

5.7. INGESTION DE TOXICOS

El ser humano ha reconocido el carácter venenoso de determinadas plantas y animales desde los primeros estadios de su historia. No obstante, el enorme desarrollo de las actividades industriales, en particular las químicas, determinó la creación de una gran cantidad de sustancias químicas artificiales, tanto en calidad de materias primas como de residuos de determinados procesos, muchas de las cuales presentan efectos adversos para los seres vivos, y de ellos, los seres humanos.

El estudio de estas sustancias y sus efectos sobre el hombre ha determinado el surgimiento de una ciencia relativamente nueva, la toxicología, que en su desarrollo ha incorporado conocimientos de otras ciencias, como la fisiología, la farmacología, la bioquímica y la epidemiología. Se desprende de esto que el estudio de la problemática derivada de la exposición a sustancias tóxicas requiere del concurso de varias disciplinas y en consecuencia de una visión más global que la de cada disciplina en particular. Resulta entonces interesante mirar estos problemas desde la óptica de la Dinámica de Sistemas, que integra los distintos elementos que los componen en un modelo de análisis y medición que opera sistemáticamente y en consecuencia permite observar las mutuas influencias entre los mismos.

Cuando un organismo se expone a una sustancia tóxica se desencadenan una serie de procesos extremadamente complejos de absorción, distribución, metabolización y eliminación (ADME) cuyas velocidades son muy difíciles de calcular.

El esquema más sencillo permite imaginar un organismo que recibe una determinada cantidad de tóxico, y a la vez elimina una proporción del mismo. Si la eliminación es muy rápida, es probable que el organismo pueda tolerar nuevas cantidades en forma fraccionada. Pero si es muy lenta, la exposición durante un periodo largo puede dar lugar a una acumulación que alcance e incluso sobrepase el umbral de toxicidad, con todas sus consecuencias, desde reacciones alérgicas a la muerte.

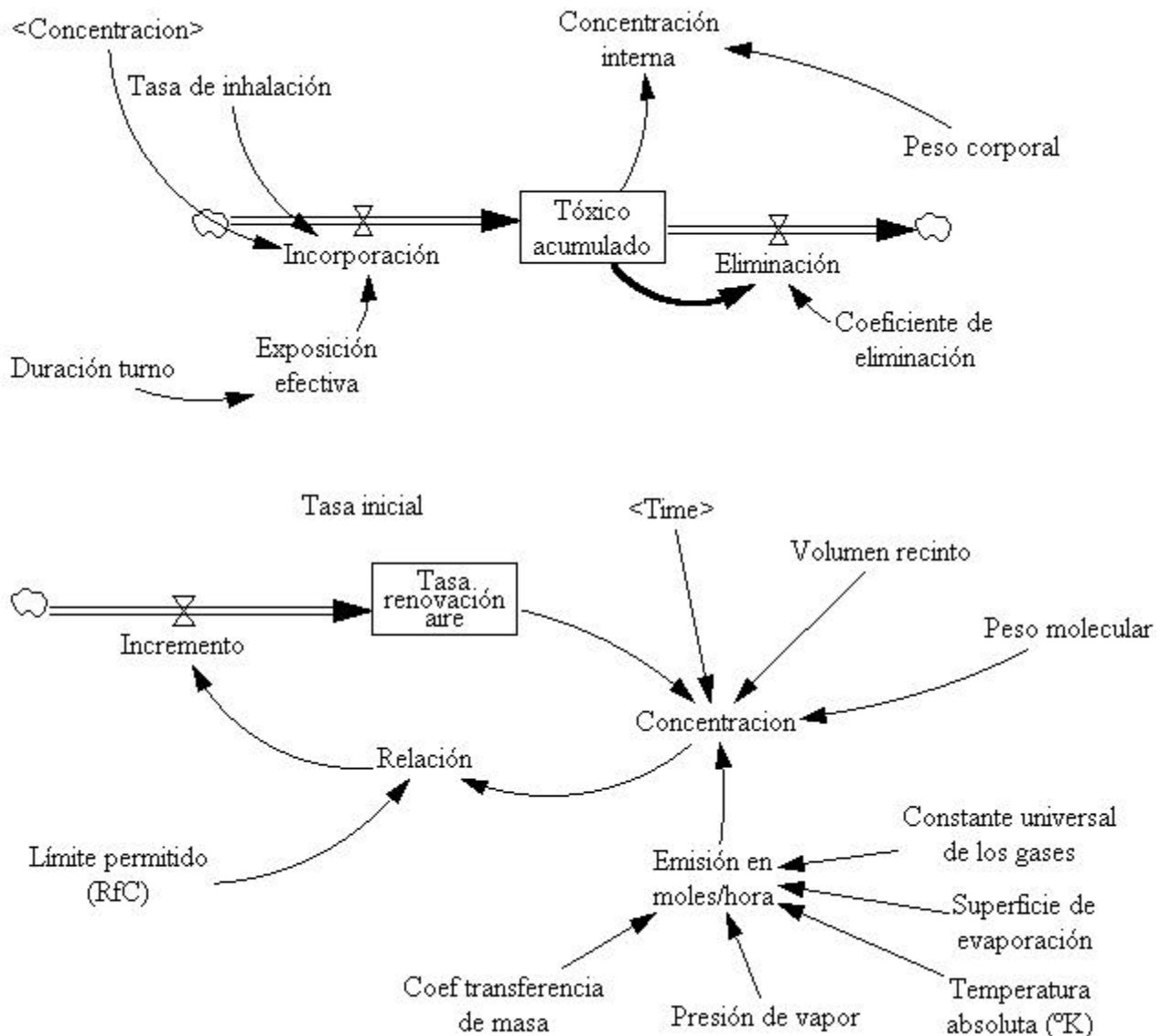
Sin embargo, la sola peligrosidad de una sustancia no alcanza para caracterizar el riesgo de intoxicarse. Se deben considerar todos aquellos factores que contribuyen a que el tóxico sea realmente incorporado al organismo, tales como el escenario de la exposición, la concentración en el medio contaminado, la vía, frecuencia y duración de la exposición y las características del individuo.

