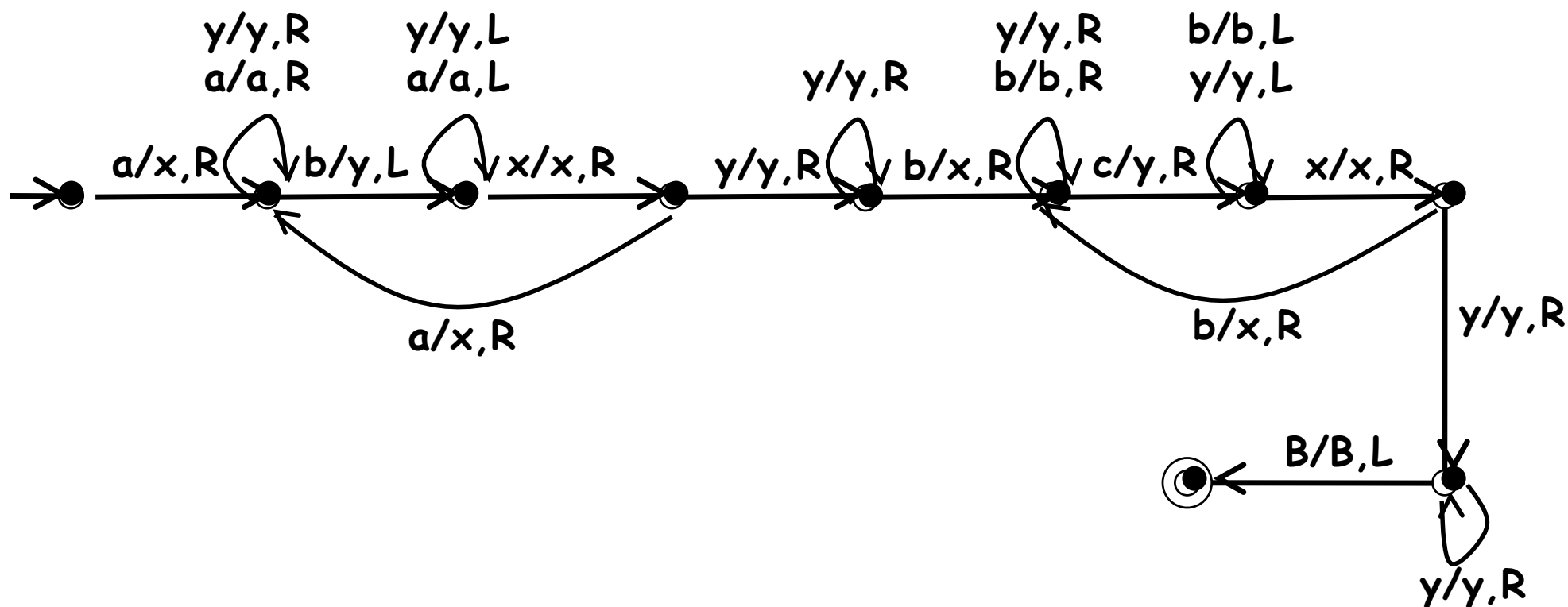
# Máquinas de Turing

---

**Construir una MT que acepte  $L=\{a^n b^{n+m} c^m, m, n \geq 1\}$**

**Idea:** por cada a se reemplaza por x y se busca una b que es reemplaza por y. Se avanza hacia la izquierda hasta encontrar una x y se repite el procedimiento. Cuando se terminen las a's se reemplaza por y cada x y se busca un c que es reemplaza por y. Se avanza hacia la izquierda y se repite el procedimiento

# Máquinas de Turing







# Máquinas de Turing

---

**Analice la posibilidad de diseñar una MT que acepte cada uno de los siguientes lenguajes:**

- $\{a^n b^n c^n \mid n \geq 1\}$
- $\{wcw \mid w \in \{a,b\}^*\}$
- $\{a^n b^m c^n d^m \mid n, m \geq 1\}$
- $\{a^n b^n c^m \mid m \geq n\}$

