

# CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Casa de la Cultura Ecuatoriana:  
"Benjamín Carrión"

**Vol. VII, No. 1, abril 2008**

0001

08

1

2

P.6-0001  
2008  
nº 1  
Vol. VII  
p. 2

**CASA DE LA CULTURA ECUATORIANA**

**Revista**

# **CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

**Quito – Ecuador**

Vol. VII, Nº 1, abril 2008

*Casa de la Cultura Ecuatoriana  
"Benjamín Carrión"*

Presidente:

*Dr. Marco Antonio Rodríguez*

Secretario General

*Ab. José Regato*

Editores

*Dr. Luis A. Romo S.*

*Dr. Melio Sáenz*

**Consejo Editorial:**

*Dr. Plutarco Naranjo V.*

*M.Sc. Patricio Peñaherrera*

*Dr. Bruce Hoeneisen*

*M.Sc. Ing. Juan de Dios Alvarado*

*Dra. Laura Arcos*

*Dr. Rolando Sáenz*

*Dr. Gabriel Trueba*

*M.Sc. Edward Jiménez*

ISSN: 13903365



Impreso en Ecuador – Printed in Ecuador

E-mail: [cce.benjamin carrion@andinanet.net](mailto:cce.benjamin carrion@andinanet.net)

[www.cce.org.ec](http://www.cce.org.ec)

# REVISTA CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Vol. VII, Nº 1, abril 2008



CASA DE LA CULTURA ECUATORIANA  
Quito - Ecuador

Revista 2008

## Guía para los autores

*CIENCIA Y TECNOLOGÍA* es una revista multidisciplinaria que recoge y publica trabajos de investigación básica y aplicada en los campos de la Física, Química, Biología, Medicina, Agricultura, Ciencias de la Tierra. Se incluyen también revisiones bibliográficas críticas de temas de contenido teórico que benefician a la comunidad científica.

La extensión del trabajo debe ser de 6 a 12 páginas con texto de 13 cm. x 20 cm. escritas a doble espacio. El texto debe ser escrito en estilo sobrio: conciso y claro evitando el uso de palabras y frases imprecisas y debe contener:

RESUMEN (100 a 150 palabras); INTRODUCCIÓN; ( $\approx$  15% de la extensión del texto); MATERIALES Y MÉTODOS ( $\approx$  10% al 20%); RESULTADOS incluyendo el análisis de errores ( $\approx$  20% al 30%); DISCUSIÓN ( $\approx$  15% al 20%); CONCLUSIONES ( $\approx$  10%) y REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS que deben anotarse con corchetes en el texto ordinalmente y al fin del trabajo sin corchetes también ordinalmente.

Para revistas:

Frankel S. and Mysels R.J., *J.Phys. Chem.*, 84, 2018-2033 (1993) y para libros:

Litter M., *FARMACOLOGÍA*, 2ª Ed., El Ateneo, Buenos Aires, (1961), pp.....

**LAS ILUSTRACIONES INCLUYEN:** Tablas y Figuras que deben ser enumeradas y presentadas en hojas aparte indicando la ubicación de las mismas en el texto.

En cuanto a los trabajos de investigación teórica cabe anotar que en el contenido y presentación deben sujetarse a los cánones internacionales.

Agradecemos que una copia del trabajo impreso a doble espacio y el disquete sean entregados en la Secretaría General de la CCE. El disquete será devuelto al autor.

**Las opiniones expresadas en los trabajos publicados en la revista CIENCIA Y TECNOLOGÍA son de exclusiva responsabilidad de sus autores.**

# CIENCIA Y TECNOLOGÍA

## CONTENIDO

	Pág.
PRESENTACIÓN .....	9
USO Y ABUSO DE LA ESTADÍSTICA .....	11
Dr. Luis A. Romo S.	
TRAZABILIDAD .....	31
Dr. Kart Freund Ruf	
REDUCCIÓN SELECTIVA DEL NO <sub>x</sub> CON HIDROCARBUROS	
Dr. Juan O. Petunchi .....	49
PRINCIPIOS Y APLICACIONES DE LA ÓSMOSIS INVERSA EN EL TRATAMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO	
Dr. Patricio Carrera .....	61
ANTIGÜEDAD DE LOS ALIMENTOS AMERICANOS	
Dr. Plutarco Naranjo .....	71
INFORMACIONES CIENTÍFICO-CULTURALES .....	85
EL SEXTO CONGRESO IBEROAMERICANO DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS	
Ing. Juan de Dios Alvarado .....	91
AMINOÁCIDOS EN EL ESPACIO	
Caroline Moore .....	94

## PRESENTACIÓN

El Ilustre Decano de la Facultad de Ciencias y Escuela Politécnica, Profesor Menten, S. J. en 1870 afirmó que un País que no apoya la realización de la investigación científica naufraga! Justamente el atraso del Tercer Mundo se debe al poco o ningún apoyo a la realización de la investigación científica. El resultado es la profundización de la dependencia social, económica y política de los países atrasados que se los identifica con el común denominador de países subdesarrollados.

El apoyo del Estado ecuatoriano a la investigación científica ha sido en términos concretos nulo porque no ha sido capaz de definir una política de Ciencia y Tecnología. Una esperanza para el cultivo de la ciencia fue el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) que fue fundado en 1979 y que después de haber realizado una gestión meritoria fue eliminado mediante Decreto Ejecutivo dictado en 1984 que creó la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología SENACYT y la Fundación para el Desarrollo de la Ciencia y Tecnología (FUNDACYT) que funcionó hasta fines del 2006 en calidad de organismo ejecutivo del SENACYT. Ambos organismos fueron dependencias de la Vicepresidencia de la República.

La debilidad del funcionamiento de estos organismos fue de que dependían básicamente de préstamos externos. Surge nuevamente la esperanza a favor de la investigación científica mediante la creación por decreto ejecutivo de la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología que confiamos que con el apoyo político y económico del Gobierno Nacional pueda en términos concretos impulsar la investigación en los amplios campos de la ciencia, la tecnología y la innovación tecnológica.

Nuestro empeño es el de contribuir a combatir el atraso científico y tecnológico nacional mediante la publicación de la Revista de Ciencia y Tecnología gracias al generoso apoyo de la Casa de la Cultura Ecuatoriana «Benjamín Carrión».

*Dr. Luis A. Romo S.*

# USO Y ABUSO DE LA ESTADÍSTICA

Dr. Luis Romo S.

## 1.- Consideraciones Generales.

La experimentación científica es una actividad que se realiza operativamente con el fin de comprobar las hipótesis que se plantean en el curso de una investigación. A menudo, se ignora que toda medida que se realiza está viciada de error sin que importe cual sea la exactitud y la precisión que se alcancen.

Los errores aleatorios son fortuitos, tienen igual probabilidad de ser de signo positivo o negativo, son ínfimos y se hallan distribuidos al azar.

Los datos experimentales están siempre, de modo inevitable, viciados de los errores aleatorios que también se denominan experimentales o de medida, pero jamás deben estar cargados de errores sistemáticos.

Los errores experimentales están sujetos al tratamiento estadístico que permite separarlos analíticamente de los datos experimentales con el fin primordial de derivar inferencias válidas. Por ejemplo, cuando se afirma que en una investigación de la estatura de dos grupos de personas, los promedios son 172 cm. y 176 cm., interesa establecer si en realidad estas medidas indican que se trata de una diferencia real, propia de las estaturas de los individuos de los dos grupos, o a lo mejor resulta que es aparente porque los dos promedios están viciados de los errores de medida.

En cambio, los errores sistemáticos son de igual signo, o tienen la propiedad de ser periódicos tal como se observa cuando se mide la viscosidad de un líquido en un laboratorio donde se carece de control de la temperatura. Estos errores se originan por algún defecto de funcionamiento del aparato o instrumento de medida, por calibración defectuosa, o por el uso de patrones de medida que no se ajustan a las exigencias impuestas por convención internacional.

Los errores sistemáticos jamás se pueden eliminar mediante un tratamiento estadístico porque solo se depuran eliminando el origen del vicio. Si un aparato no funciona correctamente, hay que repararlo. Los instrumentos y/o patrones de medida deben ser calibrados en relación a los patrones internacionales de media, etc.

Hace mucho tiempo, Fisher<sup>a</sup> y Snedecor<sup>b</sup> se ocuparon de estructurar las bases de la correcta aplicación de la Estadística como el medio para separar analíticamente los errores de los datos experimentales. Los progresos que se han logrado en esta importante materia se patentizan en varias obras<sup>c,d,e,f</sup> que se refieren a los métodos del planeamiento de los experimentos científicos.

No cabe que todavía existan lugares donde se sostiene tácitamente que no importa como se realice la investigación, una vez que la Estadística subsana todo. Se debe reconocer que ningún método estadístico puede servir para mejorar lo que está mal hecho. La experimentación debe ser siempre realizada con una diligencia que asegure la obtención de datos que patencen la realidad sin que importe que concuerdan o no con tal o cual hipótesis preconcebida. Vale advertir al respecto que cuando una hipótesis no concuerda con los hechos, se la debe desechar.

Estos conceptos básicos, a menudo, no son del dominio de quienes realizan la experimentación científica, tal como se puede deducir de las formas de presentación de los datos y de los análisis estadísticos superficiales y a menudo erróneos que se efectúan.

## 2.- Reducción del Error Experimental.

En el curso de la experimentación, el objetivo que se persigue es el de obtener resultados que permitan derivar las máximas generaciones a base de un mínimo número de experiencias. Con este fin, al realizar los experimentos, se debe siempre aplicar los métodos que conduzcan a reducir los errores a un mínimo. Se

- 
- a R. A. Fisher, *Statistical Methods for Research Workers*, 11th Ed., Hafner Publishing Co., New York (1950).
  - b George Snedecor, *Statistical Methods*, Iowa Sta. Univ. Press, Ames (1957).
  - c R. A. Fisher, *The Design of Experiments*, 6th Edit., Hafner Publishing Co., New York (1951).
  - d H. B. Mann, *Analysis and Design of Experiments*, Dover Publ., New York (1950). O. L. Davis, *Design and Analysis of Industrial Experiments*, Oliver & Boyd, London (1964).
  - e Luis A. Romo S., *Métodos de Experimentación Científica*, Ed. Casals, Barcelona (1964).
  - f S. Vajda, *The Mathematics of Experimental Design*, Charles Griffin & Co., London (1967).

logra este objetivo, mediante el uso de las replicaciones una vez que el error es inversamente proporcional a la raíz cuadrada del número de observaciones. Igualmente, para eliminar la tendencia humana a subordinar la realización de las observaciones a tal o cual plan premeditado, con el fin de reducir a un mínimo la heterogeneidad del material de investigación, se deben siempre aplicar al alzar los tratamientos. Por ejemplo, si se debe utilizar 30 cobayos en grupos de 5 en un experimento para investigar los efectos de una droga, se los ha de dividir en los seis grupos, asignándolos uno por uno al azar para de este modo reducir a un mínimo el efecto de la heterogeneidad de este material experimental.

En experimentos con más de dos variables independientes, se alcanza estos objetivos mediante el concurso de la teoría del planeamiento de experimentos científicos.

La estrategia que queda puntualizada de nada serviría si al mismo tiempo no se realiza la experimentación mediante la aplicación de los métodos más depurados porque aunque caigamos en redundancia, ningún método estadístico por excelente que sea, puede substituir a una experimentación realizada defectuosamente.

### **3.- Abuso de los Métodos Estadísticos.**

#### **(1). Una observación general.**

El nivel de los cursos de Estadística que se dictan en algunas instituciones de educación superior bordea la mediocridad y hace de esta importante disciplina una herramienta mecánica que se la aplica sin ningún empeño de hacer un verdadero análisis de errores; pues, parece que el fin que se persigue es el de adornar los datos que se han recogido con las desviaciones típicas sin ninguna sujeción a un plan racional de investigación.

Sorprendente que en muchas instituciones de educación superior de América Latina se dicten cursos de Estadística que se reducen a recetarios de fórmulas que se usan ignorando de dónde proceden, qué limitaciones tienen y en qué casos se deben aplicar. Cuán común es constatar que se realizan experimentos para determinar el efecto de tal o cual variable para luego de obtenidos los resultados tratar de acomodarlos a tal o cual tratamiento estadístico.

En las revistas de ciencias naturales se encuentra, a menudo, datos experimentales que se los procesa mediante el análisis de varianza o de

regresión sin antes haber establecido si se conforman con la distribución normal. Mediante este procedimiento se invalida la realización de las pruebas de significación y se derivan conclusiones equivocadas.

## (2). Consideraciones fundamentales

Con estos antecedentes, vale revisar los aspectos relevantes de la teoría con el fin de establecer los criterios que deben aplicarse en el manejo de los datos experimentales.

Por razones obvias, presentamos a continuación los conceptos fundamentales acerca de las distribuciones normal, logarítmico-normal, binómica y de Poisson con el fin de establecer las relaciones que existen entre ellas y las transformaciones que deben aplicarse para hacer viable la realización del análisis de varianza.

- a) Distribución normal.- Esta distribución se caracteriza por ser simétrica a causa de que la probabilidad de que los desvíos de la media  $(x - \mu)$  sean positivos o negativos es igual y que estos desvíos acontecen al azar y tienden a ser ínfimos.

La función de distribución  $p\{x\}$  se la representa mediante la función típica  $\phi(u)$ , una vez que

$$p\{x\} = \frac{1}{\sigma} \Phi(u) \text{ donde } u = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

siendo  $x$  la variable aleatoria,  $\mu$  la media o  $\sigma$  la desviación típica.

Actualmente,  $p\{x\}$  representa la probabilidad de la realización de un evento que se conforma con la distribución normal:

$$p\{x\} = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-(x-\mu)^2/2\sigma^2} \quad (-\infty < x < \infty)$$

En esta ecuación,  $\mu$  y  $\sigma^2$  representan la media y la varianza que de hecho son los parámetros de la distribución

La función de distribución cumulativa de  $x_i$ , se define mediante la ecuación:

$$p\{x\} = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-(x-\mu)^2/2\sigma^2} dt$$

La distribución normal es característica de los errores de medida, experimentales, o aleatorios. Un ejemplo típico de datos que se conforman con la distribución normal constituyen los incrementos de peso de cobayos mediante el suministro de concentrados de composición diferente.

TABLA 1.- INCREMENTOS DE LOS PESOS (GRAMOS) DE COBAYOS ALIMENTADOS CON CUATRO DIETAS.

Replicaciones	Concentrados			
	A	B	C	D
1	24,8	25,0	30,4	26,3
2	27,7	28,3	26,6	22,6
3	28,5	25,0	28,5	25,5
$\bar{x} =$	27,0	26,1	28,5	24,8
$S^2 =$	3,79	3,73	3,61	3,79

Tal como queda demostrado, la distribución normal se caracteriza porque las medias son independientes de las varianzas y a su vez éstas son homogéneas.

- b) Distribución logarítmico-normal.- Se afirma que una variable aleatoria se conforma con la distribución logarítmica-normal cuando los logaritmos de la variable se conforman con la distribución normal.

La función de distribución cumulativa se define a partir de la ecuación:

$$p(x) = \Phi(u) \quad \text{donde}$$

En esta ecuación, la media  $\mu$  no representa la media de la variable  $x$ , sino que  $\mu$  se define mediante  $\log \mu$  que es la media de  $\log x$ ; o sea que

$$y \quad m\{\log x\} = \log \mu$$

$$m(\log x - \log \mu)^2 = \sigma^2$$

Diferenciando la función de distribución acumulativa, se tiene:

$$p\{x\} dx = \Phi(u) du$$

o sea que

$$p\{x\} dx = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\log x - \log \mu)^2}{2\sigma^2}} d \log x$$

lo cual hace que

$$P\{x\} = \frac{M}{x \sigma} \Phi(\mu)$$

La media de  $x$  es:  $m\{x\} = \mu \times 10^{(\sigma^{2/2})}$

o sea que  $\log x = \log \mu + 1,1513\sigma$ .

En la realidad, se observa que la distribución de los tamaños de los pesos de las partículas de un polvo disperso se conforman con la distribución logarítmica-normal.

- c) Distribución binómica.- La distribución binómica es característica de atributos duales: machos versus hembras, muertos y vivos, pequeños y grandes, verdes y maduros, etc.

Para distinguir las frecuencias de estas dos categorías se asignan las probabilidades  $p$  y  $q$ , reconociendo que  $p + q = 1$ . Además, si  $k$  representa el número de observaciones por muestra, se establece que la función de distribución es:

$$P(x) = \binom{k}{x} p^x q^{k-x} \quad (x > x > 0)$$

En esta ecuación,  $x$  es la variable aleatoria, siendo  $k$  el parámetro discreto y  $p$  el continuo, una vez que varía de 0 a 1.

$$u = \frac{\log x - \log \mu}{\sigma} \quad (0 < x < \infty)$$

Los parámetros característicos de la distribución binómica son la media,  $\mu = kp$  y la varianza,  $\sigma^2 = kp(1-p)$ . En cambio, cuando se expresan estos parámetros porcentualmente,  $\mu = p$  y  $\sigma^2 = kp(1-p)$ . En cambio, cuando se expresan estos parámetros porcentualmente,  $\mu = p$  y  $\sigma^2 = pq/k$ .

