



BOLETÍN ELECTRÓNICO INFORMATIVO SOBRE PRODUCTOS Y RESIDUOS QUÍMICOS

Año 4 N° 38, Junio, 2008

Editor: Ing. Jorge Eduardo Loayza Pérez MSc.
FQIQ. UNMSM. Lima. Perú

El *Boletín Electrónico Informativo sobre Productos y Residuos Químicos* se publica mensualmente para proporcionar a los lectores una visión integral y actualizada sobre el manejo racional de productos y residuos químicos, con la finalidad de proteger la salud y el ambiente.

METALES PESADOS

Se denominan metales pesados aquellos elementos que tienen una densidad mayor a 5 g/cm^3 .

Se cuentan entre los metales pesados al cromo ($7,10 \text{ g/cm}^3$), cadmio ($8,65 \text{ g/cm}^3$), cobre ($8,93 \text{ g/cm}^3$), manganeso ($7,43 \text{ g/cm}^3$) y cinc ($7,10 \text{ g/cm}^3$); los cuales revisten interés para el estudio de los cultivos.

MANGANESO

El manganeso es esencial en la nutrición de las plantas, es requerido en el Mecanismo II (Ver Boletín N° 37) y en la activación de algunas enzimas (Mahler, 2003).

Aparentemente la absorción de manganeso es mediante transporte activo, similar a la de otros cationes divalentes Mg^{2+} y Ca^{2+} , pero cuando el metal se encuentra en altas concentraciones en la solución del suelo puede ocurrir absorción pasiva (Kabata-Pendias, 2000). Cuando la disponibilidad de manganeso es elevada, por ejemplo, en suelos mal drenados, suelos de pH ácido (menor a 5,5) o pH básico (mayor a 8), el Mn es rápidamente trasladado dentro de la planta a otros órganos, por lo que es probable que los tejidos de la raíz y el xilema no se encuentre ligado a moléculas orgánicas insolubles sino como formas catiónicas libres.

La función del manganeso en la planta:

- Regula la fotosíntesis (asimilación de CO_2).
- Regula el metabolismo de los ácidos grasos.
- Influye en la energía de la planta regulando el metabolismo de los hidratos de carbono.
- Fomenta la formación de raíces laterales.
- Activa el crecimiento, influyendo el crecimiento alargador de las células.

Fuente: www.epso-top.com
(Fecha de consulta: 12-06-08)

METALES PESADOS EN LOS CULTIVOS (CONTINUACIÓN)

El comportamiento de una planta frente a los metales pesados depende de cada metal, es por ello que es necesario tener en cuenta algunas características y relaciones de los metales pesados con el suelo y los cultivos.

CROMO

El cromo puede presentarse en varios estados de valencia, los más comunes e importantes son: cromo metálico Cr (valencia = 0), cromo trivalente Cr^{3+} ó Cr (III) y cromo hexavalente Cr^{6+} ó Cr (VI). No se tienen reportes de que el cromo metálico (cromo como metal puro) presente efectos tóxicos al ambiente o al ser humano. El cromo trivalente comúnmente está en la naturaleza y es un nutriente esencial para el ser humano, debido a que estimula la acción de la insulina en los tejidos, La toxicidad aguda y crónica se debe a los compuestos de Cr (VI), cromo hexavalente (Cunat, 2002), siendo esta la forma más disponible, para la absorción por las plantas, pero inestable en el suelo. No existe evidencia de que el cromo sea un elemento esencial para el metabolismo de las plantas.

La mayoría de los suelos contienen cantidades significativas de cromo, pero su disponibilidad para las plantas es limitada. Los suelos ricos en serpentina y contaminados por residuos de curtiembre tienen una alta concentración de Cr (III). Es importante tener en cuenta que el Cr (VI) es la forma más biodisponible (pero inestable) para las plantas del suelo. Los cambios de pH y los exudados radiculares pueden influenciar el estado de oxidación del cromo y con esto aumentar o disminuir la cantidad de cromo disponible para las plantas (James, 2002).

