

## ENUNCIADO:

La variable P para evaluar el valor total de un producto en sistemas biotecnológicos complejos, donde múltiples factores y condiciones de cultivo afectan la cantidad final del producto generado. Este tipo de fórmula es común en modelos de crecimiento de microorganismos, fermentación y producción de compuestos, donde se busca maximizar la eficiencia y el rendimiento.

## FÓRMULA:

$$P = \sum_{i=1}^N \prod_{j=1}^M \left( x[i, j] + \sum_{k=1}^K w[k] \cdot v[i, j, k] \right)$$

donde:

- N: Número total de nutrientes o factores limitantes.
- M: Número de condiciones experimentales.
- K: Número de factores de ajuste.
- x: Matriz de tamaño N×M que contiene la concentración de cada variable x[i,j]
- w: Vector de tamaño K que contiene los pesos de cada factor de ajuste.
- v: Tensor de tamaño N×M×K donde cada elemento v[i,j,k] es un valor de ajuste específico para la concentración x[i,j].

La fórmula para calcular el tensor v, viene definida por:

$$v[i, j, k] = f[i] \cdot c[j] \cdot d[k]$$

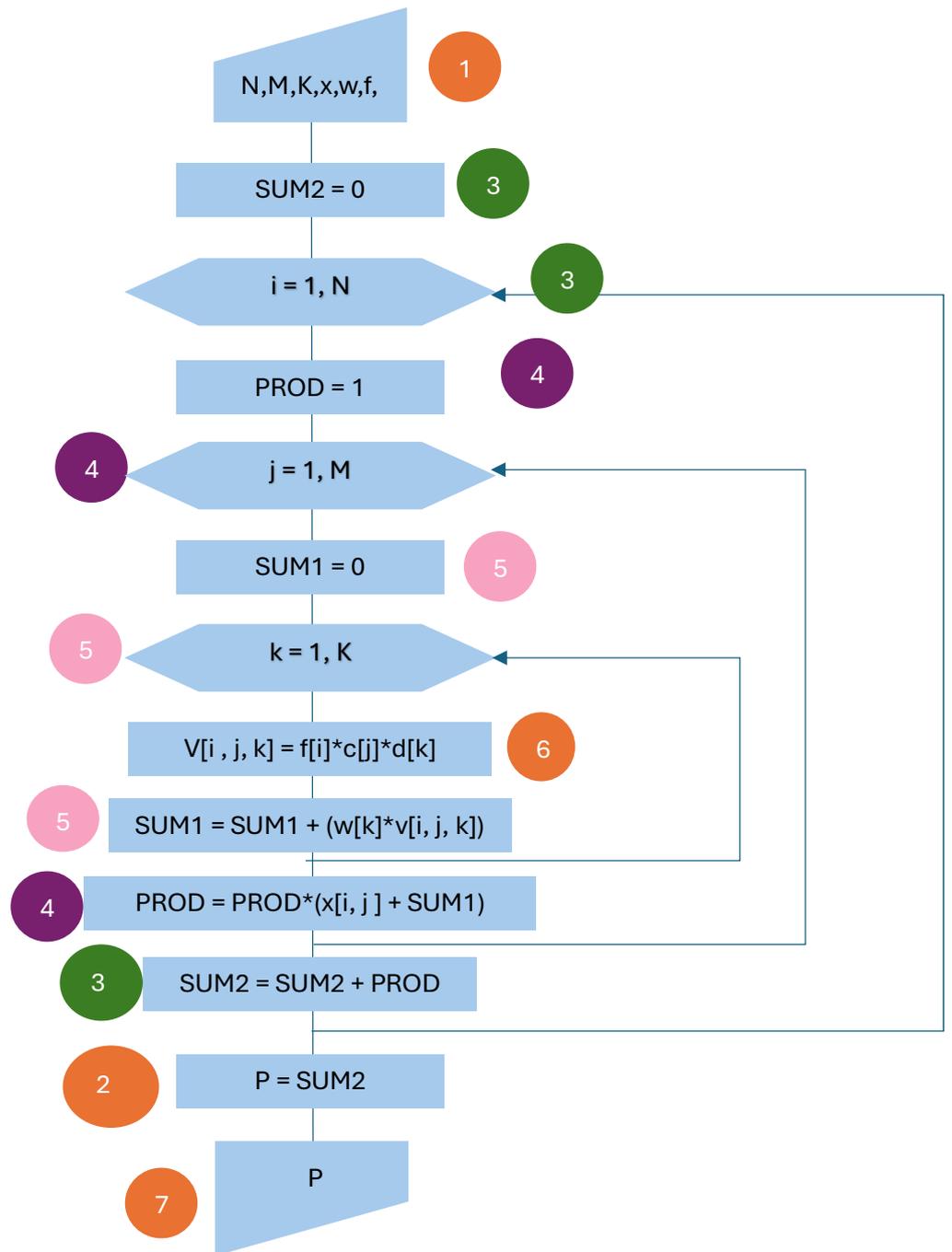
## Siendo:

- f[i]: Representa un factor relacionado con el nutriente i, como una constante de eficiencia o una tasa de conversión específica del nutriente.
- c[j]: Representa una condición de ajuste en la etapa j, que puede incluir parámetros como la temperatura, el pH o la disponibilidad de oxígeno en la condición experimental.
- d[k]: Representa un valor específico del factor de ajuste k, que puede ser una constante que describe el efecto del factor k en el proceso, como la concentración de una enzima o la eficacia de un inhibidor.

## Se pide:

Hacer un algoritmo que represente la obtención de la fórmula P y el tensor v. El resto de variables se suponen conocidas y bastará que se contemplen en una sentencia de entrada.

SOLUCIÓN:



## SOLUCIÓN PASO A PASO:

1. Determinamos los parámetros de entrada, que nos los proporciona el enunciado del ejercicio (recuadrado en amarillo)

Para completar los pasos 3, 4 y 5, primero debemos entender como desglosar la formula:

Lo haremos siempre de interior a exterior, separando cada sumatorio o productorio. El segundo sumatorio o productorio que se separe, debe incluir siempre al anterior, tal y como aparece a continuación:

$$P = \sum_{i=1}^N \prod_{j=1}^M \left( x[i, j] + \sum_{k=1}^K w[k] \cdot v[i, j, k] \right)$$

El diagrama muestra la fórmula matemática con tres anotaciones de color que indican la estructura de los bucles de cálculo:

- SUM2** (línea verde): Encierra el sumatorio externo sobre  $i$ .
- PROD** (línea morada): Encierra el producto interno sobre  $j$ .
- SUM 1** (línea magenta): Encierra el sumatorio interno sobre  $k$ .

Nombraremos a cada una de las secciones SUM o PROD y las numeraremos para distinguirlas.

Una vez completado este paso, escribiremos el algoritmo atendiendo a cómo se elaboran los algoritmos de sumatorios y productorios (\*explicado en [conceptos básicos de algoritmia](#)).

2. Empezaremos completando el algoritmo desde el final, asignando que el valor de P será **SUM2**, según indica la igualdad en la fórmula.
3. Ahora iremos de abajo arriba, pues debemos indicar qué es SUM2. Aplicamos la fórmula del algoritmo del sumatorio, igualando el sumatorio a cero e introduciendo un bucle for. Finalmente describimos que SUM2 realiza el sumatorio de PROD, que es todo lo que se encuentra a la derecha del símbolo sumatorio. El valor de PROD aun no está definido: lo haremos en el siguiente paso.
4. Como **PROD** se encuentra en el interior de SUM2, también lo colocaremos en el interior de SUM2 en el algoritmo, siguiendo la fórmula del algoritmo de un productorio: igualando el productorio a 1 e introduciendo el bucle for. Finalmente describimos que PROD realiza el productorio de una suma:  $x[i, j] + \text{SUM1}$  (esto es todo lo que queda a la derecha del símbolo del productorio). El valor de SUM1 aun no está definido: lo haremos en el siguiente paso.  
**NOTA:** Como en SUM2 y PROD varían la  $i$  y la  $j$ , no es necesario introducir un nuevo bucle para esas variables: ya han quedado definidas en el bucle for del sumatorio y del productorio.

5. Realizamos de la misma manera que en los dos pasos anteriores el sumatorio **SUM1**.
6. **NOTA:** La fórmula incluye un vector  $v[i, j, k]$  que no presentamos como parámetro de entrada y que debemos definir según la fórmula que nos proporciona el enunciado:

$$v[i, j, k] = f[i] \cdot c[j] \cdot d[k]$$

Los valores de las variables  $i, j$  y  $k$  ya han quedado definidos en los bucles de los sumatorios y productorios (similar a NOTA del paso 5).

7. Como parámetro de salida debemos obtener el valor de  $P$ .