

Diagrama de flujos



El Estado del Sistema

- Los sistemas evolucionan gracias a la retroalimentación de la información del estado del sistema a los flujos que alteran el sistema.
- El estado del sistema cambia debido a la influencia de las tasas netas de cambio que lo hacen variar en el tiempo.



Los diagramas de flujo

- Se denominan también Diagramas de Forrester
- Es una traducción del Diagrama Causal a una terminología que permite la escritura de las ecuaciones en la computadora.
- Esto permite:
 - validar el modelo,
 - observar la evolución temporal de las variables y
 - hacer análisis de sensibilidad.



Su función

- Caracterizan el estado del sistema ya que acumulan las diferencia entre entradas y salidas de flujo en cierto momento .
- Proveen la base para acciones y decisiones en la modelación.
- Son ellos los elementos que generan inercia.
- Son fuentes de retrasos y crean desequilibrios dinámicos al desacoplar el flujo dentro del sistema.



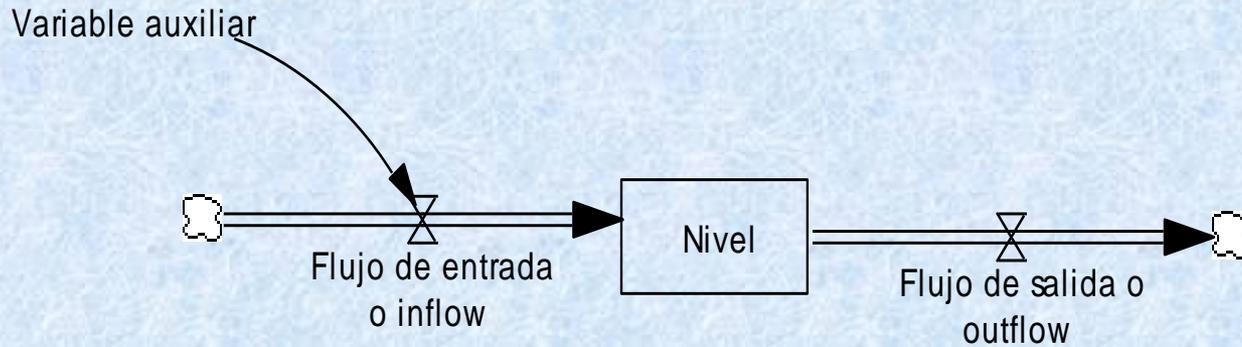
Etapas

Como regla general:

- Hacer una fotografía mental al sistema y lo que salga en ella (personas, km², litros, animales,..) eso son **Niveles**.
- Buscar o crear unos elementos que sean "la variación de los Niveles", (personas/día, litros/hora, ...) y esos son los **Flujos**.
- El resto de elementos son las **Variables Auxiliares**.



Elementos



 Niveles o acumulaciones

 Regulador de flujo

 Flujo

 Fuente o destino
Acumulaciones fuera del sistema

Niveles

- Los "Niveles" son aquellos elementos que muestran en cada instante la situación del modelo, presentan una acumulación y varían solo en función de otros elementos denominados "flujos".
- Las "nubes" dentro del diagrama de flujos son niveles de contenido inagotable. Los niveles se representan por un rectángulo.