El Cr (VI) aumenta su solubilidad en rangos de pH menores de 5,5 y mayores de 8. Estudios de James y Bartlett (1984), indican que la reducción del Cr (VI), seguida de la complejación del recién formado Cr (III), en la zona radical, puede aumentar la absorción y traslocación de Cr en raíces y tallos de poroto (*Phaseolus* sp.) y maíz (*Zea mays* L.). Los ácidos carboxílicos también incrementan la absorción de cromo en tomate y maíz.



Foto N° 1 Control de metales en cultivos industriales (Fuente: www.inta.gov.ar)

Según lo observado por James (2002), en las plantas generalmente se observa un contenido de cromo mayor en las raíces que en las hojas y tallos, mientras que la concentración más baja se encuentra en los tallos.

(Continúa en la Página 2)

NIQUEL

El níquel es un elemento esencial para el metabolismo de las plantas, aun cuando estas requieran menos de 0,001 mg/kg de peso seco (Mahler, 2003). En la corteza terrestre existe una similitud entre la distribución del níquel, cobre y hierro. El níquel presenta afinidad con el hierro y el azufre, pero también con carbonatos, fosfatos silicatos y óxidos de hierro y manganeso. En los horizontes superficiales del suelo, el níquel aparece ligado a formas orgánicas, parte de las cuales pueden encontrarse en quelatos fácilmente solubles. Sin embargo, la fracción más soluble a las plantas parece ser la asociada a los óxidos de hierro y manganeso.

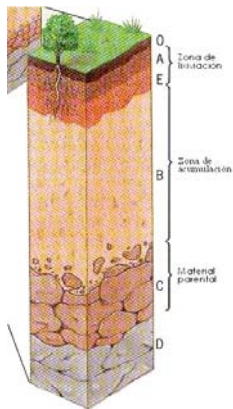


Diagrama N° 1 Horizontes del suelo

Generalmente, la solubilidad del níquel se encuentra inversamente relacionada con el pH del suelo. El níquel varía en el suelo en el amplio rango de 0,2 a 450 mg/kg, pero los valores típicos totales en los suelos del planeta varían entre 5 y 22 mg/Kg. El níquel es un elemento móvil en la planta, y se acumula preferentemente en las hojas y semillas (Halstead et al., 1969). Aun cuando los síntomas de exposición altas concentraciones de níquel varían entre especies, es común que se produzca clorosis.



Foto N° 2 Cultivo de arroz en la India (Fuente: Agencia EFE)

COBRE

En el suelo los iones cobre presentan una alta afinidad para formar complejos con la materia orgánica. La materia orgánica es el factor condicionante para determinar la biodisponibilidad del cobre. El rango de pH de mayor disponibilidad del cobre está entre 4,5 y 7.



Foto N° 3 Campos de cultivos contaminados por metales pesados (Fuente: www.butarque.es)

Los mecanismos de absorción de cobre por las plantas no son totalmente claros, ya que se ha observado una probable absorción pasiva de cobre, especialmente cuando la concentración de la solución en que crecen las plantas está en el rango tóxico del metal, aún cuando existen numerosas evidencias respecto a su absorción activa (Kabata-Pendias, 2000). En los tejidos de la raíz, el cobre se encuentra casi completamente en formas complejas, sin embargo, es muy probable que el metal ingrese a las células de las raíces en formas disociadas y en tasas diferentes según la especie del metal. Se ha observado una alta capacidad para almacenar cobre tanto en condiciones de deficiencia como de exceso de cobre en el medio. En la savia xilemática de las plantas, el cobre se encuentra casi un 100% ligado a aminoácidos, aún bajo condiciones de suplemento excesivo de cobre (Liao et al., 2000a; Liao et al., 2000b). Esto sugiere que aun bajo condiciones de toxicidad del cobre, las plantas lo complejen, minimizando el daño potencial de altas concentraciones de iones libre de cobre (Welch, 1995).