# Máquinas de Turing

---

**MT que acepte  $L=\{a^n b^n c^n, n \geq 1\}$**

# Máquinas de Turing

---

MT que acepte  $L = \{a^n b^n c^n, n \geq 1\}$

B	a	a	b	b	c	c	B
---	---	---	---	---	---	---	---

B	a	a	a	b	b	b	c	c	c	B
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

# Máquinas de Turing

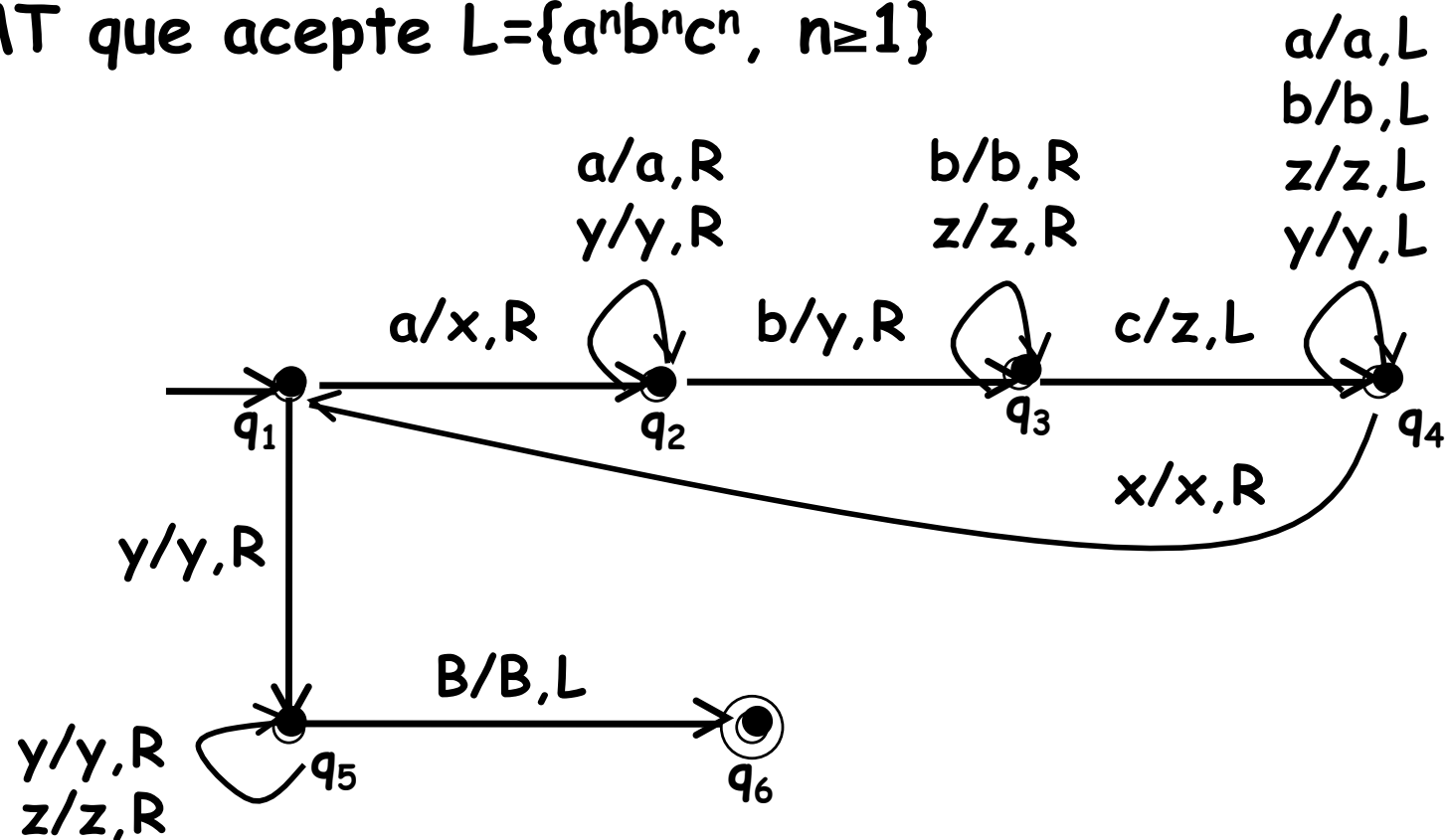
---

**MT que acepte  $L=\{a^n b^n c^n, n \geq 1\}$**

**Idea:** empezar con la a más a la izquierda y convertirla en x, desplazarse hacia la derecha hasta encontrar la primera b y cambiarla por una y, desplazarse hacia la derecha hasta encontrar una c, se reemplaza por z. Desplazarse a la izquierda hasta encontrar una x, se mueve a la derecha y se repite el proceso