Por otra parte, el análisis de riesgo es en si mismo una herramienta de gestión que permite implementar medidas de mitigación.

En el modelo siguiente, que simula la emisión de un tóxico es estado gaseoso y su inhalación por un individuo expuesto se recoge estos aspectos organizados de la siguiente manera:

- 1) La **emisión** del tóxico desde una fuente puntual, calculada en **moles/hora**, para una dada **Temperatura** ambiente expresada en °K, desde una **superficie** de evaporación medida en m^2 . La **presión de vapor** es la de la sustancia en consideración, a la temperatura del ambiente. El régimen de transferencia al ambiente queda caracterizado por un **coeficiente de transferencia de masa**.

- 2) El escenario está constituido por el recinto donde está contenida la fuente de emisión. Su **volumen** permite calcular la **concentración** efectiva, que se expresa en mg/m^3 al multiplicar la emisión en moles/hora por el peso molecular de la sustancia. Esta concentración se compara con el **límite permitido** (en este caso la dosis de referencia para inhalación), y a través de la relación entre ambas, se regula la **tasa de renovación** de aire, como medida de mitigación.



- 3) Finalmente, el nivel **Tóxico acumulado** representa la cantidad en el organismo expuesto. En el mismo se recibe una cantidad denominada **Incorporación**, que se mide en mg/hora , que está determinada por la variable **Concentración**, la **Tasa de inhalación**, que es el volumen horario de aire respirado por un individuo sano, y la **Exposición efectiva**, que permite simular una semana laboral con un cierto turno de trabajo (**Duración del turno**), descanso diarios y descansos de fin de semana.

El **Tóxico acumulado** disminuye por **Eliminación**, la que responde a una cinética de primer orden, es decir, la cantidad acumulada es proporcional a la cantidad presente en función del **Coeficiente de Eliminación**. Como dato adicional se calcula la **Concentración interna**, dividiendo el tóxico acumulado por el **peso corporal**.