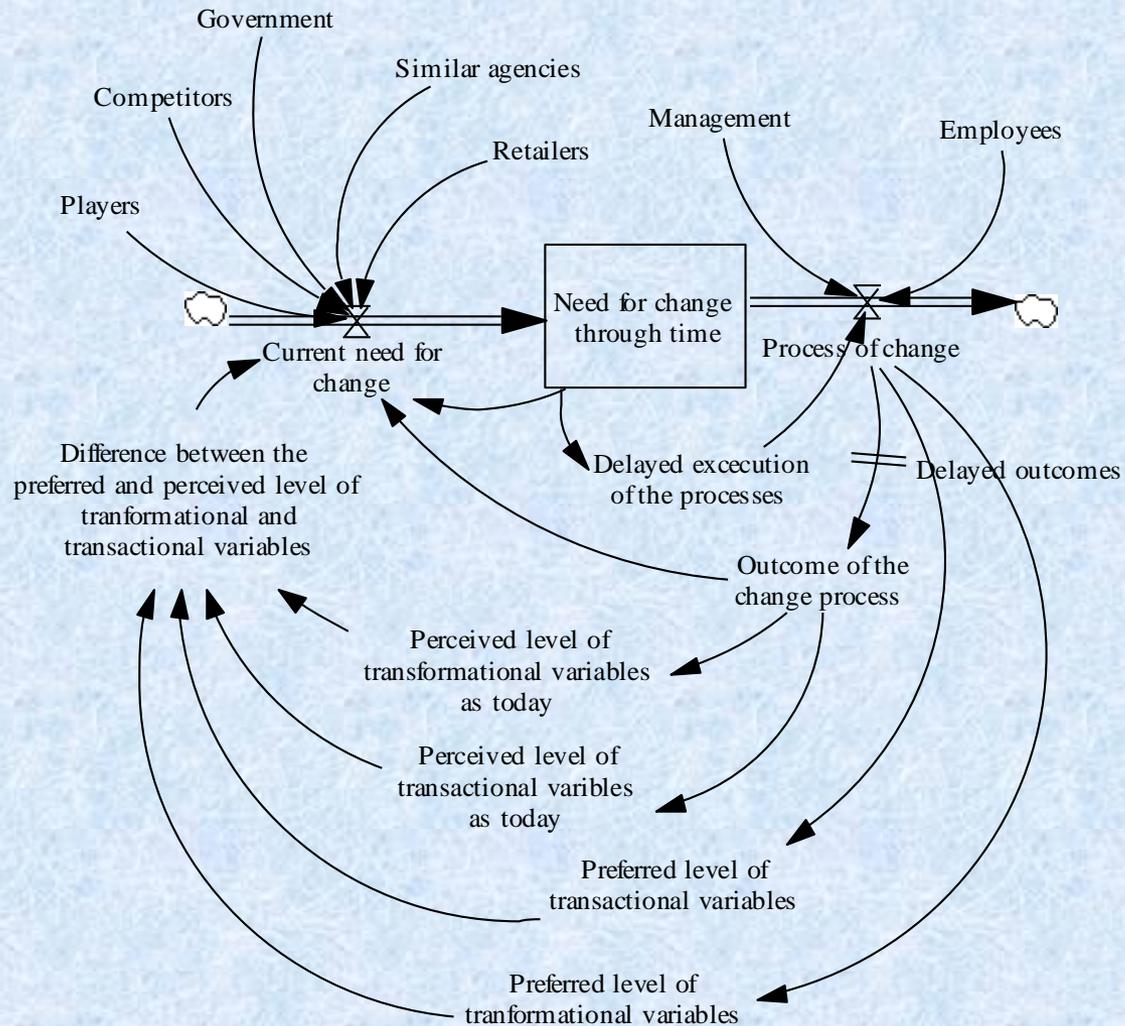
Flujos

- Los "flujos" son elementos que pueden definirse como funciones temporales.
- Recogen las acciones resultantes de las decisiones tomadas en el sistema, determinando las variaciones de los niveles.