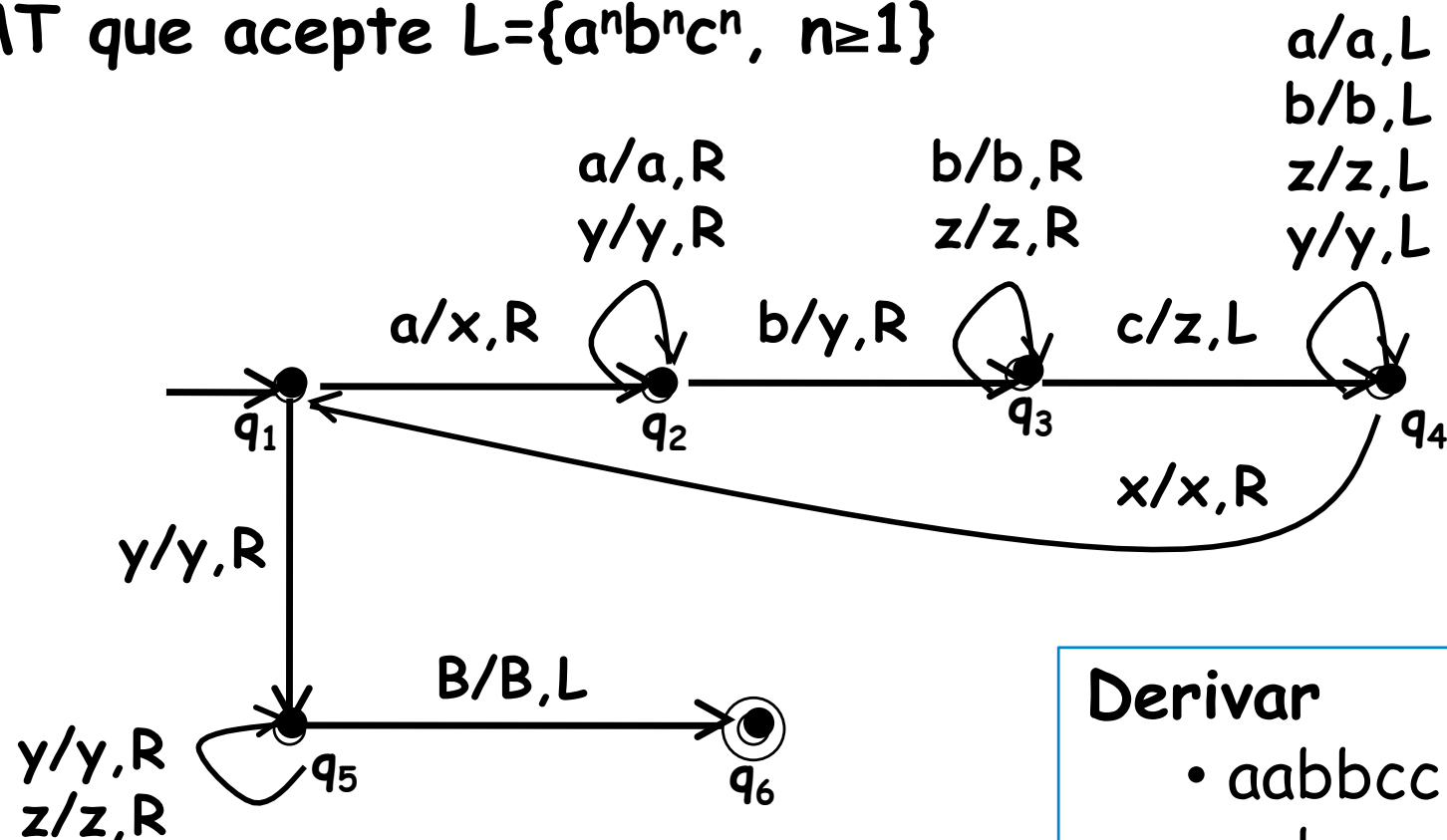
# Máquinas de Turing

MT que acepte  $L = \{a^n b^n c^n, n \geq 1\}$



# Máquinas de Turing

MT que acepte  $L = \{a^n b^n c^n, n \geq 1\}$



Derivar

- aabbcc
- aabc
- abca

# Máquinas de Turing

---

MT que acepte  $L = \{wcw \mid w \in \{a,b\}^*\}$



# Máquinas de Turing

---

MT que acepte  $L = \{wcw \mid w \in \{a,b\}^*\}$

B	a	b	b	c	a	b	b	B
---	---	---	---	---	---	---	---	---

B	b	a	a	b	c	b	a	a	b	B