Ecuaciones del modelo

- (01) Coef transferencia de masa= 8.7
Units: m/h
Mide la velocidad de transferencia desde la fase líquida a la fase vapor

- (02) Coeficiente de eliminación= 0.035
Contiene toda la complejidad del proceso orgánico para la eliminación del tóxico.
A mayor coeficiente mayor eliminación

- (03) Concentracion="Emisión en moles/hora"*Peso molecular*(1-EXP(-Tasa renovación aire*Time))/(Tasa renovación aire*Volumen recinto)
Units: mg/m³
Concentración de tóxico en el aire

- (04) Concentración interna=Tóxico acumulado/Peso corporal
Units: mg/kg
Concentración interna del tóxico

- (05) Constante universal de los gases= 8.314
Units: julio/mol °K
Constante universal de los gases

- (06) Duración turno= 8
Units: horas
Duración del turno de trabajo

- (07) Eliminación= Coeficiente de eliminación*Tóxico acumulado
Simula una cinética de eliminación de primer orden, es decir proporcional a la concentración de tóxico presente en el organismo

- (08) "Emisión en moles/hora"=Superficie de evaporación*Presión de vapor*Coef transferencia de masa/(Constante universal de los gases*"Temperatura absoluta (°K)")
Units: moles/h
moles en equilibrio en la fase gas



- (09) Exposición efectiva= PULSE TRAIN(0,Duración turno , 24 , 119)
Units: horas
Representa las horas diarias, durante las cuales hay exposición al tóxico mientras trabaja, en cuyo caso la respuesta de PULSE TRAIN es 1, y no se expone mientras descansa, dado que PULSE TRAIN es cero.

- (10) FINAL TIME = 168
Units: Hora
Corresponden al total de horas de una semana
- (11) Incorporación=Exposición efectiva*Concentracion*Tasa de inhalación
Units: mg/h
- (12) Incremento= if then else(Relación>=1.1,1,if then else(Relación<=0.9,-0.5,0))
Permite incrementar o disminuir la tasa de renovación, de acuerdo al valor de relación
- (13) INITIAL TIME = 0
Units: Hora
- (14) "Límite permitido (RfC)"= 0.0003
Units: mg/m3
Es la máxima concentración ambiental admitida que asegure la preservación de la salud.
- (15) Peso corporal=64
Units: kg
Peso del individuo expuesto al tóxico
- (16) Peso molecular=200600
Units: mg
Peso molecular del tóxico expresado en mg
- (17) Presión de vapor=0.301
Units: Pascal
Presión de vapor de la sustancia que se está evaporando (Pascal= N/m2)
- (18) Relación=Concentracion/"Límite permitido (RfC)"
Relación entre la concentración del ambiente y la concentración de exposición permitida
- (19) SAVEPER = TIME STEP
- (20) Superficie de evaporación= 0.02
Units: m2
Superficie libre a través de la cual se produce la evaporación del tóxico
- (21) Tasa de inhalación= 0.8
Units: m3/h
La inhalación normal de aire de un adulto, en m3/h
- (22) Tasa inicial= 1
Units: 1/h