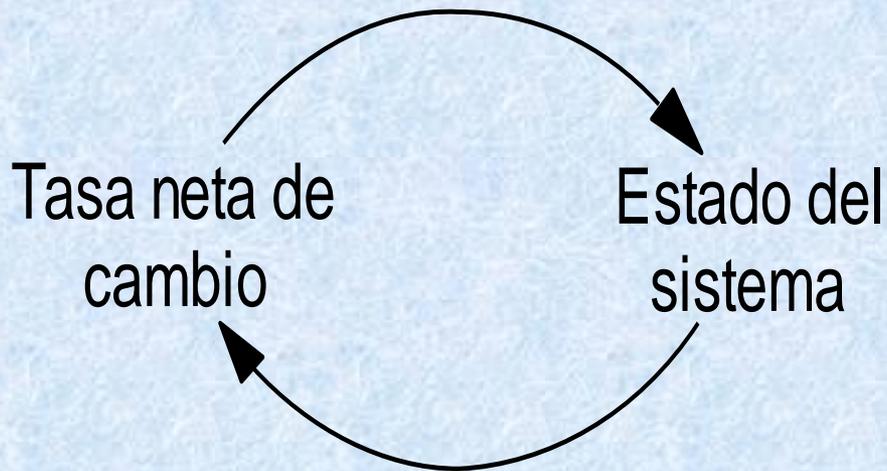


Otros elementos

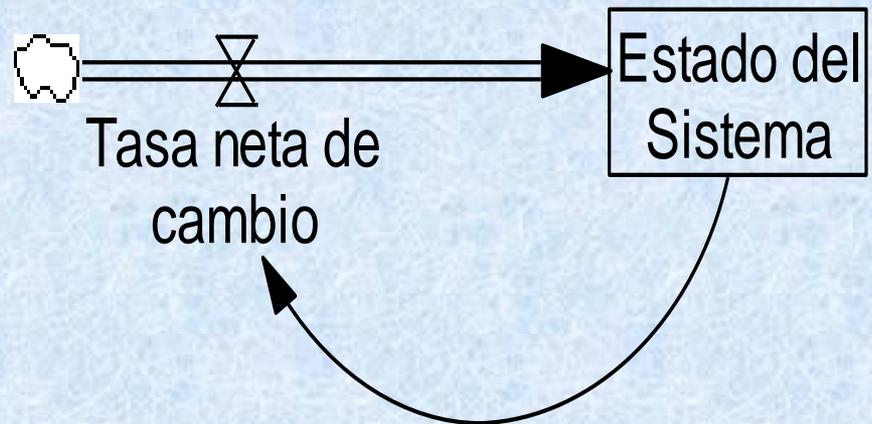
- Las "variables auxiliares" y las "constantes", son parámetros que permiten una visualización mejor de los aspectos que condicionan el comportamiento de los flujos.



Ejemplo



(a)



(b)

La Dinámica de los Flujos y Niveles

- Un nivel está en equilibrio cuando no cambia en el tiempo.
- Para que un nivel esté en equilibrio, las tasas de entrada y de salida deben ser iguales,
- La diferencia neta entre entradas y salidas debe ser cero.
- Este estado se define como estado de equilibrio dinámico.



La Dinámica de los Flujos y Nivel

La acumulación total en el nivel en determinado tiempo t está definido por la siguiente expresión:

$$\text{Stock}(t) = \int_{t_0}^t (\text{Inflow}(s) - \text{Outflow}(s))ds + \text{Stock}(t_0)$$

INTEG(Inflows(s) – Outflows(s), Stock(t₀))

En esta expresión, $\text{Inflow}(s)$ representa el flujo de entrada s entre el tiempo inicial t_0 y el tiempo t

La tasa de cambio de cualquier nivel en cualquier tiempo t se define en base a la siguiente ecuación diferencial:

$$\frac{d\text{Stock}}{dt} = \text{Inflow}(t) - \text{Outflow}(t)$$

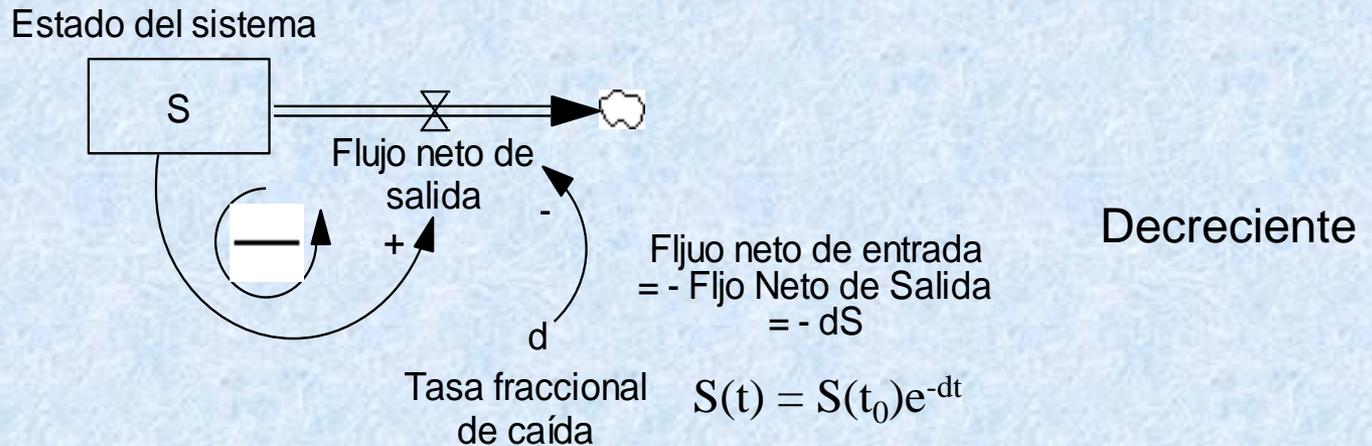
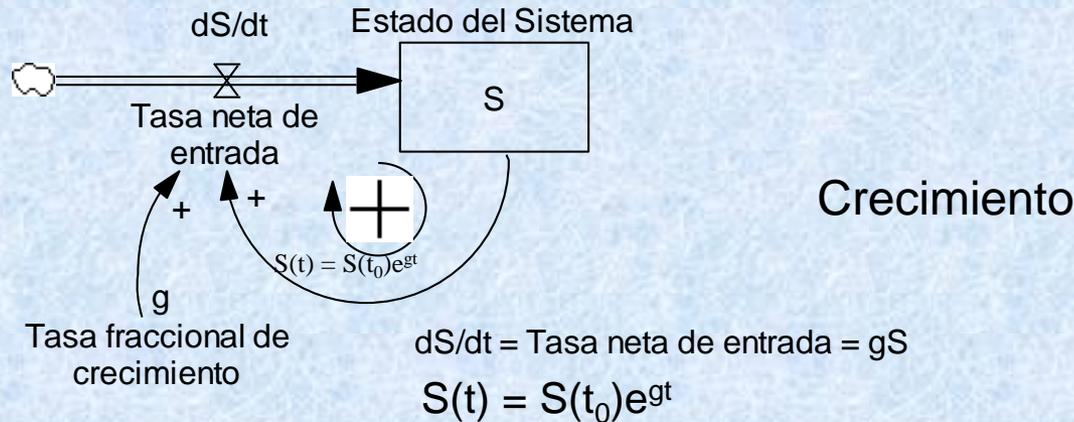