Un ejemplo típico representa los datos obtenidos en un experimento realizado para determinar la letalidad de una nueva droga con cobayos en grupos de cuatro. La probabilidad de supervivencia por cobayo es 0,5, siendo por supuesto evidente que pueden sobrevivir o morir de 0 a 4 cobayos por grupo. En total, se tratan 96 cobayos, siendo los resultados los siguientes:

donde  $M = \log c = 0,4343$

**TABLA 2.- SUPERVIVENCIA DE COBAYOS EN GRUPOS DE CUATRO INYECTADOS CON UNA DROGA.**

Cobayos Sobrevivientes	Frecuencias de Supervivencia	
	Experimental ( $f_i$ )	Teórica ( $f_{v,i}$ )
0	4	6
1	20	24
2	40	36
3	25	24
4	7	6
	<hr/> 96	<hr/> 96

Se aprecia que para esta muestra, la medida y la varianza son:

$x = 2,11$  y  $s^2 = 0,92$  respectivamente.

Las características de esta distribución binómica se definen por el hecho de que cada grupo contiene 4 cobayos y que la probabilidad de supervivencia de cada cobayo es 0,5. Con este antecedente, las frecuencias teóricas  $f_i$  se dan en la tercera columna de la Tabla 2.

Los parámetros de esta población binómica son  $\mu = 2$  y  $\sigma^2 = 1$ . Por otro lado, se establecen estos parámetros directamente como sigue

$$\mu = kp = 4 \times 0,5 = 2$$

$$\sigma = (kpq)^{1/2} = (4 \times 0,5 \times 0,5)^{1/2} = 1.$$

En el caso de expresar estos parámetros porcentualmente, se tiene

$$\mu = p = 0,5 \text{ o sea } 50\%$$

$$\text{y } \sigma = (pq/k)^{1/2} = (0,5 \times 0,5/4)^{1/2} = 0,25 \text{ o sea } 25\%.$$

Se advierte que  $p$  no es solamente la probabilidad de un evento, sino que al mismo tiempo es la media  $\mu$  de la población que representa el porcentaje de eventos «sobrevivencia o mortalidad» y que  $\sigma$  es la desviación típica de la población. Finalmente, vale advertir que cuando los datos experimentales se conforman con la distribución binómica, la media está relacionada a la varianza, pues tal como queda puntualizado, cuando  $p = q$  de hecho,  $\sigma = 0,5 \mu$ .

Otro ejemplo de datos que se conforman con la distribución binómica representan los obtenidos en un experimento para investigar la efectividad de cuatro drogas: A, B, C y D en pacientes divididos en grupos de 100 c/u.

TABLA 3.- EFECTO ANALGÉSICO DE CUATRO DROGAS SOBRE GRUPOS DE CIENTO PACIENTES.

Efecto	A	B	C	D
Positivo:	73	88	77	81
Nulo :	27	12	23	19
$\mu =$	0,27	0,12	0,23	0,19
$s^2 =$	0,197	0,106	0,177	0,154

- d) Distribución de Poisson.- Los datos que se conforman con esta distribución son de carácter discontinuo, caracterizados por la media  $\mu = p$  que tiene valor ínfimo. Por sus peculiaridades y aplicaciones, esta distribución se denomina también la distribución de eventos raros.

En la distribución binómica, cuando  $p$  varía de modo inverso a  $k$ , de manera que a medida que  $p \rightarrow 0$ ,  $k \rightarrow \infty$ , la distribución binómica tiende hacia la de Poisson.

Partiendo de la distribución binómica, se llega a la de Poisson que se define mediante:

$$P(x) = \frac{\mu^x}{x!} e^{-\mu}, \quad x = 0, 1, 2, 3, \dots$$

Se establece esta ecuación mediante la siguiente transformación:

$$p(x) = \binom{k}{x} p^x q^{k-x} = \frac{k(k-1)\dots(k-x+1)}{x!} \frac{\mu^x}{k^x} \left[1 - \frac{\mu}{k}\right]^{k-x}$$

Se conoce que la otra forma de esta ecuación es:

$$p(x) = \binom{k}{x} \left[1 - \frac{\mu}{k}\right] \dots \left[1 - \frac{\mu}{k}\right]^{x-1} \left[1 - \frac{\mu}{k}\right]^{-x} \frac{\mu^x}{x!} \left[1 - \frac{\mu}{k}\right]^{k-x}$$

se aprecia además que a medida que  $k \rightarrow \infty$ :

$$p(x) \rightarrow \frac{\mu^x}{x!} e^{-\mu}$$

Igualmente, los términos entre paréntesis con corchetes cuadros convergen hacia 1 de tal modo que el producto converge también hacia 1, una vez que el número de factores es finito, mientras que

$$\left[ 1 - \frac{\mu}{k} \right]^k \rightarrow e^{-\mu}.$$

Así se establece que la media de la distribución binómica,  $\mu = kp$ , es fija y que la varianza es  $kp(1-p) = \mu(1-p) \rightarrow \mu$  lo cual es cierto cuando  $k \rightarrow \infty$  y  $p \rightarrow 0$ . Por lo tanto, la distribución de Poisson se caracteriza por tener un solo parámetro, una vez que la media es igual a la varianza.

Se ilustra este hecho mediante el siguiente ejemplo. Supongamos que para una distribución,  $p = 0,001$  y  $k = 1000$ . La media y la varianza de la distribución binómica que tiende hacia la de Poisson son:  $\mu = kp = 1$  y  $\sigma^2 = kp(1-p) = 1 - 0,001 = 0,999$  lo cual confirma lo que queda puntualizado.

Vale anotar que se conforman con la distribución de Poisson el número de colonias bacterianas en placas del mismo tamaño, o el número de plantas enfermas en lotes de terreno de la misma área. Específicamente se dan a continuación datos de la supervivencia de las moscas domésticas en grupos de 100 tratadas por triplicado con 3 insecticidas.

TABLA 4.- SUPERVIVENCIA DE MOSCAS TRATADAS CON TRES INSECTICIDAS.

Replicaciones	Insecticidas		
	A	B	C
R <sub>1</sub>	15	15	12
R <sub>2</sub>	24	11	16
R <sub>3</sub>	18	19	20
$\bar{x}$	19	15	16
s <sup>2</sup>	21	16	16

Se aprecia que para estos datos, las medias y las varianzas tienden a ser iguales.

e) Conversión de la distribución binómica en normal.- La distribución binómica tiende hacia la normal a medida que  $k$  aumenta y  $p$  disminuye. Por ejemplo, para  $k = 100$  y  $p = 0,1$ , la aproximación es satisfactoria, una vez que la asimetría de la curva de la distribución binómica se reduce a un mínimo de tal manera que se identifica con la distribución normal. Pues:

$$p\{x\} = \binom{k}{x} p^x q^{k-x} \cong \frac{1}{\sqrt{2\pi k p q}} e^{-\frac{(x - kp)^2}{2kpq}}$$

Se percibe que cuando  $k$  es un valor grande,  $x$  se conforma con la distribución normal con parámetros:  $\mu = kp$  y  $\sigma^2 = kp(1 - p)$ . Así se establece que la función típica  $u$  se define mediante:

$$u = \frac{x - kp}{\sqrt{kp(1 - p)}}$$

que tiene la propiedad de conformarse aproximadamente con la distribución normal. si se dividen el numerador y el denominador por  $k$  resulta que

$$u = \frac{h - p}{\sqrt{p(1 - p)/k}}$$

de donde se deduce que  $h = x/k$  se halla distribuido normalmente con la media  $p$  y la varianza  $p(1 - p)/k$ .

### (3). Transformaciones

a) Introducción.- Uno de los métodos más útiles es el análisis de varianzas que rinde resultados válidos cuando se

$$\frac{1}{C} (\nu \ln s_1^2 - \sum \nu_i \ln s_i^2)$$

donde  
lo efectúa con datos que se conforman con la distribución normal.

Los datos experimentales que se obtienen se desvían, a menudo, de la distribución normal, razón por la que se vuelve imprescindible aplicar transformaciones que, sin alterar la variación característica de los datos, haga posible la realización correcta del análisis estadístico. El objetivo que se persigue es el de lograr la homogenización de las varianzas.

Se entiende claramente que lo que interesa es establecer si las varianzas de las muestras,  $s_i^2$  tomadas independientemente son estimaciones de la varianza,  $\sigma^2$  de la población.

Justamente, si el número de muestras es  $k$ , es evidente que a cada una corresponden  $(k - 1) = \nu_i$  grados de libertad. Para determinar si en realidad las varianzas  $s_i^2$ , de las muestras son estimaciones de  $\sigma^2$ , se parte de la hipótesis de comparación:

$$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2 = \dots = \sigma_k^2$$

A base de esta hipótesis que afirma que al ser las varianzas iguales, de hecho las muestras corresponden a la misma población, la estimación  $s^2$  de la población es

$$s^2 = \frac{1}{\nu} \sum \nu_i s_i^2$$

donde  $\nu = \sum \nu_i$ . En vista de que la esperanza matemática de  $s_i^2$  es la varianza de la población  $\sigma^2$ , o sea que

$$E(s_i^2) = \sigma^2$$

se ha establecido<sup>(a)</sup> que la expresión

$$C = 1 + \frac{1}{3(k-1)} \left( \sum \frac{1}{\nu_i} - \frac{1}{\nu} \right)$$

---

a M. S. Bartlett, Proc. Roy. Soc., A., 160, 268 (1937).

se conforma con la distribución  $X^2$ , chi-cuadrado, con  $(k-1)$  grados de libertad. La prueba chi-cuadrado<sup>(b)</sup> sirve para establecer si las varianzas  $\sigma^2$  y sus estimaciones de  $\sigma^2$  lo que en el caso de confirmar la hipótesis de comparación, significa que las muestras tomadas independientemente corresponden a la misma población.

La aplicación de una transformación a un limitado número de observaciones es difícil porque no es fácil decidir acerca de las características de las mismas.

Una prueba preliminar consiste en agrupar los datos para determinar si las medias son independientes de las correspondientes varianzas. Se realiza esta prueba con el fin de determinar si se aplica el teorema de la tendencia central que afirma, en términos generales, que «a medida que aumenta el tamaño de la muestra, la distribución de los promedios de las muestras con el mismo número de datos tomados de la misma población, tienden hacia la distribución normal bajo la condición de que la varianza de la población sea finita». En caso de que la prueba sea negativa, se debe aplicar una transformación como la condición previa imprescindible para realizar el análisis estadístico de los datos experimentales.

Si consideramos que  $u = f(x)$  donde  $x$  es la variable aleatoria, la función de distribución acumulativa se define mediante la ecuación:

$$P\{x\} = f\{x\}$$

y por tanto

$$dP\{x\} = P\{x\} dx = \emptyset(f(x)) df(x)$$

y que

$$P\{x\} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-[f(x)]^2/2} f'(x)$$

b Luis A. Romo S., Métodos de Experimentación Científica, Edit. Casals, Barcelona (1964), p. 159 - 160.

Lo cual indica que mientras  $x$  se conforma con la distribución asimétrica, la función  $f(x)$  se conforma con la distribución normal.

Se aprecia que, en principio, siempre es posible transformar los valores de  $x$  en unos que correspondan a la distribución normal, una vez que exista la función

$$f(x) = \frac{g(x) - g(\mu)}{\sigma}$$

En esta ecuación,  $g(x)$  no incluye ningún parámetro desconocido y tiene la propiedad de sujetarse a la distribución normal caracterizada por la media  $g(\mu)$  y la varianza  $\sigma^2$ .

b) Formas de las transformaciones.- Entre las transformaciones que deben utilizarse para convertir los valores de la variable aleatoria  $x$  en datos que se sujetan a la distribución normal, se tienen las siguientes:

1) Las transformaciones  $g(x) = \sqrt{x}$  y  $g(x) = \sqrt{x + \alpha}$  se aplican cuando la variable aleatoria  $x$  se conforma con la distribución Poisson.

La transformación  $g(x) = \sqrt{x}$  tiene la singular ventaja de que no contiene parámetros que deben ser estimados a partir de la muestra y que la distribución resultante se caracteriza mediante dos parámetros: la media y la varianza de la variable transformada.

En cambio, la transformación  $g(x) = \sqrt{x + \alpha}$  incluye en la distribución el parámetro adicional que debe ser evaluado o introducido a priori arbitrariamente.

Se aplica la primera forma cuando el número de observaciones que se subordinan a la distribución de Poisson por grupo es igual a  $k > 10$ . En el otro caso, cuando  $k < 10$ , se aplica la segunda forma, fijando el valor de  $\alpha = 0,5$

Para aplicar estas transformaciones se deben hacer cálculos preliminares con los datos experimentales obtenidos con el fin de establecer si  $x \approx \sigma^2$  tal como se indica mediante los datos de la Tabla 4.

Los datos que se consignan en la Tabla 5 representan la transformación de los datos de la Tabla 4, de Poisson, en normales.

TABLA 5.- TRANSFORMACIÓN DE DATOS QUE SE CONFORMAN CON LA DISTRIBUCIÓN DE POISSON EN NORMALES.

Replicaciones	Insecticidas		
	A	B	C
$R_1$	3,87	3,87	3,46
$R_2$	4,90	3,32	4,00
$R_3$	4,27	4,36	4,47
$\bar{x} =$	4,37	3,85	3,98
$s^2 =$	0,27	0,27	0,26

Se aprecia que mediante esta transformación se logra homogenizar las varianzas y establecer que las medias de los tres grupos sean independientes de las varianzas.

2) Transformación de datos que se conforman con la distribución binómica.- Cuando se expresan los datos experimentales como frecuencias, partiendo de la relación entre  $\mu = p$  y  $\sigma^2 = p(1-p)/k$ , para la frecuencia  $h = x/k$  se puede determinar la función  $y = g(k)$  de tal modo que la variable transformada y sea independiente de P.

La función de transformación es:

$$y = 2 \arcsen \sqrt{h}$$

La varianza de la distribución es  $\sigma^2 = 1/k$ ; pues, si  $h$  concuerda con la distribución normal con media  $P$  y varianza  $\sigma^2 = p(1-p)/k$ , resulta que  $y = \arcsen \sqrt{h}$  se conforma también con la distribución normal con la media  $\eta = 2 \arcsen \sqrt{p}$  y la varianza  $\sigma^2 = 1/k$ .

En cambio, cuando los datos experimentales que se conforman con la distribución binómica se expresan en porcentajes, la transformación apropiada es la angular que viene dada por

$$\theta = \arcsen \sqrt{c\%}$$

El análisis de varianza o de regresión se efectúa con los valores de  $\theta$  que se encuentran tabulados<sup>a)</sup>.

A continuación, nos remitimos a los datos obtenidos en experimentos por triplicado para determinar el porcentaje de germinación de semillas de cuatro variedades de una hortaliza.

**TABLA 6.- PORCENTAJES DE SEMILLAS NO GERMINADAS DE CUATRO VARIEDADES DE UNA HORTALIZA.**

Replicaciones	Variedades			
	A	B	C	D
I	13	18	17	13
II	8	12	22	18
III	9	15	24	12
$\bar{x} =$	10,0	15,0	21,0	14,3
$s^2 =$	7,0	9,0	13,0	10,3

Por las razones que quedan puntualizadas, para realizar el análisis de varianza, estos datos deben ser transformados para operar con los correspondientes valores de  $\theta$ .

**TABLA 7.- VALORES DE  $\theta$  DE LOS DATOS CONSIGNADOS EN LA TABLA 6**

Variedades de una hortaliza

	A	B	C	D
	21,1	25,1	24,4	21,1
	16,4	20,3	27,3	25,1
	17,5	22,8	29,3	20,3
$\bar{x} =$	18,3	22,7	27,0	22,2
$s^2 =$	6,04	5,76	6,07	6,04

a) R. A. Fisher y F. Yates, Statistical Tables for Biological, Agricultural and Medical Research, Oliver & Boyd Ltda., Edinburgh (1954).

3) Transformación logarítmica.- Existen problemas de investigación en los que un análisis preliminar de los datos tabulados indica que las medias son, proporcionales a las varianzas. Cuando esto sucede, la teoría, enseña que los datos corresponde a una distribución asimétrica con desvío hacia la izquierda.

La ecuación de la transformación es:

$$g(x) = \log(x)$$

que indica que los logaritmos de la variable aleatoria, se conforman con la distribución normal.

Se ilustra la aplicación de la transformación logarítmica mediante los datos obtenidos en un experimento para, determinar el número de moscas en grupos de 10 c/u que se paralizan por el efecto de un insecticida sistémico después de 30, 60 y 90 segundos del tratamiento.

**TABLA 8.- EFECTOS DE UN INSECTICIDA SISTÉMICO SOBRE LOS TIEMPOS REQUERIDOS PARA PRODUCIR PARÁLISIS EN MOSCAS.**

Replicaciones	Tiempos Transcurridos		
	30 seg.	60 seg.	90 seg.
1	2	5	6
2	5	3	6
3	2	2	9
4	3	6	3
	$\bar{x} = 3$	4	6
	$s^2 = 2,0$	3,3	6,0

Para realizar con estos datos el análisis de varianza con el fin de determinar si en realidad las cuentas obtenidas de las moscas paralizadas en los tres tiempos de observación son diferentes, se realiza la transformación logarítmica, tal como se muestra en la tabla 9.