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

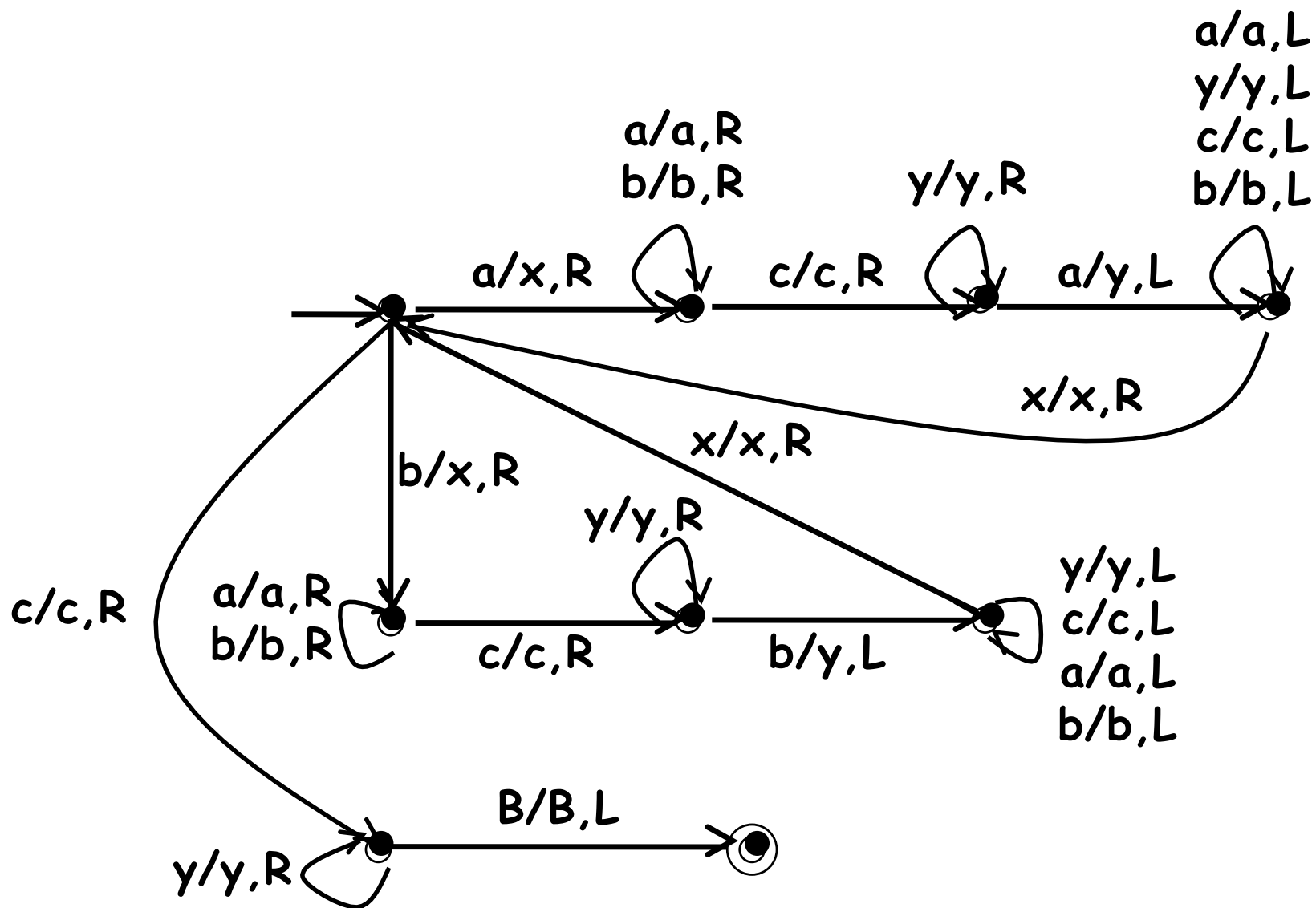
# Máquinas de Turing

---

**MT que acepte  $L = \{wcw \mid w \in \{a,b\}^*\}$**

**Idea:** se toma el símbolo inicial que puede ser a o b, se reemplaza por x y se desplaza a la derecha hasta encontrar la c. Se busca después el mismo símbolo que se reemplazó por x. Se desplaza hacia la izquierda hasta encontrar la x y se repite el proceso