Sistemas de Primer Orden

- El orden del sistema está dado por el número de variables de estado, o niveles, que el tiene el sistema.
- Un sistema de primer orden tiene solamente un nivel.
- Un sistema lineal es aquel en el cual las ecuaciones de cambio son combinaciones lineales de las variables de estado y cualquier variable de entrada exógena.



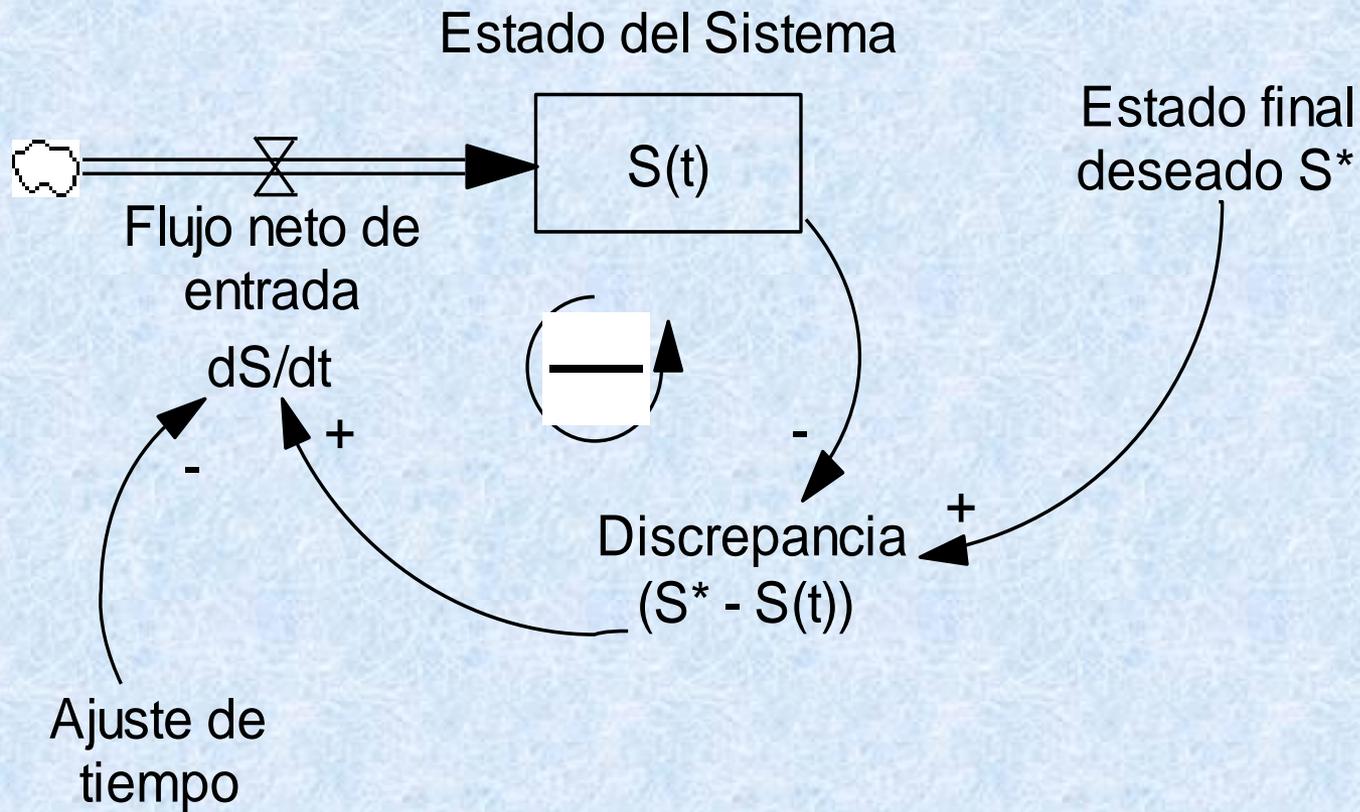
Sistema lineal de primer orden con comportamiento exponencial