**TABLA 9.- TRANSFORMACIÓN LOGARÍTMICA DE LOS DATOS DE LA TABLA 8.**

Replicaciones	Tiempos Transcurridos		
	30 seg.	60 seg.	90 seg.
1	0,301	0,700	0,778
2	0,700	0,477	0,778
3	0,301	0,301	0,954
4	0,477	0,778	0,477
$\bar{x}$	= 0,445	0,564	0,747
$s^2$	= 0,035	0,034	0,039

Tal como queda demostrado mediante esta transformación, se logra homogenizar las varianzas sin menguar la variación de las frecuencias observadas que se manifiestan en las medias de las observaciones transformadas.

#### 4.- Urgencia de una Renovación.

Aparte de las observaciones que quedan puntualizadas, se debe reconocer que el abuso de los métodos estadísticos por el desconocimiento de la teoría, de las probabilidades, se patentiza en los modos que se utilizan para analizar erróneamente los datos de experimentos que se han realizado sin sujeción a un plan de investigación.

La teoría del planteamiento de experimentos científicos que ha alcanzado un alto grado de perfeccionamiento es desconocida en los países atrasados. Al respecto, cuan interesante sería que esta materia sea acogida y cultivada por los matemáticos.

En las instituciones de educación, superior de algunos países latinoamericanos se enseña la Estadística a niveles que corresponden a la secundaria en los países desarrollados y en otras, simplemente se ignora, que esta ciencia ha evolucionado enormemente desde su iniciación en los siglos XVIII y XIX.

El autor de esta contribución guarda la firme convicción de que el cultivo de la ciencia en los países subdesarrollados no podrá progresar

jamás, mientras no se elimine el facilismo en todos los quehaceres y el temor que existe por la incorporación, en los planes de estudios, de cursos de ciencias matemáticas y físicas a niveles acordes con la exigencia del mundo moderno. A menudo, se ignora que un objetivo fundamental del quehacer científico es el, de alcanzar, a base de un limitado número de experiencias, generalizaciones que permitan resolver problemas y adquirir una más amplia y correcta interpretación del Universo.

Para corregir las gravísimas diferencias de la enseñanza de la Estadística en las instituciones de educación superior, el prerequisite indispensable e insustituible debe ser un curso de la teoría de las probabilidades. Con este soporte teórico, la Estadística podrá ser la herramienta útil para el análisis correcto de los errores que vician los resultados de los experimentos, y la teoría del planeamiento de experimentos científicos, la base para la racional ejecución, de la investigación.

Para terminar cabe referirnos a un pronunciamiento del Profesor R. A. Fisher<sup>(a)</sup> que afirma que sin el concurso franco de las Matemáticas es imposible entender el alcance de los métodos estadísticos.

---

a Anotaciones del autor cerca del curso sobre la Filosofía de la Investigación Científica dictado por el Profesor R. A. Fisher, University of Cambridge (1955).

# TRAZABILIDAD

Dr. Kurt A. Freund

## Sumario

La importancia de la trazabilidad que involucra una gama múltiple y variada de avances científicos y tecnológicos constituye un mecanismo y elemento fundamental que deberá ser regulado por todos los países en un futuro inmediato. Los sistemas de trazabilidad tienen implicaciones muy importantes en términos de calidad, seguridad y prevención; además permiten encontrar caminos innovadores para crear valor, mitigar riesgos y asegurar el cumplimiento de la nueva normatividad jurídica. Las organizaciones del siglo XXI están inmersas en una dinámica de relaciones digitales e informáticas que exigen de ellas mejores prácticas y estrategias, para mantener el debido control y registro de sus actividades. Según la norma ISO 8402: 1994 en la que se definía la trazabilidad como "la habilidad para trazar la historia, aplicación o localización de una entidad mediante la recopilación de datos".

El incremento del interés que suscita la trazabilidad en estos momentos viene dada por los tiempos de inseguridad global, las enfermedades de transmisión vía alimentos y las amenazas bioterroristas. Contener una crisis alimentaria viene a ser lo mismo que tener trazada una cadena de producción y distribución. En un caso de crisis, la trazabilidad permite actuar de la forma más rápida y eficaz.

La importancia de la trazabilidad como mecanismo para el seguimiento y conocimiento de la historia de un alimento ha sido ampliamente reconocida por distintas organizaciones de ámbito internacional. En una reunión conjunta entre la FAO y la OMS, con un coexponsor en el Codex, se indicó que la trazabilidad ha de ser considerada, cada vez más, como un elemento fundamental que deberá ser regulado por todos los países en un futuro inmediato. Las organizaciones del siglo XXI están inmersas en una dinámica de relaciones digitales e informáticas que exigen de ellas mejores prácticas y estrategias, para mantener el debido control y registro de las operaciones en el desarrollo de su negocio.

Los sistemas de trazabilidad tienen implicaciones muy importantes en términos de calidad, seguridad y prevención; además permiten encontrar caminos

innovadores para crear valor, mitigar riesgos y asegurar el cumplimiento de la nueva normatividad jurídica. La trazabilidad había sido definida previamente por los sistemas de gestión de calidad integral, y especialmente, por las normas ISO. En este sentido la ISO 9001:2000 la define como «la habilidad para trazar la historia, aplicación o localización de lo que se esté considerando». Esta definición, quizás, no es tan clara como la que se daba en la norma ISO 8402:1994 en la que se definía como «la habilidad para trazar la historia, aplicación o localización de una entidad mediante la recopilación de datos».

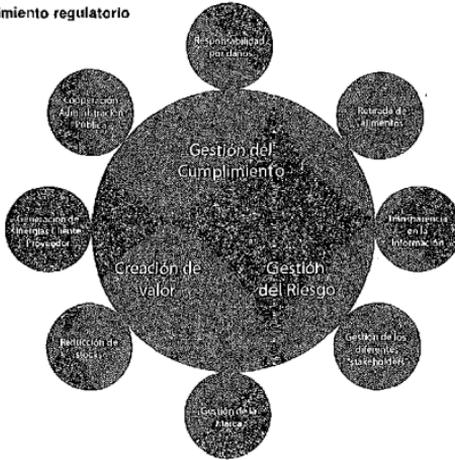
Este tema incorpora una gama múltiple y variada de avances científicos y tecnológicos. La trazabilidad de las comunicaciones electrónicas permiten luchar contra el fraude por Internet y abordar las implicaciones de la protección de datos personales en materias como la actividad económica, la lucha contra el terrorismo y la delincuencia organizada, la lucha contra el fraude y la transparencia administrativa. Un primer ámbito de acción consistiría en reforzar la transparencia de las transacciones financieras y de las entidades jurídicas con el fin de dificultar la movilización de capitales en favor de los terroristas. Seguir la pista («trazabilidad») de las transacciones financieras y otras operaciones supone también un buen medio para localizar estos grupos y dificultar su actividad. Por último, sería necesario reforzar la cooperación así como los mecanismos de intercambio de información a nivel tanto nacional como internacional,

El incremento del interés que suscita la trazabilidad en estos momentos viene dada por los tiempos de inseguridad global, las enfermedades de transmisión vía alimentos y las amenazas bioterroristas. Una acción de contaminación premeditada en las cadenas de producción alimentaria es sin duda el peor de los escenarios, pero las compañías dedicadas a este tipo de negocio están cada vez más dispuestas a afrontar y protegerse ante una eventual acción de este tipo. Contener una crisis alimentaria viene a ser lo mismo que tener trazada una cadena de producción y distribución. En un caso de crisis, se necesita actuar de la forma más rápida y eficaz.

La trazabilidad ha tomado puestos de prioridad absoluta entre las preocupaciones de las industrias alimentarias en Europa y Estados Unidos, y en consecuencia en el mundo entero. Los supermercados y grandes distribuidores de alimentos, los primeros en sentir la presión del público con respecto a la seguridad de los productos que consumen, están empezando a "forzar" a sus proveedores, e incluso a "buscar" empresas que puedan pro-

porcionarles toda la información sobre la cadena productiva de los productos que reciben, es decir, su trazabilidad.

Gestión del cumplimiento regulatorio  
 Gestión de riesgo  
 Creación de valor



**“No hay tecnologías buenas o malas, sino una buena o mala utilización de ellas” y las TIC han de estar al servicio del hombre y no al revés.**

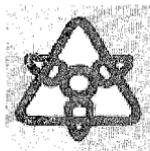
### **¿QUÉ SIGNIFICA REALMENTE TRAZABILIDAD?**

¿Cómo podemos integrar a todos los sectores que participan en la elaboración de un producto, y tener así distribuida la responsabilidad de obtener al final un producto absolutamente trazado? ¿Cómo no perder el tren y la oportunidad competitiva de abrazar la trazabilidad como concepto de ofrecer la máxima calidad a estos clientes?

Digamos que, por poner un ejemplo fácil de entender, estos sistemas de identificación serían como los "archivadores" que albergarían la información de los procesos, es decir, los "documentos". Realmente al final, lo importante es la información contenida en los "documentos", y no el "archivador", que evidentemente cuanto más "grande, ergonómico y funcional" sea, mejor. Pero, lo que al final cuenta es la información. En este caso sería la trazabilidad total de ese producto.

La trazabilidad es un conjunto de acciones, medidas y procedimientos técnicos que permite identificar y registrar cada producto desde su nacimiento hasta el final de la cadena de comercialización. La trazabilidad permite rastrear la cadena de producción y otorga a los productores la posibilidad de colocar sus productos en mercados específicos más rentables, que exigen la certeza del origen y de las distintas etapas del proceso productivo.

La Ley Bioterrorista, la legislación europea y la eficiencia en los procesos productivos hacen indispensable conocer la trazabilidad de toda la producción para seguir siendo competitivo. En la producción moderna no se concibe un producto sin sus datos de trazabilidad



**Símbolo de trazabilidad en producción**

### **Definiendo la Trazabilidad**

Establecer qué significa la trazabilidad, implica revisar definiciones y reflexiones que previamente se han establecido alrededor de la auditoría de las tecnologías de información (TI). Si bien el registro de las operaciones electrónicas es un factor fundamental en los procesos de las organizaciones, la reconstrucción de eventos obedece tanto a la formalidad de los registros de auditoría, como a las características técnicas y administrativas que las organizaciones deben adoptar si quieren contar con estrategias y escenarios para rastrear situaciones particulares. Se entiende por reconstrucción de eventos a la asociación que pueda existir entre las transacciones de una aplicación o sistema, teniendo en consideración sus posibles interfases.

*"La trazabilidad se convierte en una herramienta que permite gestionar y organizar la empresa de manera más eficiente. Su implementación a través de un sistema de identificación de productos y registro de todos los*

procesos, es necesario interpretar su implementación mediante un análisis de coste-beneficio y no como un gasto sin retorno,

Tabla 1 - Propuesta de Niveles de Trazabilidad				
Nivel de Trazabilidad	Característica requerida			
	Definición de Pistas de Auditoría	Confiabilidad en la Generación de Monitoreo	Control y Aseguramiento de los Registros de Monitoreo	Sincronización de la Arquitectura de Cómputo
Alta	X	X	X	X
Media	X	X	X	
Baja	X	X		

ya que una vez instalado el sistema de trazabilidad, éste se traduce en beneficios en la gestión. La trazabilidad permite por ejemplo, conocer la ruta que ha seguido un producto desde su origen, mejorar la gestión de costes, de operaciones y, sobre todo, tener seguridad sobre la calidad ofrecida."

Trazabilidad es la capacidad que tiene una organización o sistema para rastrear, reconstruir o establecer relaciones entre objetos monitoreados, para identificar y analizar situaciones específicas o generales en los mismos. Para aclarar esta definición se procede a profundizar en las palabras señaladas, brindándole un sentido práctico de aplicación que será revisado más adelante en el documento:

**Capacidad.-** Esta palabra sugiere la definición de acciones y estrategias específicas por parte de la organización o sistema que permita, bajo directrices establecidas, desarrollar una actividad específica.

**Rastrear, reconstruir o establecer.-** Este conjunto de verbos hacen referencia a la esencia misma del concepto que especifican. Son las acciones que se buscan efectuar cuando de trazabilidad se habla.

**Objetos monitoreados.-** La trazabilidad sin una adecuada definición de pistas de auditoría no logra alcanzar sus objetivos (rastrear, reconstruir o establecer). El monitoreo es un prerrequisito para darle sentido a la trazabili-

dad como capacidad en un sistema. Es importante aclarar que es posible no tener monitoreo definido formalmente, pero sí, registros propios de los sistemas o procesos que pueden ser útiles para rastrear, reconstruir o establecer relaciones. Asimismo, es fundamental la capacidad de relacionar esa información de auditoría, entre los diversos niveles y componentes de una infraestructura informática. Estas relaciones se establecen siempre y cuando los registros de auditoría generados y la arquitectura de cómputo se adhieran a las características básicas descritas más adelante.

Es importante aclarar que la trazabilidad exige algunas características básicas en la arquitectura para lograr “rastrear, reconstruir o establecer,” como lo son

Sincronización, Control y aseguramiento de registros de monitoreo, Confiabilidad de la generación de registros de monitoreo. Basado en estas características presentadas, es primeramente necesario establecer una clasificación básica para la trazabilidad en las aplicaciones corporativas de acuerdo con nivel de importancia y criticidad en el cumplimiento de su misión.

El nivel de *trazabilidad alta* está asociado con la necesidad que tiene la organización de crear, almacenar y recuperar información confiable que sea reconocida como evidencia digital válida en cualquier proceso judicial que se adelante alrededor de las aplicaciones que requieran este nivel. Contar con este nivel de trazabilidad exige por parte de la organización mantener un conjunto de prácticas organizacionales alrededor de la definición y control de registros de auditoría como base fundamental para fortalecer los esquemas probatorios a futuro, los cuales deben estar fundados en las directrices de seguridad de la información de la organización.

El nivel de *trazabilidad media* está relacionado con el requisito de las organizaciones por mantener evidencia de las acciones realizadas por usuarios o procesos en el uso de los sistemas de información y las posibles relaciones entre ellos. Si bien esta información se puede requerir para procesos de investigación interna de las empresas, hay que considerar que la sincronización no es un requisito formal de la misma. Es decir, no está asociada la generación de registros de auditoría a un sistema centralizado de tiempo que verifique la hora y fecha de su creación. Se confía en el manejo del tiempo interno para los dispositivos de hardware o software. Los registros

generados con nivel de trazabilidad media obedecen a políticas y formalidades establecidas por la organización.

El aplicar un nivel de trazabilidad baja es una decisión que toma una organización consciente de que los registros de los eventos en los sistemas no requieren mayores exigencias más allá del debido registro de las acciones de los usuarios para efectos de estadísticas y proyecciones de uso. Los registros generados o relaciones establecidas bajo este nivel no pueden ser considerados evidencia confiable de hechos acontecidos.

Los programas que aplican la tecnología de identificación a la trazabilidad de los alimentos permiten realizar un seguimiento al producto, desde que se siembran hasta que llegan al consumidor, aportando toda la información requerida en cada paso de la cadena. La colaboración entre los participantes posibilita la aplicación de estas tecnologías en los productos alimentarios desde el origen hasta la plataforma de distribución. En el caso de empleo de tecnologías RFID esta tecnología tiene múltiples aplicaciones. El sector ganadero, forestal, agrario, o las máquinas de vending y la logística, son unos pocos de los muchos sectores que deberán integrar en sus procesos estos sistemas de información e identificación en el futuro. La logística y el transporte es uno de los sectores más avanzado en la aplicación de esta tecnología, que se prevé que sustituya a los sistemas de lecturas actuales conocidos como “de código de barras”.

### **Trazabilidad de las Operaciones Electrónicas**

Las organizaciones del siglo XXI están inmersas en una dinámica de relaciones digitales e informáticas que exigen de ellas mejores prácticas y estrategias, para mantener el debido control y registro de las operaciones en el desarrollo de su negocio. Asimismo, en este nuevo entorno, es preciso estar preparado tanto a nivel técnico como administrativo en la práctica de la administración de “inseguridad informática” [CANO 2004], como una forma de procurar un ambiente computacional más seguro, donde el riesgo inherente se mantenga dentro de niveles previstos y aceptables.

Estos elementos sugieren que las empresas deben estar avocadas a reevaluar sus relaciones de negocio corporativas, considerando nuevas formas para efectuar la reconstrucción y rastros de las operaciones electrónicas de sus usuarios y sus socios de negocio. Esta nueva competencia exige de la organización mayor conciencia sobre la evidencia digital inmersa en sus sis-

temas computacionales y la manera cómo la administra. En consecuencia, no es suficiente mantener un registro de las operaciones, se requieren características adicionales para darle sentido a la reconstrucción de los eventos.

Sincronización, control, integridad de archivos y confiabilidad en la generación de los registros de auditoría son elementos requeridos para darle vida a la trazabilidad o a la capacidad para rastrear, reconstruir o establecer relaciones entre los objetos monitoreados de un sistema. En trazabilidad se hace referencia a un concepto sistémico, en la necesidad de establecer relaciones y observar el todo, y sistemático, en la manera como se alcanza y se materializa el concepto en las aplicaciones corporativas.



La trazabilidad es un sistema de interés para tener toda la información disponible sobre la historia de un producto.

