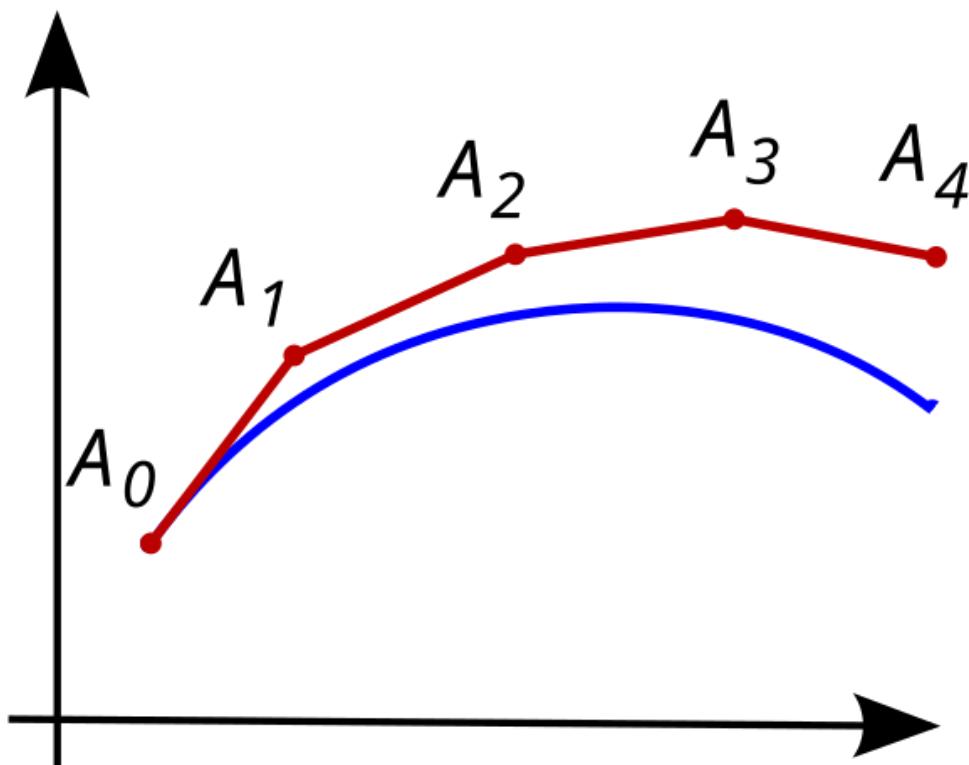


Marco Teórico

Método de Euler.

En la ingeniería, muchos fenómenos naturales se describen mediante ecuaciones diferenciales ordinarias. Estas ecuaciones expresan cómo una variable cambia en función de otra, generalmente el tiempo. Sin embargo, en muchos casos no es posible obtener una solución exacta mediante métodos analíticos, por lo que se recurre a los métodos numéricos para aproximar las soluciones [1].

El método de Euler es una de las técnicas más sencillas y fundamentales para resolver este tipo de problemas. Se utiliza especialmente en problemas de valor inicial, donde se conoce una condición al inicio y se desea conocer el comportamiento del sistema conforme avanza el tiempo. Este método se basa en avanzar paso a paso a lo largo del intervalo de estudio, estimando cómo evoluciona la variable a partir de su tasa de cambio.



Absorción de drogas en un órgano.

Para que un fármaco produzca sus efectos terapéuticos, debe lograr un intervalo exacto de concentraciones en la biofase. Pero con ciertos px y fármacos, estos efectos pueden ser tóxicos.

Una droga se infusa dentro de un órgano de volumen V (cm^3 , que dimensionalmente es igual a mL) con una tasa de entrada a (mL/s) y sale a una tasa b (mL/s), la concentración de la droga en el líquido que entra es c ($\mu g/mL$). La variable x representa la concentración de la droga dentro del órgano ($\mu g/cm^3$). El cambio temporal de la concentración de la droga en el órgano se representa como

$$\frac{dx}{dt} \left(\frac{\mu g/cm^3}{s} \right) [2, 3, 4].$$

La ecuación balancea la entrada y salida de la droga en el órgano. Cuando $ac = bx$, el sistema alcanza el equilibrio y la concentración de la droga en el órgano se estabiliza ($\frac{dx}{dt} = 0 \frac{\mu g/cm^3}{s}$). La ecuación diferencial que expresa el problema es:

$$V \frac{dx}{dt} = ac - bx$$

$$(cm^3) \left(\frac{\mu g/cm^3}{s} \right) = (mL/s)(\mu g/mL) - (mL/s)(\mu g/cm^3) \rightarrow \frac{\mu g}{s} = \frac{\mu g}{s}$$



PIA

Problema de estudio.

