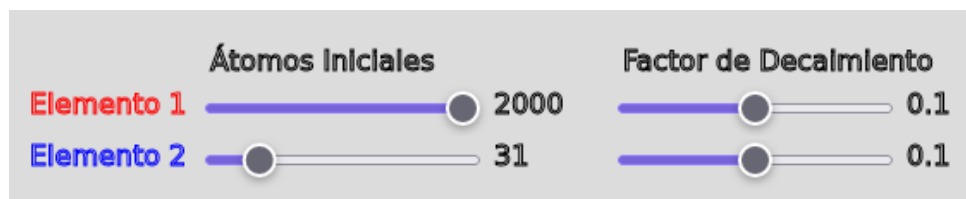


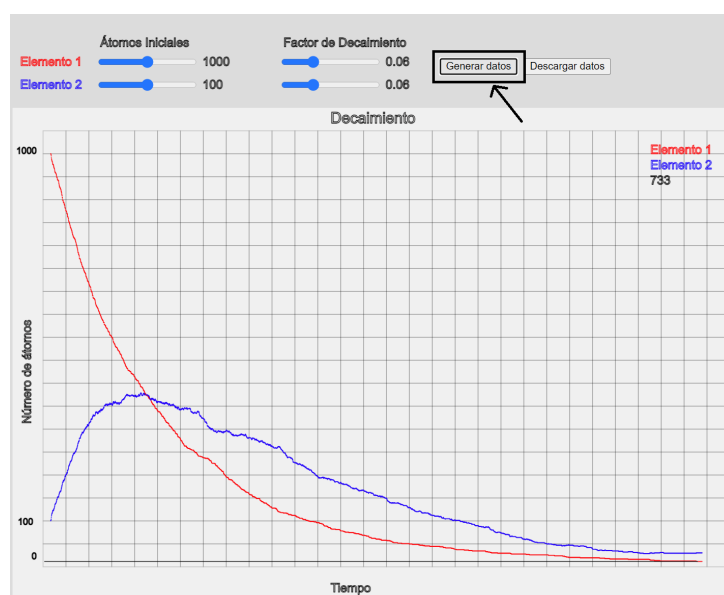
## Decaimientos radiactivos de múltiples elementos

### Guía de uso del programa

La simulación creada utiliza generación de números aleatorios para simular el proceso de un decaimiento radiactivo para muestras de diferentes especies. En la parte superior izquierda se encuentran deslizadores que permiten ajustar los números de átomos iniciales para cada especie (en un rango de 0 átomos hasta 2000 átomos) junto con sus tasas de decaimiento (en el intervalo de 0 a 0.2), como se evidencia en la figura posterior:



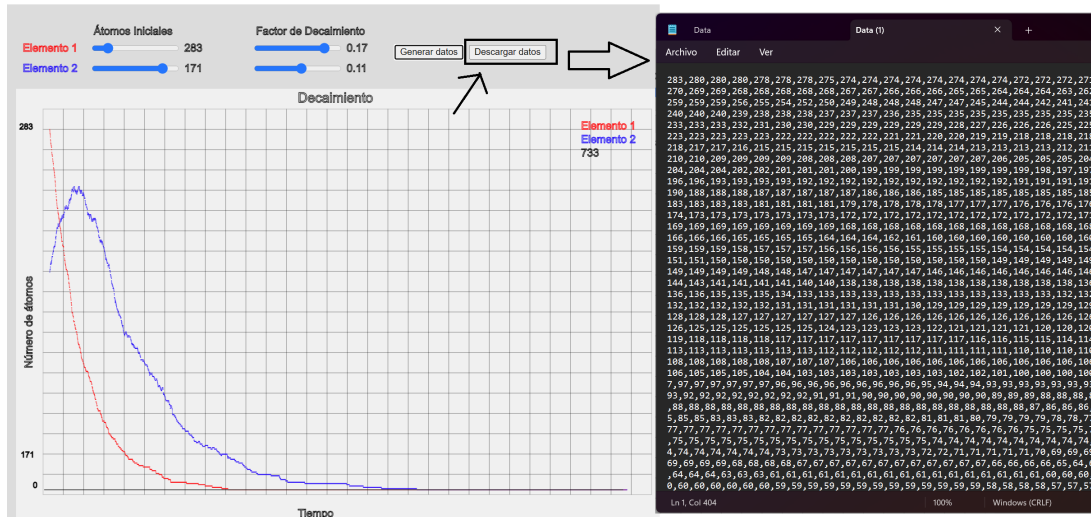
Este programa requiere de una entrada manual por el usuario cada vez que desee generar los datos. En la esquina superior derecha se encuentra el botón de **[Generar datos]**, el cual toma los parámetros estipulados por el usuario con los deslizadores para generar los datos y mostrarlos en pantalla, en forma gráfica observando la dinámica de decaimiento de las especies asignadas, obteniendo curvas de decaimiento para cada elemento al graficar el número de átomos del elemento en función del tiempo, evidenciando así como los elementos decaen progresivamente de acuerdo a los parámetros dados. Esto se presenta en la figura a continuación.