### **Tecnologías para trazabilidad**

RFID significa identificación mediante radiofrecuencia, y se refiere a la utilización de pequeños dispositivos electrónicos consistentes en un pequeño circuito electrónico y una antena, y el correspondiente lector. El circuito electrónico alberga un pequeño microcontrolador asociado a un circuito emisor-receptor de RadioFrecuencia. En el interior del microcontrolador se graba mediante laser, el identificador numérico único para cada transponder.

Un dispositivo RFID proporciona la misma funcionalidad que un código de barras o una banda magnética, la posibilidad de identificar unívocamente un objeto.

La ventaja significativa de los dispositivos RFID sobre el resto de sistemas mencionados anteriormente, es que no necesitan ser posicionados respecto al lector de manera precisa, ni ser deslizados por ranuras de lectura, ni hay que sufrir incomodidades para poder iluminar con el haz de lectura correctamente. Así mismo, el encapsulado del dispositivo lo hace resistente al entorno para el cual se haya diseñado.

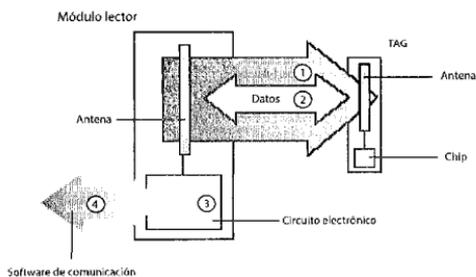
### ¿PARA QUÉ SIRVE LA RFID?

- \* **Trazabilidad de mercancías:** por ejemplo, para monitorizar los contenedores utilizados en el transporte por ferrocarril, mediante tags semipasivos, que permiten identificar el tipo de contenedor y la cantidad de carga que lleva.
- \* **Trazabilidad de seres vivos:** Todos los dispositivos RFID que vayan a ser implantados dentro de un cuerpo vivo no deben irritar ni reaccionar con los tejidos vivos donde vayan a ser insertados. El encapsulado debe ser, al mismo tiempo, transparente para el campo electromagnético que activa el transponder. Uno de los materiales más utilizados es el cristal biocompatible. El proceso de implante suele realizarse con agujas hipodérmicas, de ahí el tamaño diminuto del dispositivo.
- \* **Trazabilidad de contenedores RSU:** desde el momento en que añadimos un transponder a todos y cada uno de los contenedores que forman parte de una ruta de recogida de residuos en un municipio, y a esos contenedores asociamos diferentes datos (peso recogido, estado del contenedor, etc.), estamos obteniendo una valiosa herramienta para optimizar los costes de explotación.

Un sistema de identificación por radiofrecuencia, se compone de tres partes:

- \* Una antena.
- \* Un lector con el hardware y software adecuados para interpretar los datos.
- \* Un transponder programado con la información necesaria.

El lector proporciona energía al transponder generando un campo electromagnético mediante un circuito resonante en serie, el transponder recibe esta energía y mediante su circuito resonante en paralelo, la transforma en energía eléctrica que le permite “despertar”. Acto seguido, modifica el propio campo electromagnético generado por el lector, para codificar la información de respuesta necesaria. Del mismo modo, el lector también puede codificar información en el pulso de energía generado, mediante la modulación de la señal.



## TIPOS DE TRANSPONDERS

**Tags Pasivos:** reciben la energía necesaria del propio campo generado por la antena, y por lo tanto no necesitan baterías de alimentación. En consecuencia, ni su tamaño, ni su ciclo de vida esta condicionado por la vida de las baterías. Por contra su radio de acción se ve limitado por la necesidad de usar el propio campo electromagnético de la antena.

**Tags Activos:** se caracterizan por disponer de su propia fuente de energía, en forma de baterías. Pueden comunicarse de forma independiente, sin necesidad de estar alimentados por un campo electromagnético, permitiendo un radio de alcance es mayor que los pasivos. La dependencia de un suministro de energía local, limita sus expectativas de vida, no alcanzando más allá de unos 5-10 años,

Los transponders y lectores RFID operan a varias frecuencias. Cada rango de frecuencias tiene ventajas e inconvenientes, que la hacen más idónea para una determinada aplicación. Típicamente, cuanto más baja es la frecuencia, más baja es la velocidad de lectura de los datos contenidos en el tag y mejor es la lectura del transponder cerca o a través de superficies metálicas o líquidos, que suelen interferir con las ondas de radio.

Atendiendo a la enumeración anteriormente expuesta, podemos observar las cuatro bandas utilizadas en la actualidad:

- \* **Baja Frecuencia (LF).** Estos transponders funcionan habitualmente a 125 y 134,2 KHz y típicamente proporcionan un rango de lectura inferior a 50 cm. Debido a sus ventajas, este tipo de tags es un estándar de facto para aplicaciones industriales y de trazabilidad de animales.
- \* **Alta Frecuencia (HF).** Estos tags funcionan a la frecuencia de 13,56 MHz, tienen el mismo rango de lectura que los de LF, pero pueden transmitir sus datos más rápido. Se usan habitualmente para tarjetas inteligentes (smart cards) y etiquetas autoadhesivas. Su campo de aplicación queda limitado a aquellos sistemas considerados limpios: controles de acceso, logística en almacenes, etc...
- \* **Ultra Alta Frecuencia (UHF).** Estos tags funcionan normalmente en el rango que se extiende desde los 860 MHz hasta los 930 MHz, tienen un alcance mayor que sus competidores (entre 2 y 10 m.) y permiten mayores velocidades de transmisión de los datos. Actualmente, el espectro de UHF no está disponible en todo el mundo con las mismas frecuencias y potencias de emisión.
- \* **Microondas.** Estos tags, generalmente operan en 2,45 GHz ó 5,8 GHz y tienen una velocidad de comunicación mayor que sus competidores. Debido a las diferentes reglamentaciones en materia de niveles de emisión, presentes en el mundo, resultará difícil que se convierta en una frecuencia global.

## **Ventajas**

Posibilidad de poder escribir información en el transponder, sin que pueda verse alterada posteriormente y la imposibilidad de duplicar el código numérico único del transponder, diferencia de los códigos de barras.

## **Herramienta que apoya Trazabilidad Minera**

Se trata de un microchip que se ubica en las placas o cátodos, éste es leído por un capturador de datos, el que hace un registro de las mantenciones sobre una base de datos on line; un diagnóstico físico a cada cátodo, leído por el sistema operativo Pocket PC, puerto serial externo y comunicación WiFi donde se obtiene la información desde el chip o dispositivo ubicado en el cátodo a través de un lector RFid externo y el operador puede ingresar entonces, las características de interés. Inmediatamente la información va a través de una conexión inalámbrica a una base de datos.

Se trata de una herramienta que permite profundizar en la trazabilidad de los procesos productivos del cobre y apoya su optimización, en este caso de la mantención de los cátodos. El beneficio al aplicar este tipo de tecnología en el proceso de electrowinning significa poder hacer un seguimiento de las placas, tener un historial de su estado, “pudiendo determinar su duración, qué marcas resisten mejor y más tiempo, qué placas necesitan mantenimiento, etc. En definitiva, es una herramienta que facilita la trazabilidad, al mismo tiempo que hace más eficiente el proceso de mantención”.

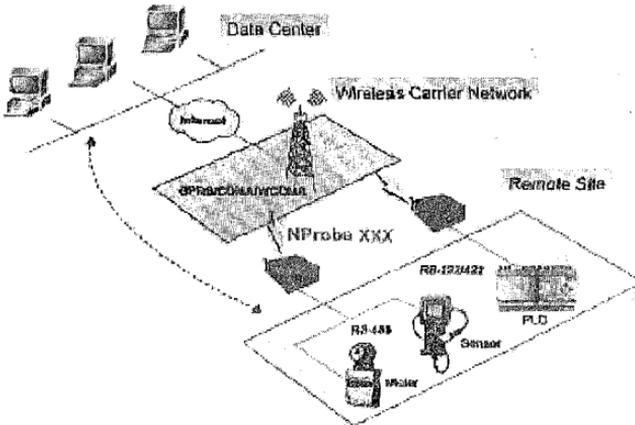
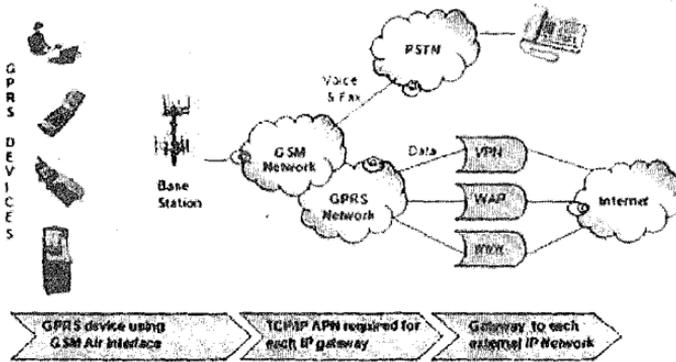
## **Tecnología GPRS**

La tecnología: GPRS (General Packet Radio Services) algo así como Servicio General de Paquetes por Radio. Esta nueva tecnología permite la conexión permanente a internet, sin necesidad de efectuar una llamada a nuestro proveedor. Simplemente abres y estás conectado.

### **Las principales ventajas de GPRS son:**

- \* Tiene la misma funcionalidad en voz que los sistemas actuales
- \* Permite comunicaciones de voz y datos simultáneos

- \* Es un paso intermedio a la tercera generación de móviles (G3), el famoso UMTS. Hay quien lo llama 2.5G o GSM fase 2+
- \* El despliegue de GPRS puede servir en parte para actualizar después la red a UMTS



Topología de una red GPS- GPRS

## GPS satelital

Sirion Global, está desarrollando el primer sistema del mundo, de GPS satelital en tiempo real para el rastreo/trazabilidad de ganado. El sistema Sirion (32 satélites LEO), ha estado en desarrollo por 7 años, y brindará la posibilidad de trazabilidad y rastreo así como también diferentes posibilidades de manejo de establecimientos rurales a través de GPS de última generación a un costo accesible con tan solo presionar un botón. También le proveerá un chip satelital con capacidad de trazabilidad y almacenaje de datos de producción para toda la vida de los animales.

Gobiernos y entidades ganaderas en todo el mundo están siendo presionados por los consumidores en sus mercados domésticos y de exportación, para proveer seguridad en toda la cadena del producto a través de controles regulatorios. Solamente con tecnología de satélites LEO, sistemas efectivos de trazabilidad y rastreo pueden ofrecer la seguridad y tiempo de respuesta exigidos. Esta tecnología le permitirá a la autoridad regulatoria, de ser requerida, una auditoria nacional en pocos minutos. Con presionar un botón todos los animales pueden ser monitoreados y restringidos o mantenidos en cuarentena en zonas determinadas - cualquier movimiento a través de estos límites impuestos (ya sea de entrada o salida) inmediatamente generará informes a la entidad regulatoria y/o entidades comerciales.

También se están introduciendo nuevas técnicas como la viabilidad para la aplicación de la técnica SIRMS, espectrometría de masas de isótopos estables, al análisis de muestras de aceite de oliva para discriminar el creciente número de Denominaciones de Origen de los aceites. El convenio generará una base de datos aplicable a la trazabilidad del aceite de oliva, similar a la ya existente para el vino garantizando una calidad certificada para la salud, incrementar la confianza de los consumidores en este producto, así como proteger el cultivo sostenible y autenticar sus zonas de origen.

El ADN ha demostrado ser una herramienta idónea para el desarrollo de sistemas relacionados con aspectos diversos del mundo de la alimentación como la seguridad alimentaria o la trazabilidad. La versatilidad de esta herramienta para su utilización en un amplio número de aplicaciones se debe a que:

se trata de información genética, por lo que aportan gran cantidad de información biológica (por ejemplo de especie, cepas...), permitiendo incluso discriminar a nivel de individuo

- es estable ante condiciones medioambientales cambiantes
- presenta más resistencia a los tratamientos de procesado que otros marcadores moleculares como por ejemplo las proteínas (importante cuando se trata de productos alimenticios procesados sometido a un tratamiento térmico por ejemplo)
- puede amplificarse mediante PCR (Polymerase Chain Reaction, reacción en cadena de la polimerasa)
- las técnicas de análisis de ADN son muy específicas y sensibles

La identificación de especies de pescado es un tema importante a tener en cuenta a la hora de etiquetar correctamente los productos pesqueros.

Para evitar los posibles fraudes en el etiquetado, en los últimos años se han desarrollado diferentes metodologías para cumplir con las regulaciones de la Unión Europea (Reglamento CE No 104/2000) que indican la necesidad de etiquetar los productos pesqueros con el nombre científico con el objeto de asegurar la trazabilidad a lo largo de toda la cadena.

Dentro del proyecto europeo SEAFOODplus, AZTI- Tecnalia ha lanzado una base de datos de ADN de acceso gratuito que contiene más de 700 referencias de secuencias de ADN mitocondriales de las especies comerciales más importantes en Europa, incluyendo gádidos (bacalaos), túnidos (atunes) y merlúcidos (merluzas). La base de datos (ver [http://www.azti.es/dna\\_database](http://www.azti.es/dna_database)) constituye una práctica herramienta para la validación de técnicas de identificación de especies pesqueras basadas en el análisis del ADN mediante un sistema dinámico que permite simplificar el manejo de las secuencias de ADN con la finalidad de establecer alineaciones, descubrir polimorfismos, etc.

## BIOGRAFÍA

- \* CASEY, E. (2000) Digital Evidence and Computer Crime. Academic Press.
- \* CASEY, E. (2001) Handbook of Computer Crime Investigation. Academic Press.
- \* GRUPO DE ESTUDIOS EN INTERNET, COMERCIO ELECTRÓNICO, TELECOMUNICACIONES. (2002) Internet Comercio Electrónico & Telecomunicaciones. Legis - Universidad de los Andes.
- \* GRUPO DE ESTUDIOS EN INTERNET, COMERCIO ELECTRÓNICO, MANDIA, K., PROSISE, C. y PEPPE, M. (2003) Incident Response and Computer Forensics. Second Edition. McGraw Hill.
- \* RIOFRÍO, J. (2005) La prueba electrónica. Editorial Temis.
- \* WEBER, R. (1999) Information Systems Control and Audit. Prentice Hall.
- \* TRAZABILIDAD AVANZADO GUÍA PRÁCTICA PARA LA APLICACIÓN DE UN SISTEMA DE TRAZABILIDAD EN UNA EMPRESA ALIMENTARIA. Victoria de las Cuevas Insua (Ideaspropias Editorial)) ISBN: 8498390133. ISBN-13: 9788498390131 (05/2006).
- \* TRAZABILIDAD BÁSICO.FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE TRAZABILIDAD DE UNA EMPRESA Victoria de las Cuevas Insua (Ideaspropias Editorial)ISBN: 8498390125. ISBN-13: 9788498390124 (05/2006).
- \* LA TRAZABILIDAD: UN NUEVO RETO. REGLAMENTO (CE) Nº 178/2002. 1. File Format: PDF/Adobe Acrobat - View as HTML trazabilidad. Se presenta además una relación de la legislación aplicable, así como de la bibliografía utilizada para el desarrollo de la presente ...
- \* [http://www.traceabilitynews.com/files/Trazabilidad Normativa 178-2002.pdf](http://www.traceabilitynews.com/files/Trazabilidad%20Normativa%20178-2002.pdf)
- \* <https://www.isaca.org/Template.cfm?Section=Home&Template=/ContentManagement/ContentDisplay.cfm&ContentID=28013>
- \* Radio-frequency identification - Wikipedia, the free encyclopedia
- \* Radio-frequency identification (RFID) is an automatic ... relying on storing and remotely retrieving data using devices called RFID tags or transponders. ...en.wikipedia.org/wiki/RFID - 166k - Cached

- \* RFID Journal - RFID (Radio Frequency Identification) Technology News ... Features news, opinions, case studies, FAQs, vendor profiles, and more for business users of RFID. [www.rfidjournal.com](http://www.rfidjournal.com) - 50k - Cached
- \* RFID.org - RFID (Radio Frequency Identification) Technology News & Insights Offers a guide to the technology, FAQs, common applications, standards summary, and more. [www.aimglobal.org/technologies/rfid](http://www.aimglobal.org/technologies/rfid) - 11k - Cached
- \* The RFID Weblog - Main page - Implementation and Application of RFID ...
- \* News, links, and commentary about RFID technology. [www.rfid-weblog.com](http://www.rfid-weblog.com) - 289k - Cached
- \* RFID / EPC Technology Solutions | Texas Instruments ... radio frequency identification (RFID) technology and the ... Choose TI's Silicon for Range of New RFID Tags. News Releases ... TI RFid History of ... [www.ti.com/rfid](http://www.ti.com/rfid) - 27k - Cached
- \* RFID Reader Modules/Security System  
[www.passtech.co.kr](http://www.passtech.co.kr) - RFID Solution, RFID Equipment, RFID Tag Reader, RFID System Supplier.

# REDUCCIÓN SELECTIVA DE NO<sub>x</sub> CON HIDROCARBUROS

Juan O. Petunchi

## Introducción

La emisión de óxidos de nitrógeno a la atmósfera produce una variedad de problemas en la salud de la población como así también efectos ambientales negativos sobre el planeta. La exposición directa a tales óxidos en concentraciones superiores a 3 ppm aumenta las posibilidades de enfermedades pulmonares en niños y agrava los problemas de enfermos cardíacos. Además de su toxicidad, reacciona con los hidrocarburos sin quemar para formar ozono, causante principal del smog fotoquímico, el que origina entre otros problemas de salud, irritación de la vista, tos, dolores de cabeza, problemas respiratorios. Además causa daño en la forestación y afecta seriamente al crecimiento de ciertas variedades de cultivos y frutales; junto con los óxidos de azufre son los principales responsables de la lluvia ácida.