Foto N° 4 Metales pesados en cultivos

El cobre tiene una movilidad relativamente baja respecto a otros elementos en las plantas, permaneciendo en los tejidos de las raíces y hojas hasta su senescencia. De esta forma, los órganos jóvenes generalmente son los primeros en desarrollar síntomas de deficiencia de cobre. La movilidad del cobre dentro de los tejidos de las plantas depende directamente del nivel del cobre en el sustrato. La acumulación del cobre en órganos reproductivos se han encontrado en el embrión y la cubierta seminal de granos de cereales. Pérez et al. (2004) señalan que la relación (metal grano en hoja)/(metal cambiante en suelo) decrece en orden $Zn > Cu > Pb > Cd$, siendo los valores más altos para hojas que para granos. En trigo (*Triticum aestivum*) excesos de cobre reducen el transporte de cinc en el floema debido a que el cobre y el cinc compiten por los mismos sitios de transporte (Pearson et al., 1996).

PROCESOS INDUSTRIALES SOSTENIBLES

Por: Jorge Eduardo Loayza Pérez

Un proceso químico industrial es el conjunto de etapas requeridas para que la materia prima e insumos se transformen en productos y en residuos, teniendo en cuenta en cada etapa las condiciones de operación que hagan posible procesos eficientes. Las etapas son en realidad actividades unitarias que pueden ser operaciones unitarias y procesos unitarios, aunque entre algunas de ellas la diferencia es muy sutil y en otras se complementan. Por ejemplo, existe la separación de dos sustancias líquidas basada en sus diferentes puntos de ebullición, conocida tradicionalmente como destilación, que es una operación unitaria ya que en la separación no ocurren reacciones químicas; pero actualmente con el desarrollo de actividades unitarias en el procesamiento de hidrocarburos, se han introducido un nuevo tipo de actividades que se complementan y una de ellas es la destilación reactiva.

Los procesos químicos industriales sostenibles o procesos industriales sostenibles, son procesos también constituidos por etapas que son actividades unitarias, pero que potencian la producción de bienes (o productos útiles) y minimizan o eliminan la presencia de residuos (o males, ya que dependiendo del tipo de residuo, estos pueden contribuir a la contaminación ambiental y a sus consecuencias).



Foto N° 5 Planta Industrial diseñada bajo los principios de los procesos industriales sostenibles (Fuente: www.kuettner.de)

El reto al que se enfrentan los ingenieros químicos en la actualidad, requiere del diseño de procesos que contribuyan al desarrollo sostenible, no sólo por el uso de recursos renovables y en menor grado recursos no renovables, sino también por diseñar plantas seguras no sólo para el personal que labora en ellas sino también para la comunidad en su entorno; procesos que utilicen materiales e insumos menos peligrosos, que empleen energías renovables y en el caso de utilizar energías no renovables, que superen el nivel de eficiencia de las tradicionales formas de generar la energía.

(Continúa en la página 4)

MODELOS DE DISPERSIÓN PARA EMISIONES ACCIDENTALES (CONTINUACIÓN)

$$C = \frac{G}{2\pi\sigma_y\sigma_z u} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2\right] \left\{ \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z-H}{\sigma_z}\right)^2\right] + \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z+H}{\sigma_z}\right)^2\right] \right\} \quad (1)$$