Se realiza una infusión de alto riesgo pancreático (75 cm^3) de una ampolla de *Fentanilo Ethypharm* de 10 mL a una tasa de entrada de 0.2 mL/s y sale con la misma tasa. La concentración de fentanilo es de $50 \mu\text{g/mL}$; inicialmente la droga no está presente en el órgano del px [5, 6, 7].

Como ingenieros biomédicos, se nos solicita determinar si el paciente sobrevivirá tras la administración del fármaco. Para ello, los intensivistas establecen que la concentración pancreática de fentanilo en el paciente debe mantenerse por debajo del 90% de la concentración de entrada ($45 \mu\text{g/cm}^3$) durante los primeros 15 minutos (900s).

Sabiendo que la tasa de entrada es igual a la de salida y que inicialmente no se encontraba la droga en el órgano, podemos decir que: $a = b$, $x_0 = 0 \mu\text{g}$ y $t_0 = 0 \text{ s}$.

Código.

```
1  from rich.table import Table
2  from rich.console import Console
3  import numpy as np,matplotlib.pyplot as plt
4
5  def dx_dt(t,x):
6
7      V = 75 #cm³
8      a = b = .2 #mL/s
9      c = 50 #μg/mL
10
11     return ((a*c)-(b*x))/V
12
13 def euler(a,b,f,n,c0):
14
15     h = (b-a)/n
16     x = a
17     w = c0
18
19     x_ = [x]
20     y_ = [w]
21
22     for _ in range(1,n+1):
23
24         w = w+h*f(x,w)
25         x = x+h
26
27         x_.append(x)
28         y_.append(w)
29
30     return x_,y_
31
32 x,y = euler(0,900,dx_dt,30,0)
33
34 table = Table(title='Absorción de drogas en un órgano')
```

```

35 table.add_column('Tiempo (s)',justify='right')
36 table.add_column('Concentración ( $\mu\text{g}/\text{cm}^3$ )',justify='right')
37
38 for t,c in zip(x,y):
39     table.add_row(f'{t:.1f}',f'{c:.20f}')
40
41 Console().print(table)
42
43 plt.plot(np.array(x),np.array(y), linestyle='solid', color='midnightblue', linewidth=1)
44 plt.scatter(np.array(x),np.array(y), marker='x', c=np.array(x)-np.array(y), cmap='BuPu_r', linewidths=2, s=25
45 ,edgecolor="indigo")
46 plt.xlabel('Tiempo (s)', color='black', fontsize=20)
47 plt.ylabel('Concentración pancreática de fentanilo ( $\mu\text{g}/\text{cm}^3$ )', color='black', fontsize=20)
48 plt.axhline(y=45, color='red', linewidth=1, linestyle='solid', label='Concentración crítica (45  $\mu\text{g}/\text{cm}^3$ )')
49
50 plt.legend()
51 plt.grid()
52 plt.show()
53

```

Gráfica.

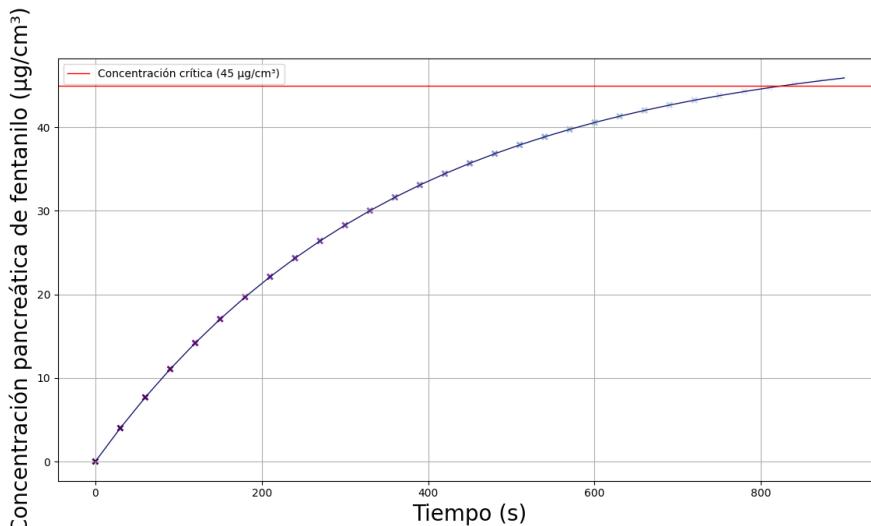


Tabla.