Anualmente más de 30 millones de toneladas de NO<sub>x</sub> son venteados a la atmósfera, siendo generados principalmente en los procesos de combustión en fuentes móviles (automóviles, camiones, transporte público) y fuentes fijas (centrales de potencia, hornos incineradores). Hay también una contribución de otras industrias químicas (producción de ácido nítrico, urea, etc.).

Este trabajo se centrará en el análisis de una de las alternativas para la eliminación de NO<sub>x</sub> cual es la reducción selectiva con hidrocarburos. Se hará una referencia a otras tecnologías catalíticas y no catalíticas.

## ASPECTOS FUNDAMENTALES

Los óxidos de nitrógeno son formados en los procesos de combustión por dos vías: la oxidación del nitrógeno del aire a alta temperatura o por la oxidación de compuestos de nitrógeno contenido en los combustibles. En la industria química son productos secundarios de las reacciones principales.

La contribución de las dos formas de generación de NO<sub>x</sub> en los procesos de combustión depende del tipo de quemador, del contenido de nitrógeno del combustible y de las condiciones de operación. Es aceptado que la for-

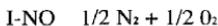
mación de NOx en combustibles sin nitrógeno ocurre por dos mecanismos. El de Zeldovich o formación térmica que se verifica en condiciones de alimentación pobre (relación combustible/aire menor que la estequiométrica) y el mecanismo Prompt o de formación rápida. En el primer esquema de reacción la formación de NOx es fuertemente dependiente de la temperatura y sólo se verifica a temperaturas de alrededor de 1500°C o mayores, duplicándose la producción a partir de esta temperatura por cada incremento de 40°C en la temperatura de llama.

El NOx generado a partir de los compuestos nitrogenados contenidos en los combustibles se denomina "FUEL NOx". El mecanismo para su formación es en cierta forma independiente de la forma en que se encuentra el nitrógeno en el combustible y es más sensible a la estequiometría que a los tratamientos térmicos de la alimentación. Por esta razón estrategias de recirculación de la alimentación o inyección de agua no reducen la emisión de óxidos de nitrógeno.

### Consideraciones Termodinámicas

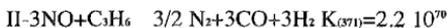
A pesar de que cinéticamente la formación de NO se da a altas temperaturas, desde el punto de vista termodinámico las reacciones de descomposición de NO o de reducción del mismo con diferentes reductores están muy favorecidas en un amplio rango de temperaturas. Para ejemplificar lo antes expuesto se pueden considerar las siguientes reacciones:

Reacciones de descomposición



$$K_{(371)}=4.8 \cdot 10^{16} \quad K_{(927)} = 1.9 \times 10^3 \quad K_{(1205)}= 10.5 \cdot 10^2$$

Reacciones de reducción



$$K_{(927)}=1.5 \times 10^{47} K_{(1205)}=1.2 \cdot 10^{42}$$

Los valores de las constantes de equilibrio K (entre paréntesis temperaturas a que fueron calculados) señalan claramente que a pesar de la exotermicidad de todas las reacciones, no hay limitaciones termodinámicas

para la transformación de NO aun a temperaturas de 1200°C. Consecuentemente, la dificultad para que tales reacciones se verifiquen es puramente cinética.

## **TECNOLOGÍAS DISPONIBLES**

Como se mencionó precedentemente para disminuir la emisión de óxidos de nitrógeno se puede aportar soluciones en dos grandes líneas que pueden ser en algunos casos complementarias: a) Prevención en la generación del contaminante, b) Eliminación del contaminante ya generado por el proceso. En ambas formas existen tecnologías disponibles pero que no alcanzan a satisfacer totalmente las necesidades de las distintas mentes generadoras del contaminante.

### **- Prevención de la generación.**

Evitar la formación del contaminante es la opción que parecería más simple. Sin embargo no siempre es técnicamente posible. Mientras que en fuentes fijas se han propuesto diferentes alternativas, en fuentes móviles el problema resulta más complicado. Importantes progresos en la disminución de NOx se han dado en base a mejoras en los procesos de combustión tales como: combustión en lecho fluidizado, mejora en el diseño de quemadores, recirculación de combustibles, entre otras (1). Algunas de estas soluciones pueden traer problemas secundarios como un aumento de la emisión de N<sub>2</sub>O. Otra alternativa de gran potencialidad es la combustión catalítica.

### **- Eliminación de NOx generado**

*Fuentes fijas.* Existen una serie de alternativas tecnológicas comerciales para eliminar óxidos de nitrógeno entre las que se pueden destacar las basadas en procesos de adsorción, térmicos y catalíticos (2). Los procesos térmicos requieren un exceso de metano y altas temperaturas de operación, mientras que los procesos selectivos no catalíticos que se basan en la inyección de NH<sub>3</sub> o urca en la salida del horno tienen los inconvenientes de una baja eficiencia, 25 a 50% de reducción; este es además función de la temperatura del gas, la eficacia del mezclado del reactivo y la concentración de reductor entre otros parámetros y el estrecho rango de temperatura (alrededor de 950°C) para obtener el óptimo de rendimiento.

La reducción catalítica selectiva (RCS) con amoníaco surge como la mejor tecnología disponible en la actualidad para la disminución de los niveles de NO<sub>x</sub> en efluentes gaseosos de mentes fijas (3).

A pesar de ser la RCS la tecnología que aporta soluciones concretas para el cumplimiento de las legislaciones existentes, (reducción de NO a aproximadamente 5 ppm) presenta algunas desventajas no resueltas: altos costos de capital y operativos, dificultades de operación con combustibles que contienen azufre, movimiento y almacenaje de grandes volúmenes de NH<sub>3</sub>, lo que origina potenciales riesgos ecológicos de gran magnitud. Tales tecnologías son de imposible aplicación a fuentes móviles.

*Fuentes móviles.* En este caso para satisfacer las demandas de las normas regulatorias, la única tecnología existente es la catalítica. Desde 1980 en EE.UU. y posteriormente en Europa y Japón se utilizan los denominados catalizadores de tres vías basados en Pt/Pd-Rh cerio soportados sobre alúmina estabilizada lo que forman una capa de 0,17 a 0,20 mm sobre un soporte monolítico tipo panal de abeja de cordierita. Esta tecnología no puede ser aplicada a los motores diesel ni tampoco permitirían operar los motores Ciclo Otto en las zonas pobres (relación combustible/aire < estequiométrico).

### **REDUCCIÓN CATALÍTICA SELECTIVA CON HIDROCARBUROS**

En 1990 Held et al. e Iwamoto et al. encontraron que Cu intercambiado en zeolita tipo ZSM5 resultaba activo y selectivo para la RSC con hidrocarburos. Desde entonces múltiples sistemas han aparecido como potenciales catalizadores para tal reacción, provenientes del sector industrial y académico, habiendo dado lugar a un sinnúmero de trabajos académicos (4) y patentes (5). (Tabla 1).

Tabla 1. Catalizadores para la RSC de NO<sub>x</sub>.

Sólidos	
1. Zeolitas	
a -	ZSM5, Mordenita, Ferrerita Intercambiadas: Cu, Fe, H, Ce, In, Ga, Pt, Pd, Co, Pt-Co, Pt-In, Pd-Co, Ir-In.
b -	Metasilicatos: Fe-Silicalita
c -	Silicoaluminofosfato: Cu-SAPO, H-SAPO.
2. Óxidos Metálicos Simples y Mixtos	
a -	Óxidos simples: Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , ZrO <sub>2</sub> , TiO <sub>2</sub> , SnO <sub>2</sub> , Óxidos de tierras raras.
b -	Óxidos Metálicos soportados: Co, Co, Ag/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Cu/SiO <sub>2</sub> -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Cu/SiO <sub>2</sub> -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , V/TiO <sub>2</sub> .
c -	Óxidos Metálicos sulfatados
3. Metales Nobles soportados	
a -	Pt soportado, Pt/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Pt/SiO <sub>2</sub> , Pt/Co/SiO <sub>2</sub> , Pt/MnOx/SiO <sub>2</sub>
b -	Pd Soportado, Pd/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Pd/ZrO <sub>2</sub> .

**- Catalizadores en base a zeolitas intercambiadas.**

Diferentes estructuras zeolíticas, fundamentalmente ZSM5, Mordenita, Ferrerita y en menor medida, zeolitas β y KL intercambiadas con distintos cationes y aun en su forma protónica, resultaron activas para la reducción selectiva de NO<sub>x</sub>.

Diferentes hidrocarburos han sido empleados como gases reductores entre los que se pueden mencionar: CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>, C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>, nC<sub>4</sub>H<sub>10</sub>, nC<sub>5</sub>H<sub>12</sub>, 3,3 dimetil pentano, 2,3,4, trimetil pentano, nC<sub>16</sub>H<sub>34</sub>. La actividad y selectividad para la reducción de NO<sub>x</sub> resultaron función del tipo de zeolita, del tipo de catión intercambiado y de las condiciones de reacción.

A manera de ejemplo en las Figs. 1 y 2 se muestran los resultados obtenidos cuando se empleó como agente reductor  $C_2H_4$  (250 ppm) con un 2% de oxígeno en la alimentación y 1000 ppm de NO. Para un mismo catión la actividad es función de la matriz zeolítica. La CuZSM5 convierte un 42% de NO a  $N_2$  mientras que la CuY sólo un 5% (Fig. 1). Cuando se comparan los distintos tipos de cationes para un mismo tipo de zeolita e iguales condiciones de reacción que las previamente descritas, se observa que Ag, Co, Zn y Cu presentan similar conversión de NO a  $N_2$  pero las temperaturas para obtener tales valores difieren desde 250°C para el caso de CuZSM5 hasta 600°C para el Zn (Fig. 2).

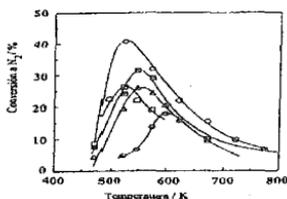


Fig. 1. RCS sobre CuZeolitas:  $\circ$  CuZSM5 (102),  $\square$  CuZSM5 (60)  $\square$  CuMor,  $\triangle$  CuL,  $\triangle$  CuFerr

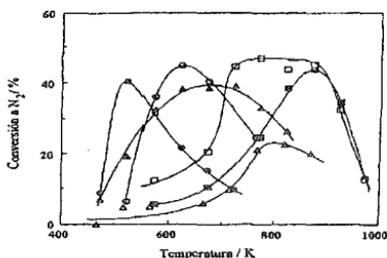


Fig. 2. RCS sobre M-ZSM5. M:  $\circ$  Cu;  $\square$  Co;  $\triangle$  Zn;  $\triangle$  H;  $\triangle$  Ag

El nivel de intercambio también es un factor que determina la actividad de las metal zeolitas. En efecto, en el caso del Cu la conversión de NO a  $N_2$  pasa por un máximo para niveles de intercambio entre 80 y 100% y luego decrece suavemente. Esto difiere de lo que fue previamente descrito en la

reacción de descomposición de NO. Sin embargo, para el caso de FeZSM5, Hall y colaboradores encontraron que para un nivel de intercambio de 183% la conversión de NO a N<sub>2</sub> fue del 100% mientras que para un 22% de intercambio, sólo se alcanzó el 40% de conversión.

De lo expuesto surge que una diversidad de factores condicionan la eficacia de las zeolitas como catalizadores para la reducción selectiva de NO<sub>x</sub>. Posibles explicaciones del efecto de la estructura zeolítica incluyen: modificación de la acidez, estructura de poros, propiedades redox de los cationes intercambiados, las que son afectadas por la configuración geométrica y la coordinación de los mismos según la matriz zeolítica.

Es importante destacar el comportamiento catalítico de zeolitas intercambiadas con metales nobles (Pt, Rh, Pd) con referencia a su potencial resistencia al vapor de agua contenido en la alimentación. Kharas e Iwamoto encontraron que Pt intercambiado en ZSM5 resultaba la más activa para convertir NO en N<sub>2</sub> a bajas temperaturas, aproximadamente 200°C, usando etileno como gas reductor. A mayores temperaturas, predomina la reacción de combustión. La aparición de N<sub>2</sub>O como producto de reacción es un inconveniente en este tipo de catalizadores.

Otro sistema de interés me el encontrado por Misono y colaboradores. Sus resultados muestran que la estructura de la zeolita es de fundamental importancia en la conversión de NO a N<sub>2</sub> en el sistema NO + C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> + O<sub>2</sub>. El orden de actividad encontrado fue: Ce-ZSM5 > CeMordenita » Ce-Y-Zeolita > Ce/SiO<sub>2</sub>.

La posibilidad de usar metano como gas reductor ha resultado muy atractiva en virtud de su bajo costo y la disponibilidad del mismo en las centrales de potencia. Li y Armor fueron quienes encontraron que Co intercambiado en ZSM5 era activo en la reducción selectiva de NO<sub>x</sub>.

Ga e In en Mordenita y ZSM5 también resultaron activos y selectivos para tal reacción a igual que Pd y Rh en los mismos soportes. Sistemas bimetalicos que combinan las características de metales nobles con metales de transición han sido encontrados recientemente que resultan muy efectivos para convertir NO<sub>x</sub> en N<sub>2</sub> aun con hasta un 10% de agua en la alimentación.

CoPtMordenita, CoPtFerrierita, CoPdZSM5, PtInZSM5, IrInZSM5, RhInZSM5 entre otros, han sido probados con éxito como catalizadores para reducir  $\text{NO}_x$  con  $\text{CH}_4$ . Un detallado análisis de estos sistemas son presentados en otra contribución de este documento.

#### **- Desactivación de los catalizadores zeolíticos en condiciones reales de operación.**

Los sistemas catalíticos para el control de la contaminación ambiental están sometidos a severas condiciones de operación que pueden causar acelerados procesos de desactivación de los mismos. Causas concurrentes de naturaleza química, térmica y mecánica actúan desfavoreciendo la actividad y selectividad. En este marco, se hará una breve reseña de esta problemática.

En los procesos de combustión además de los óxidos de nitrógeno, carbono e hidrocarburos sin combustionar, se encuentran presentes  $\text{H}_2\text{O}$  en proporciones de hasta el 10% y  $\text{SO}_x$  en proporciones variables según el tipo de combustible (aproximadamente 50 ppm es el límite máximo). El efecto de estas sustancias como venenos depende del tipo de catión intercambiado, del tipo de zeolita, y de la naturaleza del hidrocarburo usado como reductor.

#### **- Metasilicatos con estructura zeolítica.**

Los materiales estudiados fueron: cationes metálicos no reducibles pero que generaban una fuerte acidez, (Ga), catationes metálicos parcialmente reducibles (Fe, Mn, Cr) y cationes fácilmente reducibles (Cu). Utilizando cetano para simular una corriente de escape de motores diesel Inui y colaboradores encontraron que la Fesilicalite era el material más activo y estable. Comparables estudios fueron realizados por Kikuchi y colaboradores pero usando propileno como gas reductor encontrando también que H-Fe-Silicalite (Si/Fe = 50) era el catalizador más efectivo.

#### **- Óxidos metálicos simples y mixtos.**

Hamada ha recopilado estudios a nivel de laboratorio de una serie de óxidos simples y óxidos mixtos. Óxidos metálicos con alta actividad para la oxidación tales como  $\text{CO}_3\text{O}_4$  y  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  no cataliza la reducción de  $\text{NO}_x$ , solamente  $\text{Al}_2\text{O}_3$  y  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  mostraron ser selectivos cuando se usó propano como

gas reductor. En el caso de óxidos binarios  $Al_2O_3/ZrO_2$  y  $ZrO_2/TiO_2$  se obtiene 50% y 68% de conversión de NO a  $N_2$  para una relación de alimentación  $C_3H_8/NO = 1,3$  y 10% de oxígeno. Los óxidos mixtos no mostraron una actividad importante para la reducción selectiva de NO siendo  $LaAlO_3$  y  $La_{0,8}Sr_{0,2}AlO_3$  con 20 y 21% de conversión de NO a 500 y 600°C, respectivamente, las más activas.

#### **- Metales nobles soportados.**

En líneas generales los catalizadores basados en metales nobles soportados son activos a menores temperaturas que los basados en metales básicos intercambiados en zeolitas.  $Pt/Al_2O_3$  resultó más activo que Pd y Rh sobre el mismo soporte. La temperatura para la máxima conversión de NO a  $N_2$  fue de 250°C para el primero y de 300°C para los dos últimos. El  $Pt/Al_2O_3$  resultó no sólo el más activo sino también el más estable en presencia de vapor de agua y  $SO_2$ . Una de las limitaciones más serias para el uso comercial de estos catalizadores es el estrecho rango de temperatura en el cual tales sistemas resultan activos y selectivos (200-250°C) como así también la producción de  $N_2O$ .