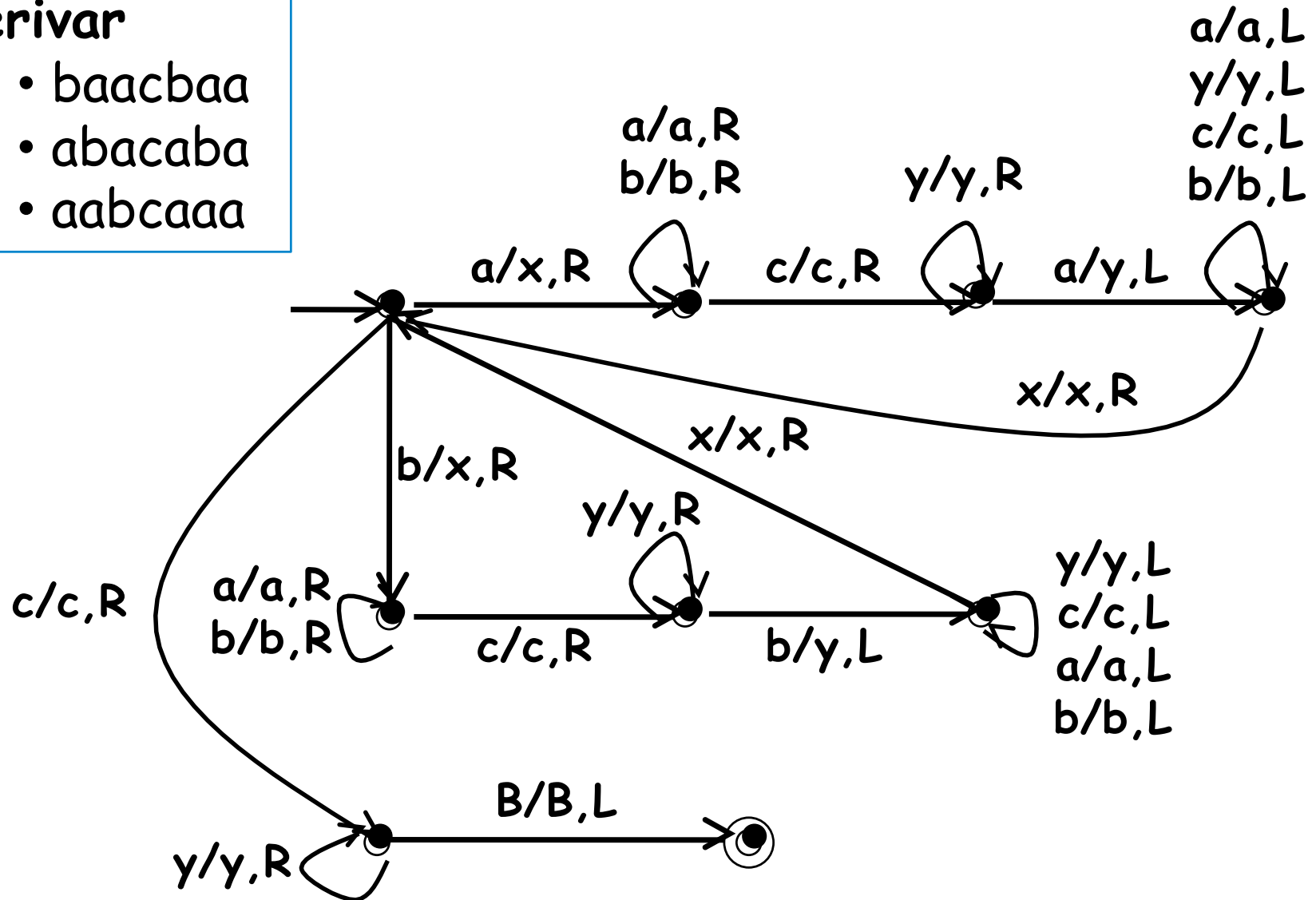
# Máquinas de Turing



# Máquinas de Turing

## Derivar

- baacbaa
- abacaba
- aabcaaa



# Máquinas de Turing

---

MT que acepte  $L = \{a^n b^m c^n d^m, m, n \geq 1\}$

# Máquinas de Turing

---

MT que acepte  $L = \{a^n b^m c^n d^m, m, n \geq 1\}$

B	a	b	b	c	d	d	B
---	---	---	---	---	---	---	---