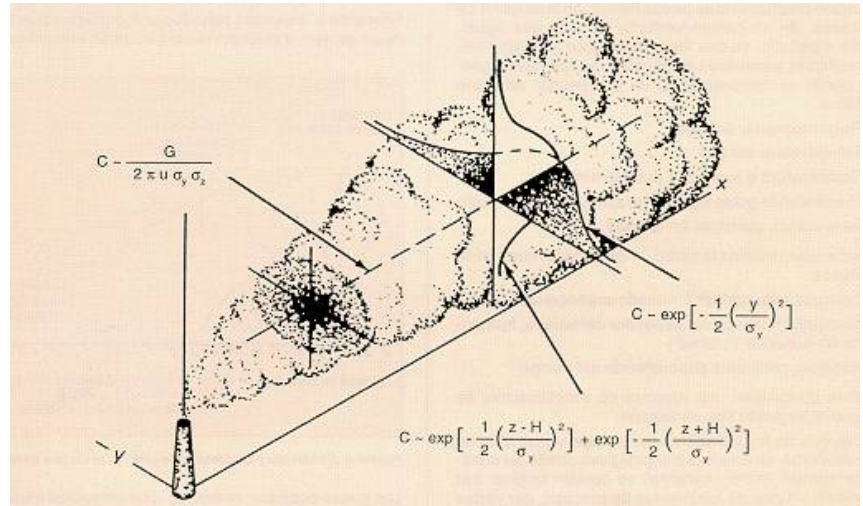


Figura N° 1 Los tres términos de la ecuación gaussiana del penacho (plumea): concentración en el eje central y términos vertical y lateral

ESTIMACIÓN DE LA ELEVACIÓN DEL PENACHO

La elevación del penacho (Δh) se define como la diferencia entre la altura de la línea central final del penacho y la altura inicial de la fuente. Esta elevación está originada por la fuerza ascensional y el impulso vertical del efluente. La temperatura de salida del efluente en el caso de que supere en más de 50 °C la temperatura ambiente, tiene mayor influencia que el impulso vertical en la determinación de la altura que alcanzará el penacho. Como regla general la elevación del penacho es directamente proporcional al contenido calorífico del efluente y a la velocidad de salida del mismo, e inversamente proporcional a la velocidad local del viento. Una de las fórmulas más empleadas para el cálculo de esta elevación es la de Holland:

$$\Delta h = \frac{V_s d}{u} (1,5 + 2,68 \cdot 10^{-3} \cdot P \frac{T_s - T_a}{T_s} d) \quad (2)$$

siendo:

- Δh = Elevación del penacho por encima de la fuente emisora (m)
- V_s = Velocidad de salida del contaminante (m/s)
- d = Diámetro interior del conducto de emisión (m)
- u = Velocidad del viento (m/s)
- P = Presión atmosférica (mbar)
- T_s = Temperatura del contaminante (K)
- T_a = Temperatura ambiente atmosférica (K)
- $2,68 \cdot 10^{-3}$ es una constante expresada en $\text{mbar}^{-1} \text{m}^{-1}$

Los valores de Δh obtenidos con esta fórmula deben corregirse (ver Tabla 1) multiplicando por un factor, establecido por Pasquill-Gifford-Turner, que es función de las condiciones meteorológicas, que se describen a continuación.

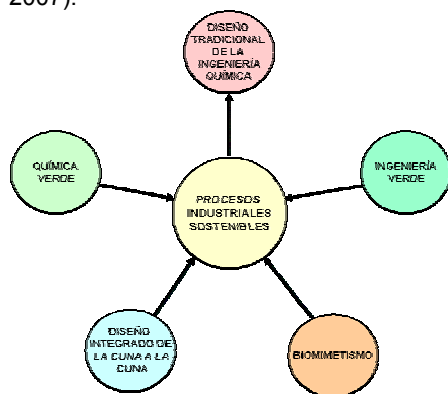
(Continúa en la página 4)

Los procesos industriales tienen que contribuir al desarrollo sostenible, entendido como el tipo de desarrollo orientado a garantizar la satisfacción de las necesidades fundamentales de la población y elevar su calidad de vida a través del manejo racional de los recursos naturales, propiciando su conservación, recuperación, mejoramiento y uso adecuado, de tal manera que esta generación y las futuras tengan posibilidad de disfrutarlo sobre bases éticas y de equidad, garantizando la vida en todas sus manifestaciones.

PRINCIPIOS DEL DISEÑO DE PROCESOS INDUSTRIALES SOSTENIBLES

Los principios del diseño de procesos industriales sostenibles tienen que conjugar aspectos intrínsecos al diseño de procesos, minimizando el impacto ambiental y mejorando la sostenibilidad del diseño final.