### **NUEVAS ALTERNATIVAS**

#### **- Adición Intermedia de Reductor (IAR).**

Este método fue propuesto por Iwamoto et al. y consiste en la adición de un gas reductor ( $C_3H_8$ ) en la corriente de  $NO + O_2$  luego de que la misma pase por un catalizador de oxidación de NO a  $NO_2$  y previo al ingreso a un segundo lecho catalítico de reducción de  $NO_x$  a  $N_2$ .

#### **- Catalizadores de 4 vías.**

Recientemente Farrauto y colaboradores (Engelhard Corporation) han anunciado el uso de un sistema catalítico denominado de 4 vías que combina un catalizador de oxidación diesel con un catalizador de reducción selectiva denominado HTC-1, basado en  $Pt/Al_2O_3$ . Este conjunto permite una

razonable conversión de  $\text{NO}_x$  a  $\text{N}_2$  a bajas relaciones  $\text{C}/\text{NO}_x$  y con una adecuada reducción de hidrocarburos sin combustionar, CO y particulados.

#### **- Sistemas Híbridos.**

Esta alternativa se basa en la capacidad de ciertos sistemas (trap) para entrapar (absorber)  $\text{NO}_x$  cuando el motor opera en condiciones pobres de alimentación y lo libere cuando opere en condiciones estequiométricas o ricas en combustible. Estos sistemas en conjunción con un catalizador de tres vías permitirían la operación de un motor parcialmente en condiciones pobres con un ahorro de combustible entre 5 y 10%.

### **CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS**

Las tecnologías existentes basadas en  $\text{NH}_3$  como gas reductor son de muy difícil implementación en fuentes móviles y aun a pesar de que permitan resolver el problema en fuentes fijas tienen desventajas que ya han sido enumeradas.

El descubrimiento de la reducción selectiva de  $\text{NO}_x$  con hidrocarburos sobre diferentes zeolitas ha abierto un gran interés en estos sistemas. Lamentablemente, con alimentaciones conteniendo  $\text{H}_2\text{O}$  y  $\text{SO}_2$ , éstas experimentan una considerable pérdida de actividad.

Recientemente, han sido descubiertos nuevos sistemas tales como FeZSM5 que resultó altamente estable en presencia de vapor de agua y  $\text{SO}_2$ , o los basados en la incorporación de un segundo catión, PdHZSM5 o IrInHZSM5, que mejoran notablemente la actividad en presencia de vapor de agua. También resultan promisorias las zeolitas bimetalicas que combinan un metal noble como Pt con Co y/o In. Catalizadores basados en metales nobles surgen como alternativas de interés para superar los problemas de estabilidad y envenenamiento que experimentan las metal zeolitas. Sin embargo, presentan otras dificultades tales como la formación de  $\text{NiO}$ , la oxidación de  $\text{SO}_2$  a  $\text{SO}_3$  y la estrecha región de temperatura en que son efectivos. Importantes esfuerzos se continúan haciendo, algunos de los cuales fueron previamente comentados, en la búsqueda de nuevos materiales y tecnologías conducentes a lograr un sistema que pueda operar en condiciones reales de

operación (10-14% de H<sub>2</sub>O, 25 a 50 ppm de SO<sub>2</sub>, GHSV = 100.000 h<sup>-1</sup>) con una vida útil que el caso de las fuentes móviles se traducirían en alrededor de 160.000 Km.

## BIBLIOGRAFÍA

- \* - H. Shelton. Environmental Engineering World, 27, noviembre 1996 and J.F. Straitz III and V. Mendoza, Environmental Engineering World 4, noviembre 1994.
- \* - H. Bosch and F. Janssen, Catal. Today, 2, 369 (1988).
- \* - S.M. Cho, Chemical Engineering Progress, 39, enero 1994.
- \* - M.D. Amiridis, T. Zhang, R. Farrauto, Appl. Catal, 10, 203 (1996).
- \* - T. Tabata, M. Kokitsu, O. Okada, Catal. Today, 147 (1994).

# PRINCIPIOS Y APLICACIONES DE LA ÓSMOSIS INVERSA EN EL TRATAMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO

Patricio Carrera

## Sumario

En la presente publicación se detalla el principio de la ósmosis inversa así como su aplicación para el tratamiento de aguas naturales para el consumo humano. Se muestra además la constitución de las membranas de ósmosis comerciales y algunas de sus propiedades.

## INTRODUCCIÓN

El proceso de ósmosis inversa constituye el sistema de tratamiento de agua más conveniente disponible en la actualidad pues permite eliminar bacterias, virus, compuestos orgánicos e inorgánicos del agua de manera eficiente sin la adición de químicos y con un razonable consumo de energía. Su aplicación comercial se remonta a los años 1950 y desde ahí hasta la fecha ha sido innovado constantemente. El corazón del sistema constituye una membrana semipermeable que puede ser de acetato de celulosa o de poliamida. Este proceso se lo puede considerar como una filtración a nivel molecular ya que los poros de la membrana (cuyo diámetro son del orden de las 10-5 micras) son permeables solo a las moléculas de agua. Si una membrana de este tipo es colocada entre dos compartimentos en uno de los cuales se encuentra una solución salina y en el otro agua, solo las moléculas de agua pasarán al otro lado. Este proceso natural se denomina ósmosis y continuará hasta que la concentración de todas las especies sea igual en ambos compartimentos. Cuando se aplica presión en el compartimiento salino, el flujo natural de ósmosis se invierte de manera que se podrá separar el agua de las sales (Figura 1).

Con el fin de llevar a cabo este proceso de manera continua es necesario cambiar la disposición de los compartimentos para evitar el taponamiento de los poros de la membrana con las sales, para esto se aplica el sistema de "flujo cruzado" (Figura 2) en el cual tanto el agua pura como la solución se evacúan a un determinado caudal pero manteniendo la presión necesaria para que la ósmosis inversa se produzca.

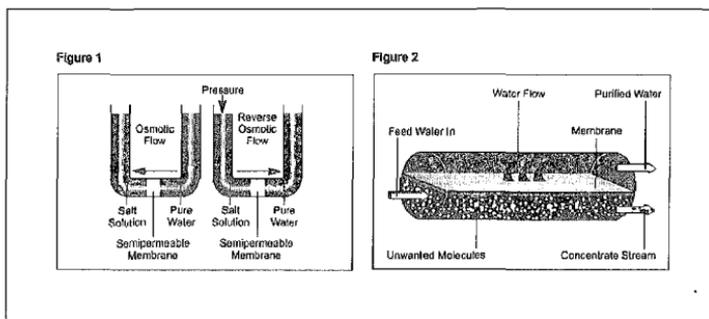


Figura 1 y 2. Procesos de ósmosis y ósmosis inversa

## FUNDAMENTOS FÍSICO-QUÍMICOS DE LA ÓSMOSIS INVERSA

Desde el punto de vista termodinámico se puede explicar el fenómeno de ósmosis como el proceso necesario para alcanzar el equilibrio entre el solvente y una solución que se encuentran separados por una membrana semipermeable. Este equilibrio se llevará a cabo cuando los potenciales químicos del solvente en ambos lados de la membrana sean iguales [1]:

$$\mu_{1(P)}^0 = \mu_{1(P+\pi, N_1)}$$

A partir del Modelo Cinético Molecular también se puede explicar este fenómeno [2,3,4]. En una solución las moléculas del soluto se hallan rodeadas de moléculas de solvente. El movimiento del soluto está determinado por las colisiones con las moléculas del solvente. Sin embargo, la

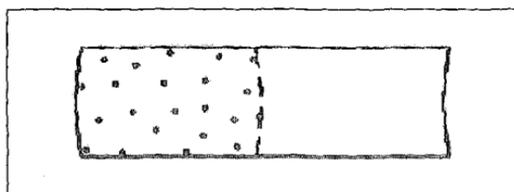
velocidad media de las moléculas del soluto en la solución es igual a la velocidad de éstas en fase gaseosa a la misma temperatura.

Cuando el movimiento de una molécula en solución es bloqueado por una barrera física, se transferirá el momento de la molécula a la barrera y por lo tanto generará presión. Puesto que la velocidad de la molécula es la misma que en el estado gaseoso la presión será la misma que la del gas ideal a la misma concentración por lo que la magnitud de la presión osmótica,  $\pi$ , será:

$$\pi = cRT$$

Que es la fórmula de Van't Hoff [5], donde  $c$  es la concentración molar del soluto,  $R$  es la constante de los gases y  $T$  es la temperatura absoluta. Esta fórmula es la misma que la de la presión de un gas ideal.

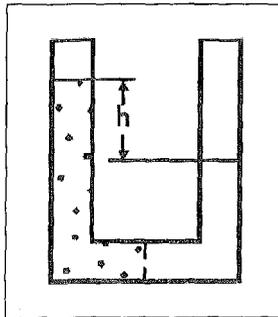
En la Figura 3 se presenta el caso de un líquido encerrado en un recipiente con una membrana semipermeable en su interior separando dos volúmenes, el primero de los cuales contiene un soluto y el otro solo agua como solvente.



**Figura 3. Partículas disueltas y bloqueadas por una membrana semipermeable colocada entre dos volúmenes de un recipiente**

Por los poros de la membrana puede fluir libremente solo el agua mientras que las partículas del soluto chocan contra la pared interior de la membrana y del recipiente generando la presión osmótica. Esta presión curva la superficie flexible de la membrana y de cualquier otro borde flexible del volumen debido a la transferencia del momento entre las moléculas del líquido.

En la Figura 4 se muestra dos compartimentos interconectados por una membrana semipermeable. Si solo hubiera agua en ambos, el nivel de agua sería el mismo. Cuando se añade un soluto en un lado, el agua comenzará a fluir hacia éste compartimiento de manera que el nivel aumentará hasta que la presión hidrostática producida por la diferencia de niveles iguale a la presión osmótica.



**Figura 4. Presión hidrostática generada por la diferencia de concentraciones del soluto a los lados de una membrana semipermeable**

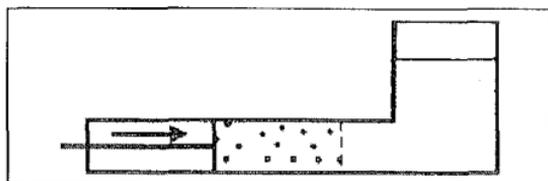
En este instante se verifica la relación:

$$cRT = \rho h$$

Donde  $\rho$  es la gravedad específica del agua.

La ósmosis es un proceso termodinámico reversible, esto es, la dirección del flujo de agua a través de la membrana puede revertirse en cualquier momento mediante un control apropiado de la presión externa de la solución.

En la Figura 5 se muestra un recipiente dividido por una membrana semipermeable con un pistón movable en el compartimiento de la solución.



**Figura 5. Recipiente de dos compartimentos dividido por una membrana semipermeable. Compartimiento izquierdo: solución con un pistón móvil. Compartimiento derecho: agua pura.**

Cuando se aumenta la presión del compartimento de la solución de manera que sea mayor al de la presión osmótica se produce el flujo de agua desde la solución por lo que la concentración de sales en éste aumentará.

El trabajo realizado por el pistón es igual a la fuerza aplicada por la distancia recorrida por el pistón. En el equilibrio, la fuerza sobre el pistón es igual a la presión osmótica por el área del pistón. En el caso del agua de mar la presión osmótica será:

$$\pi = cRT$$

$$\pi = 2 \times 0.56 \frac{\text{mol}}{\text{lt}} \cdot 0.082 \frac{\text{at} \cdot \text{lt}}{\text{mol}^{\circ} \text{K}} \cdot 298^{\circ} \text{K}$$

$$\pi = 27.4 \text{ at}$$

La cantidad de sales disueltas en el agua de mar es de 33 gramos/litro. Para simplificar los cálculos se asume que todo corresponde a NaCl (PM= 58.5 g/mol), así la cantidad de moles de NaCl en el agua de mar es de 0.564. Puesto que hay dos iones por molécula de NaCl hay que multiplicar por dos el número de moles de NaCl.

Si se asume que el área del pistón es de 1 cm<sup>2</sup> y recorre una distancia de 10 metros con el fin de empujar un litro de agua a través de la membrana el trabajo será

$$W = P \cdot x = 27.4 \cdot 1 \cdot 10 = 274 \text{ kg} \cdot \text{m/lt} = 2740 \text{ Joules/lt} = 0.65 \text{ kcal/lt}$$

0.65 kcal/litro es la cantidad mínima de energía que se requiere para desalinizar un litro de agua de mar mediante ósmosis inversa. En la práctica la energía que se requiere para desalinizar 1 lt de agua de mar es mayor al mínimo debido a dos razones: el volumen de agua de mar que ingresa a las membranas es mayor que el volumen de agua desalinizada y la presión osmótica del compartimento salino aumenta conforme avanza la desalinización.

La cantidad de energía que se requiere para destilar un litro de agua es de 540 kcal. Así, en términos de ahorro de energía en la producción de agua es difícil competir con la ósmosis inversa.

En lo que se refiere a la eliminación de elementos y compuestos químicos se observan los siguientes porcentajes de eliminación del agua de ingreso a las membranas de poliamida que son las de mejor rendimiento:

**TABLA 1. Porcentajes de eliminación de varios solutos en membranas FILMTEC DE POLIAMIDA [7]**

Soluto	% Eliminación	Soluto	% Eliminación
Arsenic +3	70%	Arsenic +5	98%
Barium	97%	Bicarbonat	94%
Cadmium	97%	Calcium	97%
Chloride	92%	Chromate	97%
Copper	97%	Detergents	97%
Fluoride	98%	Herbicides	97%
Insecticides	97%	Lead	97%
Magnesium	97%	Nickel	97%
Nitrates	80%	PCBs	97%
Potassium	92%	Radium	97%
Selenium	97%	Silicate	96%
Silver	85%	Sodium	92%
Strontium	97%	Sulfate	97%
		Sólidos totales	90%

## DESARROLLO COMERCIAL

Para su aplicación comercial, se han desarrollado membranas de ósmosis en forma de cartucho que consisten de tres partes:

- \*. Membrana fina de poliamida.
- \*. Membrana microporosa de polisulfonato.
- \*. Red de poliestireno para dar estabilidad mecánica al sistema.

La membrana de poliamida presenta gran estabilidad química y alto porcentaje de eliminación de sales y de sílica. Debido a su fragilidad ella necesita una membrana porosa de polisulfonato que le permitirá soportar las altas presiones de trabajo sin romperse.

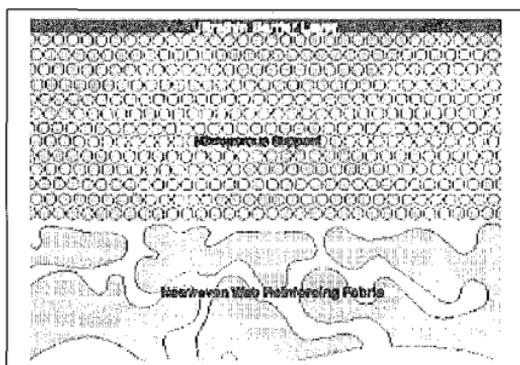
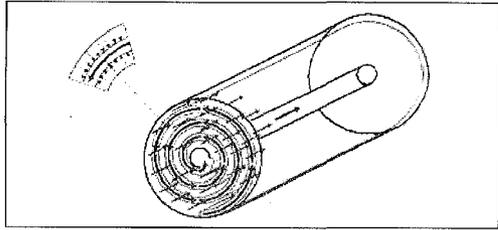


Figura 6. Estructura de una membrana de ósmosis

Este conjunto se coloca en ambos lados de un colector el cual se enrolla e inserta en un cilindro resistente a altas presiones. El agua con sales entra a presión y el 15 % de ésta atraviesa la membrana semipermeable y se recoge en el colector central, el resto sale por los lados.



**Figura 7: Módulo en espiral de la membrana de ósmosis**

Cada fabricante entrega las condiciones de funcionamiento de la membrana. Por ejemplo, los siguientes datos corresponden al módulo "FILMTEC 8" Seawater RO Elements" (SW30HR-380) de la "DOW" [6]

Dimensiones: largo 1016 mm, diámetro 201 mm, diámetro del colector central 29 mm.

Presión de operación: 55.2 bar (800 psi), (max 70 bar (1015 psi)).

Flujo máximo de ingreso: 14 m<sup>3</sup> / hora.

Flujo máximo de agua desalinizada: 23 m<sup>3</sup> / día a 25o C.

Relación de recuperación (agua desalinizada/agua de ingreso): max 0.15 .  
Salinidad del agua de ingreso: 32000 ppm (32 g / lt).

Se han desarrollado diferentes tipos de membrana dependiendo del agua que va a ser tratada y de su aplicación. En general el diseño depende de la cantidad de sólidos disueltos que van a eliminarse:

- \* Membranas para agua dulce de menos de 500 ppm. Presión de trabajo de 40 a 100 psi.
- \* Membranas para agua salobre de 2000 ppm. Presión de trabajo de 100 a 220 psi.
- \* Membranas para agua salada de más de 30000 ppm. Presión de trabajo de 600 a 800 psi.

El principal peligro para el funcionamiento de las membranas es el taponamiento de sus poros y la reacción con elementos oxidantes, por esto, el agua que va a ser tratada necesita ser filtrada de manera que no existan partículas suspendidas de diámetro mayor a 5 micras. Adicionalmente no

debe contener elementos oxidantes como el cloro disuelto que va a destruir a la membrana. Otros parámetros químicos que deben controlarse son la cantidad de hierro (máximo 2 ppm) y la dureza (máximo 120 ppm).