El número inicial de veces por hora que se renueva el aire

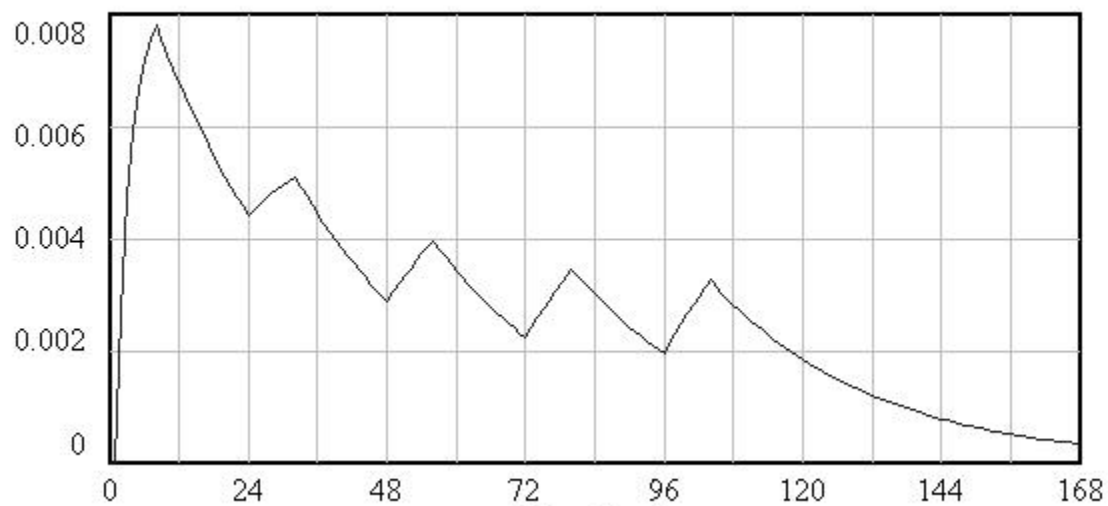
- (23) Tasa renovación aire= Incremento
Initial value: Tasa inicial
Units: 1/h
numero de veces por hora que se renueva el aire, variable para cumplir con el límite permitido
- (24) "Temperatura absoluta (°K)"=298
Units: °K
Temperatura absoluta del ambiente en estudio
- (25) TIME STEP = 1
- (26) Tóxico acumulado= +Incorporación-Eliminación
Initial value: 0
Units: mg
Es la cantidad de tóxico que se va acumulando durante la semana laboral
- (27) Volumen recinto=1000
Units: m3
Volumen del recinto donde se produce la emisión de tóxico y la exposición al mismo

Comentarios:

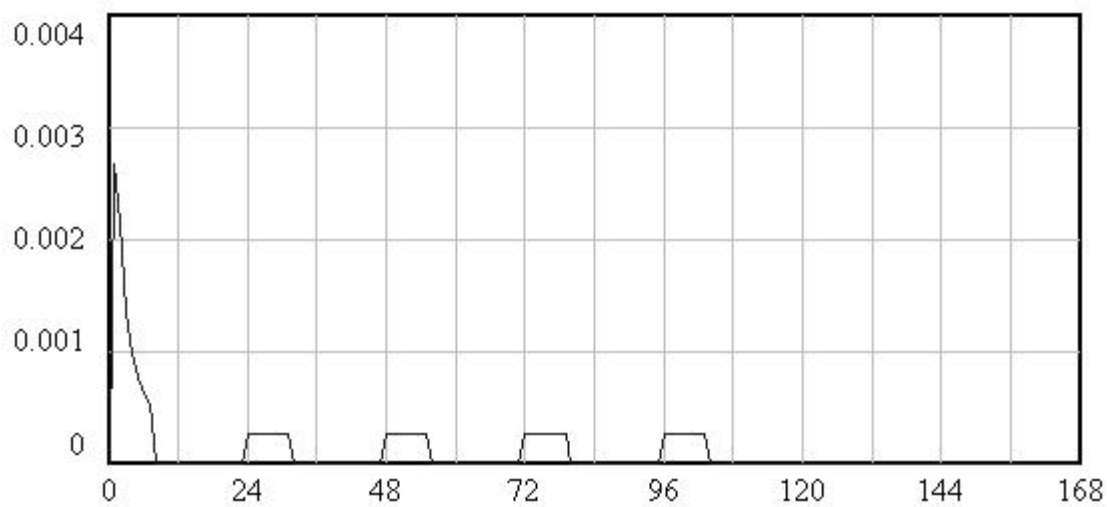
- a) Observe que es posible definir que el valor inicial de un Nivel sea una variable. En este caso indicamos que el Nivel de Tasa de Renovación del Aire toma como valor inicial el valor de la variable Tasa inicial
- b) Cuando tenemos un diagrama causal muy complejo podemos utilizar las “shadow variables” que no es más que una copia de la variable original. Su uso evita que exista un excesivo número de flechas que se cruzan en el diagrama. 
- c) Compruebe el uso del icono  Para ello desplace los cursores en la pantalla y podrá ver la sensibilidad del sistema a cambios en la Concentración y otras constantes.
- d) Puede hacer que determinados sucesos se produzcan en una determinada fecha, para ello ha de pulsar el icono de “shadow variable” y escoger la variable <Time>. Su uso es el mismo que el de cualquier otra variable del modelo.

Podemos observar el resultado de las principales variables del modelo en la página siguiente.

Tóxico acumulado



Incorporación



Eliminación