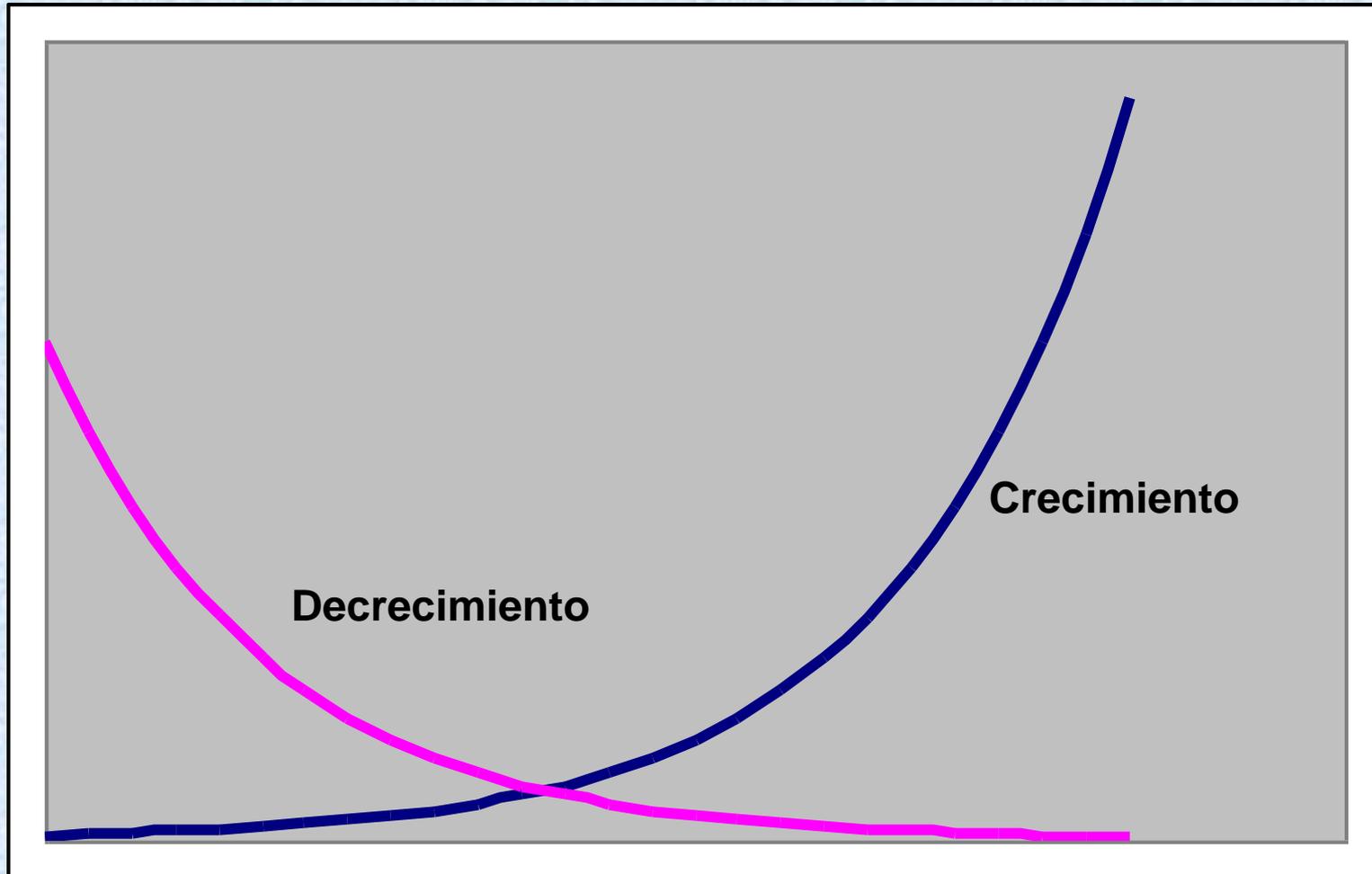
Sistema lineal de primer orden con comportamiento exponencial