El montaje básico de un sistema de ósmosis inversa incluye una bomba de presión y una membrana:

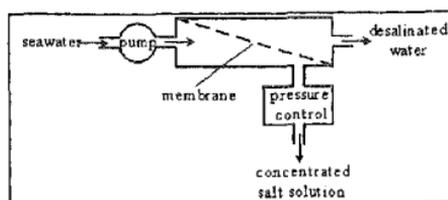


Figura 8. Sistema básico de operación con una membrana

La relación entre la cantidad de agua desalinizada y la cantidad de agua introducida en la membrana se denomina porcentaje de recuperación. Por lo general este no es mayor al 15 % pero con la disposición de membranas colocadas en serie se puede alcanzar porcentajes de recuperación de hasta el 50%, como en el indicado a continuación:

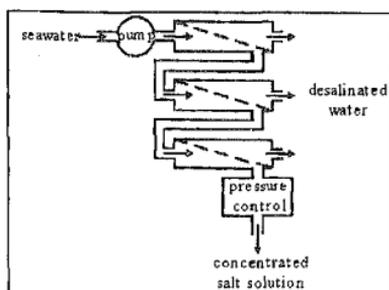


Figura 9. Sistema de ósmosis inversa de 3 membranas en serie.

## APLICACIONES

Mediante ósmosis inversa puede obtenerse agua para aplicaciones domésticas o industriales a partir de fuentes naturales de agua como los ríos, lagos, pozos o el océano. Sin embargo, existen algunas limitaciones para su

uso extensivo pues se requieren fuentes abundantes de agua y un sistema de pretratamiento que a menudo suele ser costoso. En lo que se refiere a las aplicaciones tecnológicas como agua para laboratorio, industria farmacéutica o industria electrónica (fabricación de semiconductores), este proceso es el preferido por su eficiencia.

Para uso doméstico existen sistemas pequeños que permiten obtener agua de gran calidad a partir del agua potable de las ciudades. En nuestro país un equipo de ósmosis que produzca 10 litros por hora de agua puede costar alrededor de \$ 300 con la capacidad de fabricar más de 2000 botellones de agua durante tres años sin necesidad de mantenimiento. Lastimosamente debido al desconocimiento de las bondades de este proceso no se ha podido introducir en el mercado estos sistemas de purificación.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Romo L.A. TRATADO DE FISICO-QUIMICA. Editorial Universitaria. Quito 1990. pag 302.
2. F.W. Sears and G.L. Salinger, "Thermodynamics, Kinetic Theory and statistical Thermodynamics", 3rd Ed., 16th printing, Addison Wesley, Reading Massachusetts (1986) pp. 250-266.
3. A. Einstein, "Investigations on the Theory of the Brownian Movement", Dover Publications, Inc., New York (1956) pp. 1-18.
4. E. Fermi, "Thermodynamics", Dover Publications, Inc., New York (1937) pp. 118-123.
5. J.H. van't Hoff, "The Role of Osmotic Pressure in the Analogy between Solutions and Gases", Zeitschrift für physikalische Chemie, vol 1, pp. 481-508 (1887).
6. G.A. Hulett, Acta. Phys. Chem. 42, 353 (1902).
7. Dow, Filmtec Membranes, Filmtec 8" Seawater RO elements.

## ANTIGÜEDAD DE LOS ALIMENTOS AMERICANOS

**Plutarco Naranjo**

Los cereales han jugado un papel decisivo en la alimentación y desarrollo del hombre primitivo. Cada uno ha constituido el calificativo de las culturas y civilizaciones. La cultura del arroz corresponde al Asia, la del trigo, al Cercano Oriente y Europa, y la del maíz al Nuevo Mundo.

Estos y otros cereales, fruto de la evolución biológica, crecieron espontáneamente en los respectivos continentes, donde fueron domesticados y contribuyeron a que el hombre primitivo que se alimentaba con el fruto de la caza y recolección de alimentos se volviera sedentario y en vez de la caza y recolección se convierta en agricultor.

Según se piensa, la mujer fue quien inició la domesticación de las plantas. Mientras el cazador y recolector salía, cada día, en busca de los alimentos, ella tuvo el tiempo, la oportunidad y sobre todo la perspicacia de reconocer que de las pepas o semillas o residuos de los alimentos vegetales, que se arrojaban en torno a la vivienda, nacía la planta progenitora del fruto y dio inicio a la domesticación. El hombre, después, desarrolló la agricultura. El fenómeno fue semejante en los varios continentes en épocas históricas muy distintas; en el Viejo Mundo, aproximadamente con 10.000 años de antelación a América.

La especie humana (*Homo sapiens*), fruto también de la evolución biológica, apareció en el África Oriental en un período entre 100.000 y 50.000 años atrás. De allí emigró este hombre primitivo hacia Europa y Asia. Por fin, hace más de 30.000 años cruzó el "puente" de Bering (entre Asia y Alaska) y a lo largo de milenios fue avanzando hacia el Sur. Al Ecuador actual llegó hace 20.000 a 10.000 años. Las piezas arqueológicas encontradas, hasta hoy, son de obsidiana, es decir de un vidrio volcánico que se produce a temperatura de mil y más grados centígrados, como sucede en los volcanes en algunas erupciones.

Las puntas de lanza, cuchillos, raspadores y más utensilios de obsidiana que se han hallado por miles en una extensa zona al nororiente de Quito, entre el cerro Ilaló y Tumbaco, tienen una antigüedad de 7.000 años a.C. Edad semejante tienen también huesos y otros objetos hallados en las pocas cuevas descubiertas entre Cañar y Azuay.

Si las herramientas y utensilios, debidamente, tallados tienen 9.000 A.P. (antes del presente); quiere decir que la ocupación humana de esa zona debió anteceder en muchos años, hasta que se adaptaran a ese nicho ecológico, descubrieran las minas de obsidiana en las faldas del volcán, Antisana y desarrollaran la técnica de convertir ese vidrio en objetos útiles.

### **Las investigaciones arqueológicas y antropológicas**

En los primeros tiempos de las investigaciones se asimilaba la edad de los restos vegetales, huesos u otros objetos, a la edad de la respectiva capa geológica. Posteriormente se han desarrollado varias técnicas que permiten una datación más precisa. Entre éstas se encuentran las determinaciones por el carbón radiactivo, la estructura de los fitolitos, la presencia de pólenes, la concentración de microelementos en los huesos, la hidratación de la obsidiana.

El estudio de los fitolitos permite, en algunos casos, no solo determinar la edad del vegetal sino también las variedades y razas de una especie determinada. Pero no todos los vegetales tienen fitolitos. Entre los que sí presentan fitolitos en sus hojas u otras partes de la planta. Se encuentran (Piperno):

Aguacate (*Persea americana*)  
Algodón (*Gossypium barbadense*)  
Cacao (*Theobroma cacao*)  
Guaba (*Psidium guajava*)  
Guanábana (*Annona muricata*)  
Maíz (*Zea mays*)  
Mate (*Lagenaria siceraria*)  
Piña (*Ananas comosus*)  
Yuca (*Manihot esculenta*)  
Zapallo (*Curcubita* spp)

No contiene fitolitos las siguientes:

Achiote (*Bixa orellana*)  
Camote (*Ipomea batatas*)  
Mamey (*Mamea americana*)  
Otoy (*Xanthosoma sagittifolium*)  
Papaya (*Carica papaya*)

### **Los alimentos americanos.**

Cuando Cristóbal Colón, con el propósito de descubrir una nueva ruta comercial entre España (consiguientemente Europa), la India y China, emprendió su célebre viaje el mismo que culminó con el arribo a las islas del Caribe. Supuso que había llegado a la India Occidental, y no al que más tarde se llamaría Nuevo Mundo. Descubrió que las poblaciones disponían de numerosos alimentos vegetales. Ahora sabemos que esto se debió a la maravillosa biodiversidad. Las poblaciones habían desarrollado dietas variadas y bastantes balanceadas. Colón quedó admirado de encontrar jóvenes robustos, bien desarrollados y hasta "hermosos". A su regreso a España, llevó un grupo de ellos para presentarlos a sus Majestades Católicas. En su diario de viaje, cita algunos de los alimentos de los aborígenes dándoles nuevos nombres por su parecido a los de España.

Los vegetales nativos, desde Alaska hasta la Patagonía, suman decenas. La investigación arqueológica y antropológica se ha restringido primero, a los alimentos más importantes y segundo, a aquellos que han dejado rastros o huellas, en razón de que el suelo y el clima habrían permitido su conservación.

### **El maíz *zea* mays y otras especies o variedades.**

Es el vegetal más representativo de América. En el siglo XV se lo consumía a lo largo de todo el continente. Tuvo muchos nombres: maíz, en lengua taíno, en el Caribe. Este nombre lo internacionalizaron los españoles. Elote, en Mesoamérica; sara, entre nuestros quichuas; corn; en inglés; grano turco, en italiano.

La determinación de su antigüedad se ha efectuado por varios procedimientos. Uno de los más precisos es el del radiocarbono o el de los pólenes encontrados en objetos presentes en las capas geológicas.

Las investigaciones iniciales sobre el maíz se realizaron en Mesoamérica. Se lo consideró un descendiente de otro cereal primitivo, denominado en Mesoamérica teosinte, que produce una delgada mazorca, parecida a una espiga, con pocos granos y bien recubiertos por membranas. Los estudios genéticos actuales y otros ponen en duda este origen. En todo caso, las muestras de maíz estudiadas de México, proporcionan, según Mangelsdorf, una datación de 7.000 años A.P. de aquellas halladas en Tehuacán pero que, por varias razones, no puede considerarse como descendiente del teocinte.

En el campo botánico se ha considerado que la existencia de numerosas variedades de una especie o especies muy cercanas, es un signo del origen del vegetal en estudio. Tanto por esta razón (que es cierta, en algunos casos) cuanto por la antigüedad, se había postulado que el maíz es originario de México. En la actualidad se sabe ya, que varias de las especies útiles han tenido más de un sitio geográfico de su origen y dispersión. Para el maíz se considera que otro centro de origen está en la costa del Pacífico, entre Colombia y el Ecuador.

En nuestro país, en la península de Santa Elena, en el sitio que corresponde a la llamada "cultura Las Vegas", a poca distancia del cantón Santa Elena, se ha encontrado que la domesticación del maíz se inició en la "fase temprana"; probablemente antes de 7.000 años A.P. Una muestra de Panamá tiene una antigüedad de 7.000 a 6.500 años A.P.

En el sitio Valdivia, epónimo de la Cultura Valdivia y más precisamente, en Real Alto, se han encontrado signos evidentes de la domesticación del maíz y especialmente del desarrollo de la agricultura la cual llegó a la fase de producción de "excedentes".

Cuando el hombre, para su sustento diario, tuvo que dedicar casi todo su tiempo a la caza, la recolección o la pesca, en cambio, la cosecha de una sementera de maíz, le proporcionó el alimento básico durante semanas o meses. Pudo entonces dedicarse a otras actividades creativas: música, artesanías y otros. En el caso particular de Valdivia, inventaron la cerámica, con producción inicial de artículos útiles como ollas y platos y luego la creación artística de las famosas "Venus de Valdivia". La cerámica de Valdivia, hasta las investigaciones actuales, es la más antigua del continente, con alrededor de mil años, de antelación a la cerámica del Perú o de Mesoamérica.

En el Ecuador se han desarrollado algunas variedades como el "maíz amarillo", de los Chillos, el mejor para consumirlo tierno, debidamente cocinado; el blanco, el chulpi, muy suave para comerlo tostado, el negro, indispensable para la mazamorra morada. También según los hallazgos arqueológicos en Valdivia se cultivó ya el maíz de pequeño grano duro y que revienta con el calor, llamado entre nosotros canguil, palomitas, en España y popcorn, en inglés.

El maíz fue considerado, por nuestros pueblos aborígenes, como ofrecido al hombre por los dioses y por consiguiente, propicio para el correspondiente culto.

El maíz se ha convertido en uno de los 4 alimentos de mayor consumo en el mundo.

### **El fréjol**

(Phaseolus vulgaris y otras especies)

Conocido en otros países como fríjol, judía (en España) y otros nombres; en quichua, purutu (castellanizado en poroto), y en inglés, common bean, es el grano leguminoso más difundido en América. Las variedades mexicanas tienen una antigüedad de 6.000 años A.P. No tenemos datación precisa de los fríjoles ecuatorianos. Según Stother, refiriéndose al período comprendido entre Las Vegas Tardío y Valdivia dice: *Durante aquellos tiempos, grupos que poblaban las regiones adyacentes explotaban el fréjol, la calabaza y tal vez el algodón.* En cambio se ha determinado 5.000 A.P para la Canavalia, otra leguminosa de la costa que se consume hasta la actualidad.

Es altamente interesante que, con seguridad, sin contacto directo entre Meso y Sudamérica, es que se desarrolla el cultivo asociado de maíz y fréjol y la dieta con los dos granos la misma que resulta de un valor nutricional equivalente a la carne, la leche, los huevos. Cada uno de los dos alimentos son deficitarios en dos o más aminoácidos esenciales pero, el asociar dos tercios del cereal (maíz, arroz, trigo, cebada, centeno) y un tercio de fréjol (u otras leguminosas: lenteja, haba, etc.) se complementan recíprocamente.

De solo el maíz ingerido, por el déficit indicado, el organismo humano aprovecha, alrededor del 40%, el resto lo elimina. Algo semejante sucede

- con el fréjol, se asimila, aproximadamente un 45%, pero al asociarlos el valor nutricional sube al 80%.

Empíricamente nuestros aborígenes descubrieron la bondad de esta dieta que recién con la investigación de la composición en aminoácidos, estamos descubriendo la racionalidad de esa forma de alimentación. En la costa ecuatoriana sigue siendo un plato básico el arroz con menestra de fréjol o de lenteja.

Tanto aquí, como en otros países se cultivan algunas variedades de fréjol, una muy apreciada es la de color negro y grano pequeño. Se consume más en México, Centro América, Venezuela y Brasil.

En la región andina y en especial en nuestra sierra, los indígenas desarrollaron otra asociación dietética, maíz, tostado, con chocho (*Lupinus mutabilis*) o en forma de mote, también asociado al chocho, grano leguminoso, el más rico en proteínas, más que la soya.

Vale la pena anotar que inventaron el cultivo asociado de maíz y fréjol. Se establece una especie de simbiosis de las raíces de fréjol, el maíz aprovecha sustancias proteicas y en cambio la planta de maíz sirve de sostén a la de fréjol, para que trepe por ella. Además cosechar los dos granos les permitió asociarlos en la dieta

### **Calabaza**

(*Curcubita squas* o *C. pepo*)

Nombre genérico de varias Cucurbitáceas: en Ecuador, sambo, en inglés, pepo squash.

Las semillas encontradas en Oaxaca, México tienen aproximadamente 10.000 años de antigüedad. Una datación semejante tienen las semillas encontradas en poblados andinos del Perú. No existen datos precisos correspondiente al Ecuador, pero es de suponerse que sea semejante a otros sitios andinos. Las hojas son ricas en fitolitos. Se han encontrado en el suelo de Las Vegas que pueden ser del sambo o del zapallo. Parece que las curcubitáceas están entre las plantas alimenticias más antiguamente domesticadas en muchos lugares geográficos, incluido el Sur-este de los EE. UU., en donde tiene una antigüedad de 5.000 años A. P.

## **Zapallo**

(Cucúrbita máxima, *C. moschata* mate (*Lagenaria siceraria*)

Es también nombre genérico de algunas variedades y especies. En Ecuador nombre de *Curcubita Moschata*, en EE.UU. *Horchata squash*. Los hallazgos arqueológicos demuestran que tiene también una edad de 10.000 años A. P.

Varias investigaciones arqueológicas demuestran, en diversos sitios del Nuevo Mundo, que cucurbitáceas y *Lagenaria* spp. tienen una antigüedad de 10.000 años A.P.

Algunos Cronistas de Indias revelan que el zapallo crecía tanto que se necesitaban dos o más personas para alzarlos.

Precisamente el gran tamaño de estos frutos debió atraer la atención del hombre primitivo. Debió descubrir que era bueno para la alimentación. En la basura salió muchas pepas o semillas. Comenzó luego la domesticación y el cultivo.

Ambas cucurbitáceas se prestan para preparar diversos platos de sal y de dulce. Es de suponerse que el hombre primitivo ensayó su domesticación muy tempranamente. Igual comentario es aplicable al mate (como se llama en el Ecuador) pero no porque tuviese valor alimentario sino porque sirve como recipiente, que antecede en miles de años, a los recipientes cerámicos.

El zapallo maduro, además, puede conservarse al medio ambiente por unas semanas o por más tiempo, cortado en porciones y secado al sol.

En el subtítulo se menciona de la *Lagenaria siceraria*, conocida, en el Ecuador con el nombre vulgar de mate. Su antigüedad es contemporánea a las Cucurbitáceas y también el fruto es tamaño relativamente grande. El fruto es duro, leñoso y dividido en dos, sirve como recipiente muy útil hasta ahora.