Absorción de drogas en un órgano

Tiempo (s)	Concentración ($\mu\text{g}/\text{cm}^3$)
0.0	0.00000000000000000000000000000000
30.0	4.00000000000000000000000000000000
60.0	7.6799999999999971578
90.0	11.065599999999998063
120.0	14.1803519999999917964
150.0	17.04592384000000038213
180.0	19.68224993280000134632
210.0	22.10766993817600223338
240.0	24.33905634312192134416
270.0	26.39193183567216749452
300.0	28.28057728881839238966
330.0	30.01813110571292142481
360.0	31.61668061725588785293
390.0	33.08734616787541682470
420.0	34.44035847444538234186
450.0	35.68512979648975402824
480.0	36.83031941277057086381
510.0	37.88389385974892320519
540.0	38.85318235096900707504
570.0	39.74492776289148565638
600.0	40.56533354186016993026
630.0	41.32010685851135889379
660.0	42.01449830983045075072
690.0	42.65333844504401383801
720.0	43.24107136944049045724
750.0	43.78178565988525150487
780.0	44.27924280709443394244
810.0	44.73690338252687581644
840.0	45.15795111192472433004
870.0	45.54531502297074752050
900.0	45.90168982113308970838

Interpretación.

Esto nos permitió comprobar que los métodos numéricos son una herramienta fundamental en la ingeniería biomédica, ya que permiten abordar y resolver problemas de investigación como la absorción de fármacos en el organismo.

En particular, las ecuaciones diferenciales ordinarias permiten modelar matemáticamente el comportamiento dinámico de variables biológicas en el tiempo, como la concentración de una droga en un órgano.

Para resolver estos modelos, se aplican métodos numéricos como el método de Euler, el cual permite obtener aproximaciones sucesivas a la solución de un problema de valor inicial. Aunque es un método simple, resulta efectivo para obtener una visión general del fenómeno cuando se utiliza con parámetros adecuados y se interpreta dentro del contexto clínico y fisiológico del px.

En este ejemplo, lamentablemente **el px no sobrevivirá** ...



Bibliografía

- [1] Mata, M. (2024). *Métodos numéricos*. Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Autónoma de Nuevo León.
Recuperado el 5 de febrero de 2025 de:
<http://logistica.fime.uanl.mx/miguel/docs/MetNum.pdf>
- [2] Rabatte, I., Blázquez, S. y Contreras, D. (2006). *Ecuaciones diferenciales aplicadas al área de Ciencias de la Salud*. Rev Med UV 2006; 6(2): 33-36.
Recuperado el 9 de noviembre de 2024 de:
<https://www.medigraphic.com/pdfs/veracruzana/muv-2006/muv062f.pdf>
- [3] Barco, A., Figueroa, A., Alcívar, E., Vera, C., Guevara, F. (2020). *Ecuaciones Diferenciales y la Absorción de Drogas en un Órgano*. Universidad de Guayaqui.
Recuperado el 9 de noviembre de 2024 de:
<https://gifi.files.wordpress.com/2020/09/ecuaciones-diferenciales-y-la-absolucion-de-drogas-en-un-organo.pdf>
- [4] Shihhare, T. (2022). *Cubic Centimeter to Milliliter (cm³ to mL) Conversion – 1 cm³ is 1 ml*. Square Yards.
Recuperado el 9 de noviembre de 2024 de:
<https://www.squareyards.com/blog/cubic-centimeters-to-milliliters-cnvart>
- [5] Comité de Medicamentos de la Asociación Española de Pediatría. (2015). *Fentanilo*. Pediamécum. Edición 2015. ISSN 2531-2464.
Recuperado el 9 de noviembre de 2024 de:
<https://www.aeped.es/comite-medicamentos/pediamecum/fentanilo>
- [6] Ethypharm. (2023). *Ficha Técnica: Fentanilo Ethypharm 50 microgramos/ml solución inyectable fentanilo*. Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios.
Recuperado el 9 de noviembre de 2024 de:
https://cima.aemps.es/cima/pdfs/es/ft/84102/FT_84102.pdf

[7] Ortiz, R. (2017). *Páncreas. Anatomía e Histología. Anatomía Patológica T. Neuroendocrinos*. Institut d'Assistència Sanitària.
Recuperado el 9 de noviembre de 2024 de:
<https://stage.redecan.org/storage/documents/34d0b69c-a335-4de9-afa2-cccb03eef12.pdf>