- Para el caso general, el valor del flujo neto de entrada será función tanto de el valor deseado S^* , el valor del estado del sistema en cualquier instante de tiempo $S(t)$ y el tiempo t , tal que Flujo Neto = $f(S, S(t), t)$.
- Al no haber ningún elemento que impida el crecimiento o decrecimiento de la tasa neta de entrada, esta hará crecer (decrecer) el estado del sistema de manera infinita o a cero.
- En el caso de decrecimiento exponencial, todo lazo de retroalimentación negativa tiene un valor meta para el estado del sistema de S^* , que en este caso específico es cero

Sistema lineal de primer orden con retroalimentación negativa



Cambio Exponencial



Sistema lineal de primer orden con retroalimentación negativa

- Es posible ver la influencia del tiempo en las acciones correctivas.
- Esta constante de tiempo, o de ajuste de tiempo, es la fracción de tiempo en la que toma la discrepancia en ajustarse.
- Si se define este ajuste de tiempo como Δt , entonces, la manera más simple de definir o calcular el flujo neto de entrada será:

$$\text{Flujoneto de entrada} = \frac{dS}{dt} = \frac{(S^* - S(t))}{\Delta t}$$

Sistema lineal de primer orden con retroalimentación negativa

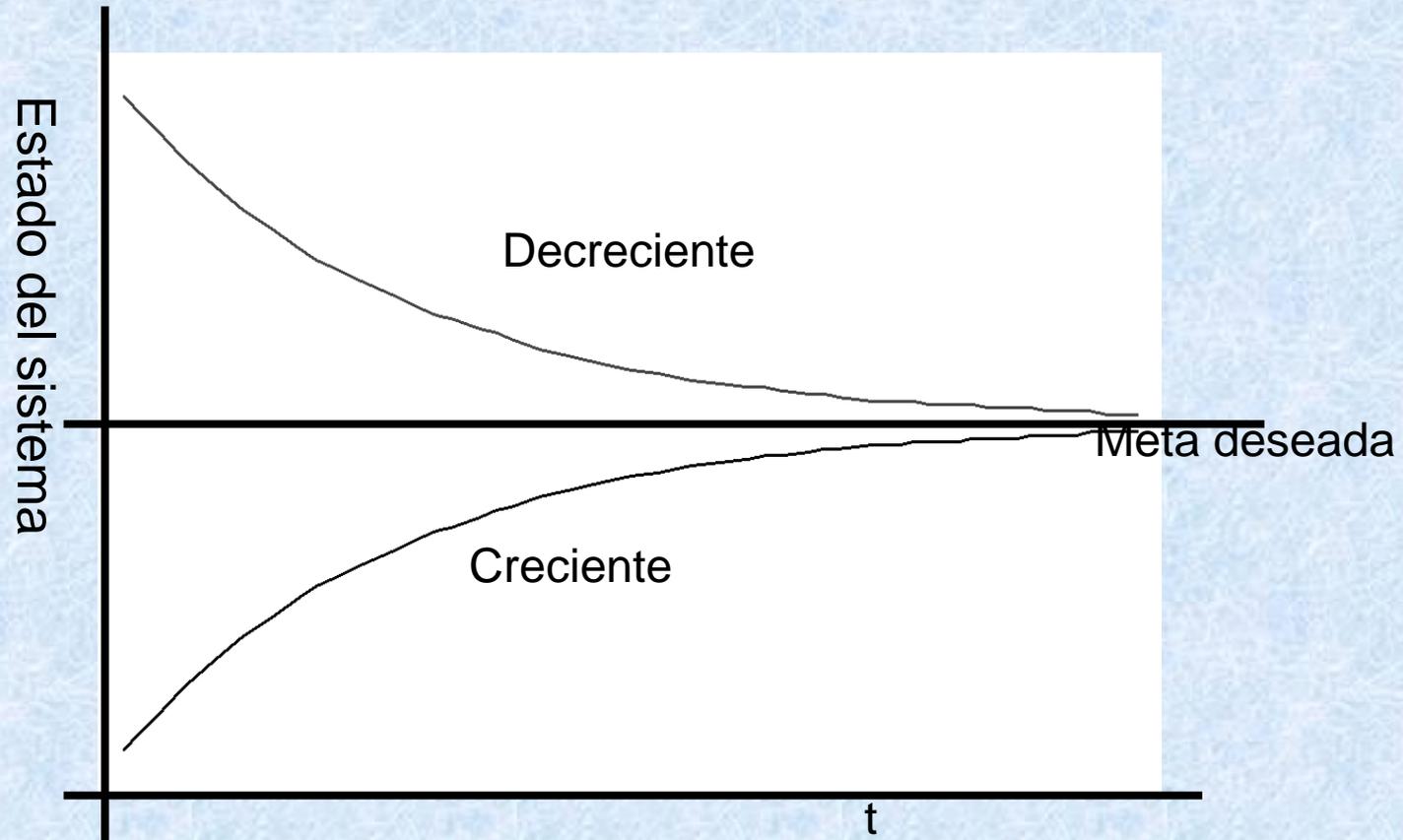
- el estado del sistema en el tiempo t podrá definirse como:

$$S(t_{i+1}) = \text{Flujo neto de entrada} + S(t_i)$$

- La solución analítica para el Estado del Sistema está dada por:

$$S(t) = S^* - (S^* - S(0))e^{-t/\Delta t}$$

Sistema lineal de primer orden con retroalimentación negativa



Sistema no lineal de primer orden: El crecimiento en forma de S

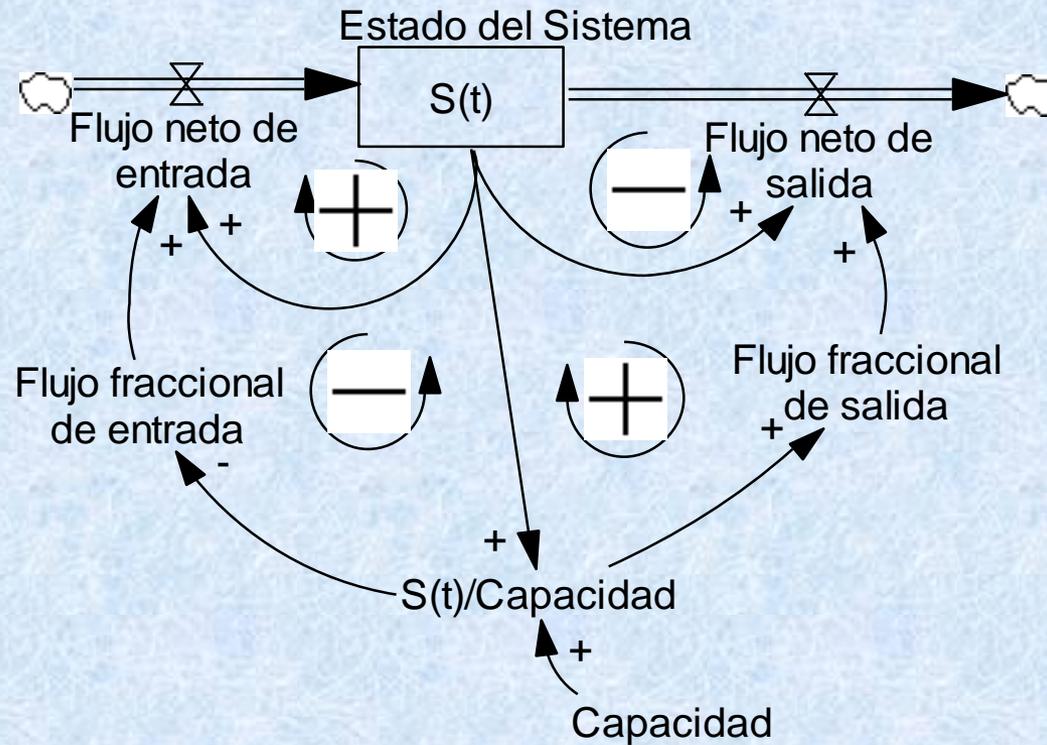
- Todo sistema crece exponencialmente hasta que se aproxima a la capacidad que tiene dicho sistema.
- A medida que el sistema llega a su capacidad, los recursos disminuyen, disminuyendo la tasa fraccional de cambio hasta que se llega a un punto de balance y el sistema alcanza su equilibrio.

