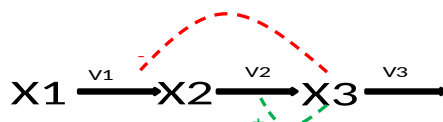


RUTA METABÓLICA MULTIRREGULADA

En la figura se muestra el esquema de un sistema metabólico que presenta dos lazos de regulación. Este esquema representa de manera simplificada la situación que se da en muchas rutas metabólicas, en las que coexisten varias interacciones reguladoras, tales como inhibiciones y activaciones. A pesar de su aparente simplicidad sistemas metabólicos con estructuras reguladoras tan sencillos como la de este pueden manifestar sin embargo comportamientos dinámicos complejos.



- Defina los procesos, variables y parámetros del modelo.
- Escriba las *ecuaciones de velocidad* de los procesos (V_1 , V_2 y V_3). Las ecuaciones de velocidad de los procesos tienen la forma general:

$$V_i = K_i * X_j^{g_{ji}} * X_k^{g_{ki}} \dots$$

En esta expresión X_j , X_k , etc. representan las variables cuya concentración influye en el proceso. g_{ji} , g_{ki} , etc. son exponentes que representan la intensidad de la influencia de la variable sobre la que operan sobre la velocidad del proceso.

Un valor positivo de g_{ji} significa que X_j tiene un efecto activador sobre la velocidad V_i ; un valor negativo de g_{ji} representa un efecto inhibidor de X_j sobre V_i . Normalmente valdrá 1.

- Escriba las *ecuaciones diferenciales* que describen la velocidad de cambio de las variables del sistema como función de las velocidades V_1 , V_2 y V_3 .
- Implemente el modelo en SageMath con los siguientes valores de los parámetros y condiciones iniciales:

Parámetros: $K_i = 0,9$; $n = 1, 2, 3$

Constante: $X_1 = 1$

Condiciones iniciales: $X_2 = 10$; $X_3 = 1$

Tiempo final de integración = 75

- Explore el comportamiento del sistema con los valores iniciales $X_2(t=0) = 10$ y $X_3(t=0) = 1$.
- Explore el comportamiento del sistema cambiando los valores iniciales de X_2 y X_3 , aumentándolos y disminuyéndolos.
- Explore el comportamiento que muestran las variables del sistema después de modificar el valor de la constante X_1 , aumentándola y disminuyéndola.
- Explore la intensidad de la influencia de las interacciones reguladoras (valores de g_{ji}) sobre la dinámica del sistema. La intensidad de la inhibición o de la activación que la variable X_3 ejerce sobre los procesos V_1 y V_2 viene determinada por el exponente de la variable en las correspondientes ecuaciones de velocidad (g_{ji}). En los sistemas metabólicos el valor de esta constante oscila entre -2 y +2.