Es importante notar que cada vez que se modifica el valor de los parámetros de simulación, mediante el cambio en los deslizadores, la gráfica anterior desaparece, requiriendo generar

los datos nuevamente para observar los cambios deseados, y recuperando una gráfica específica.

Finalmente, en la esquina superior derecha se encuentra el botón **[Descargar datos]**, el cual permite exportar los datos de la simulación generada para los parámetros especificados en un formato que permita ser posteriormente analizado en algún lenguaje de programación; para propósitos del presente se tiene un formato tipo **[.txt]**. Con este arreglo de datos se procede a realizar las actividades de análisis posteriores.



## Actividad propuesta

1. Basado en la simulación propuesta, explore los decaimientos al variar el número inicial de las partículas de cada elemento; sin necesidad de preocuparse por los números absolutos, siendo lo importante las relaciones entre ellos. ¿Puede encontrar diferentes comportamientos al variar estos parámetros? En caso afirmativo, ¿puede hallar alguna regla o un patrón en las variaciones? Discuta al menos tres casos que considere interesantes.

2. Repita el procedimiento anterior pero ahora variando las tasas de decaimiento, mientras se dejan los números de átomos iniciales fijos. Como la escala de tiempo en la simulación permanece fija; confirme que al cambiar por igual las tasas, el comportamiento solamente se escala en el tiempo, tomando mayor o menor tiempo. Comente, nuevamente, tres casos de interés que encuentre y trate de encontrar algún patrón.

3. Utilice los parámetros predeterminados  $N_1 = 1000$ ,  $N_2 = 100$ ,  $\lambda_1 = 0.05$  y  $\lambda_2 = 0.06$  para simular el decaimiento. Posteriormente utilice la opción para descargar los datos generados en un archivo `.txt`, el cual deberá leer en algún otro programa o lenguaje de programación (sugiriendo Python, pero siendo irrelevante la elección). En dicho lenguaje explore los arreglos generados de manera cuantitativa. Asegúrese tener la capacidad de leer diferentes posiciones de los arreglos, operar con los valores de estos e iterar sobre las listas en el lenguaje utilizado.

4. Ahora que posee estos datos, considere que la cantidad de radiación ionizante que emite cada una de las muestras al decaer de manera independiente es proporcional a su tasa de cambio con respecto al tiempo, como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\Phi(t) \propto \frac{dN}{dt} ;$$

donde  $\Phi$  representa un flujo de radiación ionizante por unidad de ángulo sólido; no existe necesidad de comprender por completo la teoría, basta con entender que cuando decaen los átomos, estos deben emitir radiación. Utilice esta relación, **sólo con los datos del elemento 1**, para estimar la radiación emitida por este decaimiento. Puede calcular las derivadas de manera numérica utilizando los arreglos descargados. Adicionalmente, considere que  $\Delta t$  entre cada uno de los puntos del arreglo es 1, de forma que:

$$\Phi(t_i) = -\alpha (N_i - N_{i-1}) ;$$

donde los contadores  $i$  hacen referencia a la posición dentro del arreglo. En este caso  $\alpha$  es una constante indeterminada, que se puede fijar en algún valor arbitrario, y que contiene información acerca de la naturaleza del decaimiento de los átomos de la especie 1. Sin embargo, lo relevante corresponde a la derivada. Nótese que el signo negativo aparece ya que no es posible tener derivadas positivas en este caso, en tanto los átomos pueden decaer únicamente, más no crearse.

5. Ahora que pudo estimar la radiación proveniente de la primera especie de átomos, es hora de calcular el de la segunda muestra. Note que el esquema del numeral anterior no se puede aplicar en este caso, ya que sí se pueden crear átomos de la especie número 2 a través de los decaimientos de la especie número 1; al observar la derivada de manera geométrica

en la gráfica del número de átomos de la especie 2, esto se hará evidente. Piense en cómo puede utilizar la información que obtuvo en numeral anterior para encontrar una relación de la radiación producida por el decaimiento de los átomos de la especie 2. Si se considera que la radiación total es aditiva:

$$\Phi_T(t) = -\alpha \frac{dN_1}{dt} - \beta \Phi_2(t) ;$$

donde ahora  $\beta$  contiene información sobre el decaimiento ahora de la especie 2. Siendo así, estime  $\Phi_2(t)$  de forma analítica.

**6.** Ya que posee una relación analítica para la radiación total, utilice una aproximación de derivada numérica, análoga a aquella del numeral 4, para estimar algunos valores de  $\Phi_T(t)$ . Puede variar entre valores positivos para  $\alpha$  y  $\beta$ , y ver cómo se comporta la radiación. Si desea puede repetir todos los numerales anterior cambiando las tasas de decaimiento y cantidades iniciales, lo cual no debería suponer más que descargar un nuevo conjunto de datos en un archivo y correr el código realizado nuevamente. Analice el comportamiento que encuentre. ¿Es directo hallar el tiempo de máxima radiación solamente observando las funciones para el número de átomos con respecto al tiempo?