B	a	a	b	b	b	c	c	d	d	d	B
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

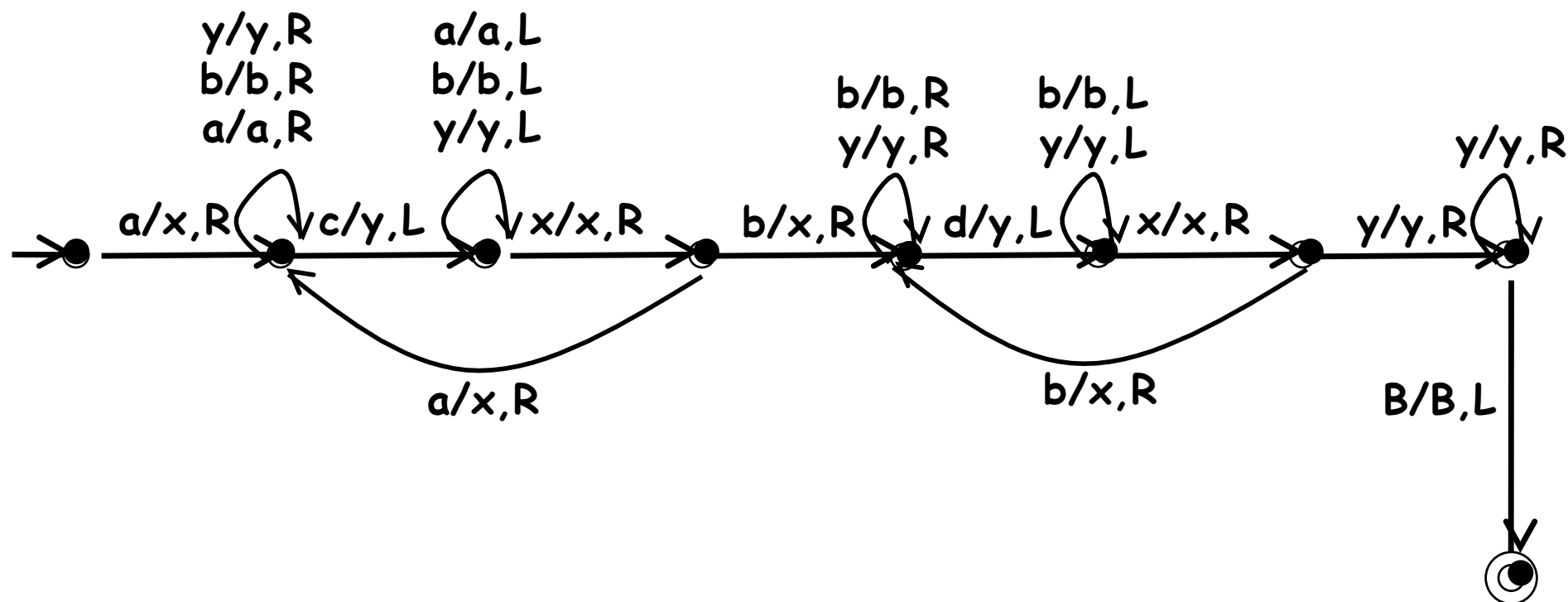
# Máquinas de Turing

---

**MT que acepte  $L=\{a^n b^m c^n d^m, m, n \geq 1\}$**

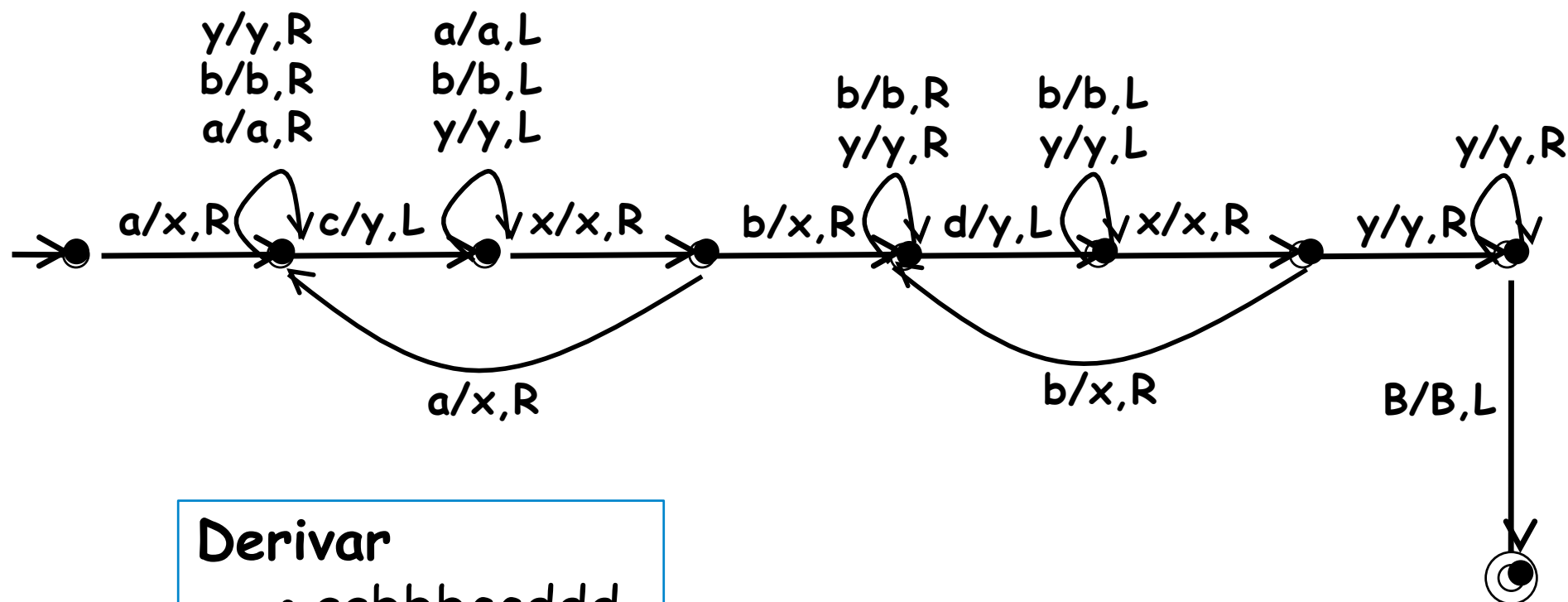
**Idea:** se reemplaza a por x y se busca una c que se cambia por y. Se avanza hacia la izquierda hasta encontrar una x y se repite el procedimiento. Cuando terminen las a's, se tendrá una b que se reemplaza por x y se busca una d que es cambiada por y. Se avanza hacia la izquierda hasta encontrar una x y se repite el procedimiento

# Máquinas de Turing





# Máquinas de Turing



## Derivar

- aabbbccddd
- aabbccdd
- aabccddd