Sistema no lineal de primer orden: El crecimiento en forma de S

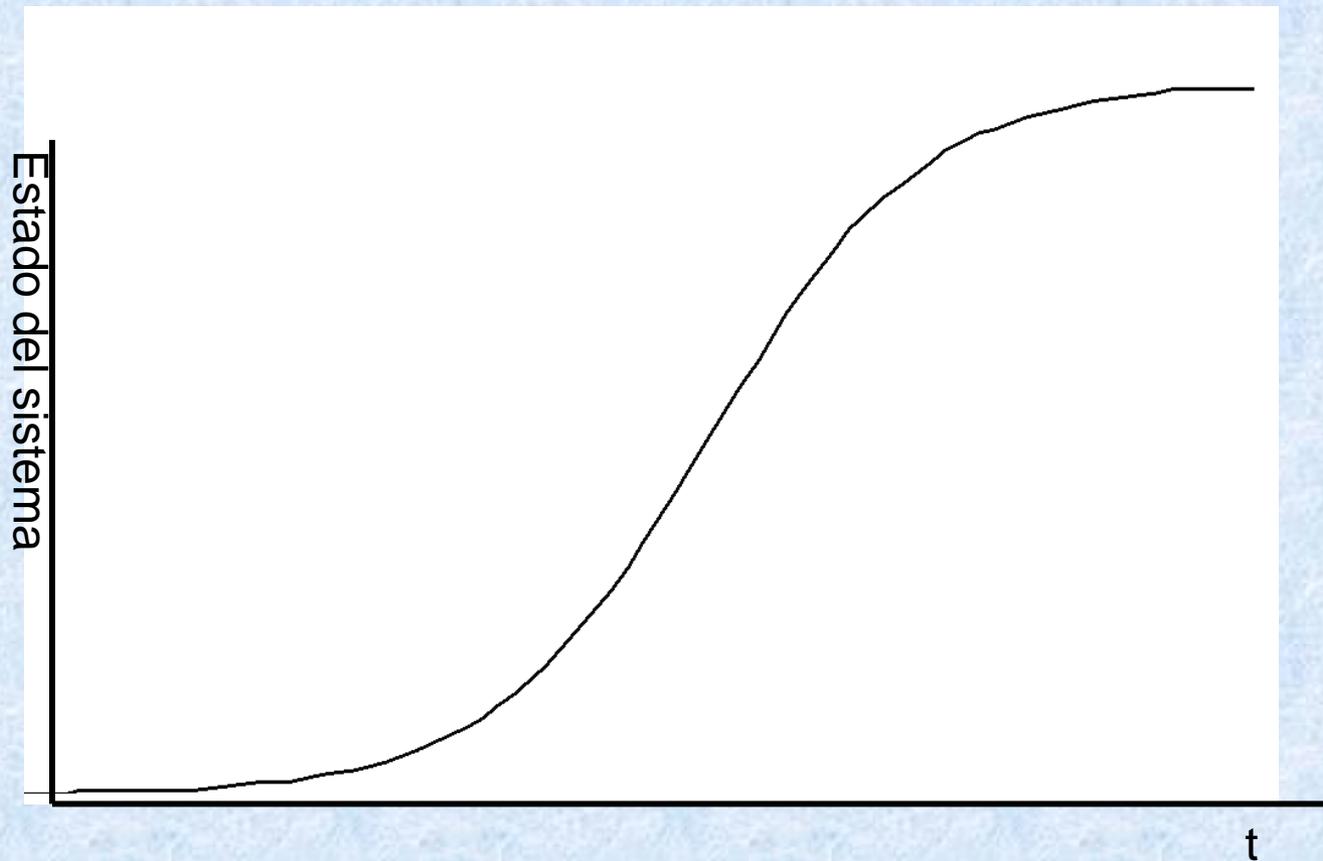
- La tasa neta de cambio estará dada como una función de la tasa máxima de crecimiento g , la capacidad C y el estado del sistema S tal que:
Tasa neta de cambio = $f(g, C, S)$
- Su solución analítica estará dada por la función logística o en S

$$S(t) = \frac{C}{1 + \left[\frac{C}{S(0)} - 1 \right] e^{-gt}}$$

Sistema no lineal de primer orden: crecimiento tipo S



Sistema no lineal de primer orden: crecimiento tipo S



En conclusión

- Los sistemas de primer orden carecen de la capacidad de oscilar.
- En otras palabras, solamente pueden representar casos de crecimiento o decrecimiento exponencial y equilibrio.
- No pueden generar comportamientos más complejos