El diseño sostenible en ingeniería de procesos se basa necesariamente en el diseño tradicional de ingeniería química, apoyándose además en las disciplinas como la química verde, la ingeniería verde, el diseño integrado de la "cuna a la cuna" y el biomimetismo. La integración de estas disciplinas en el panorama actual del diseño permitirá crear un marco de referencia para el desarrollo de productos, procesos y sistemas de producción, cuyos componentes no sean tóxicos (ni peligrosos), generen un estado de bienestar, consideren y respeten cada uno de los ciclos de vida de los productos que intervienen e imiten en lo posible a los sistemas naturales (García, Pérez, Cocero, 2007).



CONGRESO IBEROAMERICANO DE QUÍMICA
 "75 AÑOS DE LA SQP"
XXIV CONGRESO PERUANO DE QUÍMICA
 13 al 17 de Octubre – 2008 (Cusco, Perú)
 Informes e inscripciones: sqperu@gmail.com

CURSO-TALLER PRE CONGRESO
Higiene y seguridad en el manejo de sustancias y residuos químicos
 Expositor: Ing. Jorge E. Loayza Pérez
 (Cusco, 12-13 de Agosto - 2008)

TABLA 1 FACTOR DE CORRECCIÓN

Categorías de estabilidad (Clases)	Factor de corrección aplicado al Δh , calculado por la fórmula de Holland
A,B	1,15
C	1,10
D	1,00
E,F	0,85

FACTORES QUE INFLUYEN EN LA DISPERSIÓN DEL PENACHO (PLUME)

Los gases pesados muestran una elevación inicial del penacho debida al impulso de salida, como sucede en todo escape, seguida de una cierta caída en curva por influencia de su densidad. Comparándolos con los gases neutros se ve que los gases pesados presentan en los momentos iniciales un comportamiento distinto, por lo cual se han desarrollado algunos modelos sofisticados. Sin embargo, al cabo de un cierto tiempo y a medida que se diluyen en el aire, las características y el comportamiento se pueden asimilar a los de un gas neutro. Si el escape de un gas pesado es de una proporción o intensidad de descarga moderadas, se puede tratar aceptablemente con el modelo gaussiano de gas neutro que es de aplicación mucho más sencilla, especialmente si lo que se quiere estudiar es lo que sucede en puntos que no sean excesivamente próximos al punto de emisión.

TABLA 2 CONDICIONES DE ESTABILIDAD METEOROLÓGICA DE PASQUILL

Velocidad del viento (m/s) a 10 m de altura	Insolación diurna			Condiciones nocturnas	
	Fuerte	Moderada	Ligera	Finamente cubierto ó más de la mitad cubierto	Nubosidad $\leq 3/8$
<2	A	A-B	B		
2-3	A-B	B	C	E	F
3-4	B	B-C	C	D	E
4-6	C	C-D	D	D	D
>6	C	D	D	D	D

La velocidad del viento se acostumbra a medir a 10 metros de altura. Esta velocidad, a niveles más bajos de 10 metros, se ve reducida notablemente debido a los efectos de rozamiento. Para niveles distintos de este valor, la velocidad del viento debe corregirse según la relación

$$U_z = u_{10} \left(\frac{z}{10} \right)^p \quad (3)$$

siendo:

u_z = Velocidad del viento a la altura de la fuente emisora (m/s)

u_{10} = Velocidad del viento a la altura de 10 m (m/s)

z = Altura de la fuente emisora (m)

p = Coeficiente exponencial

Los valores de p son función de la estabilidad atmosférica y la rugosidad del suelo (Continuará en el N° 39).

Fuente: Nota Técnica de Prevención NTP N° 329
 (http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp_329.htm)

En el próximo número (Boletín N° 39)

Toxicidad de los nitrofuranos. Modelos de dispersión de contaminantes químicos para emisiones accidentales (continuación). Procesos Industriales Sostenibles (continuación). Chemical Leasing

CONSULTAS Y SUGERENCIAS

Dirigirse al Ing. Jorge Loayza (Oficina N° 222). Facultad de Química e Ingeniería Química. Pabellón de Química. Ciudad Universitaria. UNMSM. Lima. Perú. Correos electrónicos: jloayzap@yahoo.es / jloayzap@unmsm.edu.pe

Se autoriza la reproducción y difusión del material presentado, citando las fuentes