## **Maní**

(*Arachis hypogea*)

Nombre de origen taíno que se ha generalizado en el español, en Argentina *manchuvi*; en México *cacahuate* (del náhua *cacahuatl*); en inglés,

peanut, en quichua, inchi. Su nombre botánico, hace referencia a que las vainas se desarrollan debajo de la tierra.

El grano o semilla es muy rico en ácidos grasos mono y poliinsaturados. Debidamente tostados es de sabor bastante agradable y es utilizado como salsa o componente de muchas comidas. Es originario del Brasil con 8.500 años A.P., pero difundido antes de la conquista española por todo el continente. Actualmente se consume en todo el mundo.

### **Yuca** (Manihot esculenta)

En Yucatán y otros sitios el polvo o harina es llamado también tapioca.

Por el tamaño de su raíz y su fácil preparación culinaria figura entre las plantas más antiguamente domesticadas. Su rendimiento. Por hectárea es muy alto, su cultivo bastante fácil.

La yuca es una de las raíces de alto y hasta diario consumo en países tropicales, en varias preparaciones culinarias y también en la bebida llamada "chicha de yuca" de bajo grado alcohólico y que sirve como refrescante.

Desde su primer viaje Colón observó que los caribeños consumían esta bebida que, además, le fue ofrecida a él y a sus compañeros.

Su antigüedad es de 8.000 años A.P. Se considera que su origen es Brasil pero, al igual que el maní, su consumo, antes del descubrimiento de América, fue ya generalizado en Sudamérica y el Caribe. No se sabe si se difundió desde el Brasil o hubo otros centros de origen.

### **Papa** (Solaun tubersoum)

Es el nombre aborígen entre varios pueblos andinos. Los españoles de la conquista que, en las islas del Caribe conocieron la batata, supusieron que el tubérculo andino era el mismo o una variedad de ella y lo denominaron batata. Así se consagró en el Diccionario de la Real Academia de la Lengua. Ahora ya figura también el nombre aborígen, es decir la papa.

Los españoles, que no tenían experiencia en comer tubérculos, no apreciaron a este generoso alimento, peor aún cuando descubrieron que la planta era pariente del beleño, un vegetal tóxico y temido. Cuando la papa salvó la vida a miles de ingleses que sufrían hambruna y además el tubérculo entró triunfal en la dieta del rey de Francia, ganó fama universal. En la actualidad es otro de los alimentos de gran consumo en el mundo.

La papa es originaria del área andina (Ecuador, Perú y Bolivia) y constituyó alimento básico de los pueblos andinos. En la actualidad entre los más grandes productores están los EE.UU. y Rusia.

Las muestras más antiguas de papa tienen una antigüedad de 7.000 años A. P. Existen muchas variedades y con ellas se prepara una amplia variedad de alimentos, desde las famosas potato chips (papas fritas) hasta platos formales.

### **Ají**

(*Solanum annuum*)

Es el nombre caribeño que se ha extendido por muchos países; chile, en México; uchu en quichua del Ecuador y en inglés chili pepper .

En México el chile no es un simple picante o condimento, es uno de los alimentos básicos. Se utilizan numerosas variedades y los frutos en diversos grados de maduración que sirve para la preparación de varias comidas. Después de México, los países con mayor consumo, pero en forma de salsa picante son: Bolivia, Perú y Ecuador.

La antigüedad del ají o chile es de 6.000 años A.P. Aunque, como se ha mencionado ya, México es el mayor consumidor y posible área originaria, los arqueólogos designan al Perú, como sitio de origen.

### **Camote**

(*Ipomea batatas*)

El nombre se origina en la lengua náhuatl, camotl y se ha difundido por varios países, incluido el Ecuador. En varios países caribeños se llama ajes, en taíno batata. Entre muchos nombre están: afem, ñamo, boniato amarillo, papa dulce y en inglés sweet potato. Existen numerosas variedades. El con-

sumo es inferior al de la papa y más limitado a algunos países. Es buena fuente de carbohidratos.

Se considera como centro de origen la amplia área tropical comprendida entre Ecuador, Perú y Venezuela. La antigüedad es de 4.500 años A.P.

### **Quinoa**

(*Chenopodium quinoa*)

El nombre vulgar es de origen quichua. Es un seudo cereal andino que, antes de la conquista española, fue un alimento básico de las poblaciones andinas.

Después del reparto, entre los "encomenderos" de las tierras y sus habitantes indígenas, éstos perdieron su libertad para sembrar y alimentarse con sus vegetales nativos. Los "encomenderos" o hacendados ordenaron sembrar trigo para ellos, cebada, para los caballos y la elaboración de cerveza y finalmente para alimento de los indios. Los nativos no pudieron cultivar quinua sino en el pequeño lote de terreno (huasipungo, en quichua), asignado por el patrón y aun ahí con limitaciones para evitar la "idolatría", pues los aborígenes consideraban que la quinua había sido ofrecida por los dioses para el apropiado sustento de los humanos y objeto de cierto culto a mama quinua.

Hasta hace unos 20 años la quinua en el Ecuador, estaba en proceso de extinción. El descubrimiento de la composición química de macro y micronutrientes del menudo grano, reveló su semejanza con la leche materna. Tanto la alta proporción de proteínas, aminoácidos esenciales y ácidos grasos esenciales, ha determinado que la quinua tenga hoy alta importancia nutricional y hasta ha sido incorporada por la NASA, en la dieta de los astronautas. Actualmente hay creciente interés por este grano y su cultivo se ha incrementado considerablemente.

El centro de origen está en los Andes entre Perú y Bolivia, su antigüedad 5000 años A.P.

### **Otros alimentos**

Los mencionados antes, figuran entre los más difundidos en la alimentación humana, pero quedan muchos otros en espera de las investiga-

ciones especialmente arqueológicas. Uno muy importante es el cacao, (*Theobroma cacao*) que se considera originario de México, pero la existencia de algunas especies y variedades de *Theobroma*, hace pensar que otro centro de origen sería la Amazonia entre Ecuador y Colombia.

El tomate riñón o tomate de ensalada, (*Lycopersicum esculenta*), otra solanácea que ha conquistado el mundo, en especial Italia, en donde se le bautizo con el significativo nombre de pomodoro, es decir manzana de oro: Se dice ¿qué ocurriría a Italia si un buen día no tuviese el tomate?

En la actualidad el tomate ha adquirido mayor importancia no solo por su complemento indispensable para las preparaciones de muchas salsas y comidas cuanto también por su valor medicinal, como preventivo del cáncer, por su contenido en licopeno y por otras propiedades terapéuticas.

Otro alimento importante por su alto contenido de proteínas y ácidos grasos esenciales es el chocho, (*Lupinus variabilis*). Varios tubérculos, rizomas y raíces como la oca, el melloco, la mashua, la achira, zana-horia blanca o arracacha. Igual comentario se aplicaría a los numerosos vegetales alimenticios de los otros países americanos y la variedad de frutas como. Chirimoya (*Annona cherimolia*), aguacate (*Persea americana*), babaco (*Carica pentagona*), tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*), frutilla (*Fragaria chiloensi*), granadilla (*Pasiflora ligularis*).

## BIBLIOGRAFÍA

- BALTER, M.: Seeking Agriculture's. Ancient Roots. Science 316: 1830, 2007.
- BELL, R. E.: Investigaciones arqueológicas en el sitio de El Inga, Ecuador. Casa de la Cultura Ecuatoriana, Quito, 1965.
- DOEBLEY, J.: The Maize and Teosinte Male Inflorescence: A Numerical and Taxonomic Study. Annals of the Missouri Botanical Garden 70:32-70. 1983.
- DUBCOVSKY, J., DUORAK, J.: Genoma plasticity a Key facto in the Success of Polyploid whe tunder domestication. Science 316. 1862, junio, 2007.
- DUBCOVSKY, J., DUORAK, J.: Genoma plasticity factor...in wheat under domestication. Science 3, 6. 1862.

- HARRIS, D.:** The origins of agriculture in the tropics. *American Scientist* 60 (2): 180-193.
- KAREIVA, P. y colab.:** Domesticated Nature: Shaping Landscapes and Ecosystems for Human Welfare. *Science*, 316:1866.
- LANNING, E. P.:** Archaeological Investigations on the Santa Elena Península Ecuador. Report to the National Science Foundation on research carried out under Grant GS-402, 1964-65, 1967.
- LATHRAP, D. W.:** Ancient Ecuador: culture, clay and creativity 3000-300 B.C., con catálogo de Donald Collier y Helen Chandra. Field Museum of Natural History, Chicago, 1975.
- LUMBRERAS, L. G.:** The peoples and cultures of ancient Peru. Traducido por Betty J. Meggers. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C., 1974.
- LYNCH, T.G. y POLLOCK, S.:** La Arqueología de la Cueva Negra de Chobshi. *Miscelánea Antropológica Ecuatoriana* 1: 92-119. Guayaquil, 1981.
- MANGELSDORF, P.:** Corn: Its Origin, Evolution and Improvement. The Belk-nop Press of Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 1974.
- MANGELSDORF, P., R.S. MCNEISH y W.C. GALINAT:** Prehistoric Wild and Cultivated Maize. En: *The Prehistory of the Tehuacan Valley. Environment and Subsistence* 1, D. O. Byers, Ed., pp. 178-200. University of Texas Press, Austin, 1987.
- MARCOS, J.:** Arqueología de la costa ecuatoriana. (Bolet.). Corp. Edit. Nal. Quito, (sin año)
- MARCOS, J.:** Real Alto. Historia de un centro ceremonial. Valdivia (2Vol.) Corp. Edit. Nal. Quito, 1988.
- MAYER-OAKS, W. J.:** Early Man projectile points and lithic technology in the Ecuadorian Sierra. En: *New Evidence for the Americas*. Center for Early Man Studies, Orono, Maine, 1983.
- MEGERS, B. J., CIFFORD E. y ESTRADA, E.:** Early Formative Period of coastal Ecuador: the Valdivia and Machalilla Phases. *Smithsonian Contributions to Anthropology* Vol. 1. Smithsonian Institution, Washington, 1965.
- MELTZER, S.:** The Las Vegas Complex: a preceramic industry from the Santa Elena Peninsula, Ecuador. Informe no publicado, Columbia University, New York.
- NARANJO, P.:** La comida andina antes del encuentro. En: *Conquista y comida*. Editora J. Long. UNAM, México, 1996.

- NARANJO, P.:** América precolombina fuente de alimentos. Rvta. Univ. Católica. 63: 57-88, 1998.
- NARANJO, P.:** El maíz indispensable para la conquista española. Rvta. Diners 19: 18-25, 1998.
- NARANJO, P.:** La quinua, el mejor alimento. N. 2, 11-44. Ciencia y Tecnología, Quito, 2002.
- NARANJO, P.:** Chocho, carne vegetal. 2: 123-140. Ciencia y Tecnología, Quito, 2003.
- NARANJO, P.:** Saber alimentarse, 3ª. Edic. Corpo. Edit. Nal. Quito, 2007.
- NARANJO, P.:** Antropología del maíz. Ciencia y Tecnol. Vol. 55-66-2007
- PIPERNO, D. R.:** A Comparison and Differentiation of Phytoliths from Maize and Wild Grasses: Use of Morphological Criteria. American Antiquity 49:361-383, 1984.
- PIPERNO, D. R.:** Phytolith Analysis and Tropical Paleo-ecology: Production and Taxonomic Significance of Silicified Forms in New World Plant Domesticates and Wild Species. Review of Paleobotany and Palynology 45: 185-228, 1985.
- PIPERNO, D.:** Primer Informe sobre los fitolitos y evidencias del cultivo del maíz en el Ecuador. (En Stothert)
- STOTHERT, K.:** The Preceramic Las Vegas Culture of Coastal Ecuador. American Antiquity 50 (3): 613-637. 1985.
- STOTHERT, K.:** Cultura Las Vegas. Miscelánea Antropológica Ecuatoriana. Vol. 10. Museo Banco Central. Guayaquil. 1990.
- UBELAKER, D. H.:** Skeletal Evidence for Kneeling in Prehistoric Ecuador. American Journal of Physical Anthropology 51(4): 679-685. Philadelphia. 1979.

## **INFORMACIONES CIENTÍFICO CULTURALES**

## **LUIS A. ROMO SALTOS, Ph. D. DOCTOR HONORIS CAUSA**

La Sesión Solemne de la conmemoración del Séptimo Aniversario de la fundación de la Universidad Alfredo Pérez Guerrero (UNAP) se realizó el 17 de enero de 2008 en el Auditorio de la FLACSO. En este acto mediante resolución del Consejo Académico de la UNAP el Rector de la Universidad, doctor Jorge Enríquez Páez al entregar al doctor Romo Saltos el documento del título de Doctor Honoris Causa, declaró que se rinde este homenaje a un ilustre científico ecuatoriano. El escritor Raúl Pérez Torres, Director Cultural de la Universidad en su discurso de homenaje al doctor Romo declaró que conoce la trayectoria científica y filosófica del homenajeado desde hace más de tres décadas e informó que Luis Romo Saltos inició sus investigaciones desde su tiempo de universitario en las Universidades del Estado de Michigan que le confirió los títulos de Bachelor of Science y de Master of Science y la Universidad de Wisconsin que le confirió el título de Doctor en Ciencias (Ph.D.). Los estudios universitarios los realizó durante diez años incluyendo las diez sesiones de verano.

El Dr. Romo se incorporó al cuerpo docente de la Universidad Central en 1963 en su calidad de Profesor Principal de las Facultades de Química y Ciencias Naturales y de Ingeniería, Ciencias Físicas y Matemáticas.

A continuación se presenta sucintamente el perfil curricular del Dr. Romo que se distinguió por sus investigaciones en el campo de la físico-química y termodinámica que las continuó en la Universidad del Estado de Pennsylvania, el Centro de Investigaciones Científicas de la Du Pont de Nemours, la Universidad Central del Ecuador, la Universidad Central y de Oriente de Venezuela y la Escuela Superior Politécnica (ESPE). Los resultados de sus investigaciones han sido expuestos en Congresos Científicos realizados en los Estados Unidos, Francia, Inglaterra, Suecia, Austria, Hungría, Rumania, Corea de Sur, Australia, Brasil, Rusia y Ecuador.

El Dr. Romo ocupó en la Universidad Central varias dignidades académicas: Representante de la H. Asamblea Universitaria ante el H. Consejo Universitario (1964-1967), Decano de la Facultad de Ciencias Químicas, U. Central (1970, 1988-1992). Con el fin de cubrir una urgente necesidad académica-didáctica, por la falta de textos de nivel universitario, publicó para beneficio estudiantil entre 1965 y 1994 catorce obras de físico-química, termodinámica, coloidoquímica, filosofía y métodos de la investigación científica que fueron galardonados con el "Primer Premio Universidad Central".

El Profesor Romo fue invitado por las universidades Carolinum de Praga, República Checa, y Eotvos de Budapest, Hungría, Central de Venezuela (1969) para que dicte seminarios sobre termodinámica de superficies y por la Universidad de Oriente de Venezuela (1970-1971) para que dicte cursos de química teórica e instruya a los docentes sobre los métodos de la investigación científica.

A partir de 1994 hasta el 2007 ha escrito y publicado obras sobre Termodinámica, Estadística, El Tiempo: Reflexiones Físicas y Filosóficas, Planeamiento y Optimización de la Investigación Científica, Agua: Patrimonio de la Humanidad, Universidad: Humanismo-Ciencia- Desarrollo y Perfil de la Vida y Obra del Profesor Albert Einstein.

El Dr. Romo, Profesor Honorario de la Universidad Central, fue Presidente fundador de la Sociedad Ecuatoriana de Ciencias Exactas y Naturales (1979-1985), Presidente Fundador de la Comunidad Científica Ecuatoriana (1985-1990), Presidente del Consejo Interamericano de Ciencia y Tecnología de la OEA (1985-1987), Presidente del jurado Internacional para conceder el premio Interamericano para la Ciencia "Bernardo Houssay" (1985, 1987, 1998 y 1990). Actualmente, es miembro de la Faraday Society, American Chemical Society, Sigma Xi, Internacional Association of Colloid and Interface Science, Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales de Venezuela, Casa de la Cultura Ecuatoriana, Ateneo Ecuatoriano, Comunicad Científica Ecuatoriana. El Profesor Romo ha sido galardonado con el Premio Pedro Vicente Maldonado, el Premio Nacional de Cultura "Eugenio Espejo" y muchos otros reconocimientos a su gestión científica y filosófica.

## **Fe de Errata**

En el Vol. VI, No. 2, julio 2007 de la Revista de CIENCIA Y TECNOLOGÍA en la contribución titulada Microbiota Asociada a Suelo Amazónico Contaminado con Petróleo de los autores M.S. Barragán, Ledo Iván Aveiga y Dr. Gabriel Trueba, erróneamente bajo Dr. Gabriel Trueba se añadió PETROECUADOR que se debe eliminar una vez que el Dr. Trueba no tiene ninguna relación con PETROECUADOR.

## **CULMINÓ CON ÉXITO EL SEXTO CONGRESO IBEROAMERICANO DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS (CIBIA VI) REALIZADO EN AMBATO-ECUADOR DEL 5 AL 8 DE NOVIEMBRE DEL 2007.**

### **Juan de Dios Alvarado.**

Según el Cronograma de trabajo elaborado con dos años de anticipación desde octubre del 2005, se estructuró el Programa de CIBIA VI y se hizo su difusión mediante la publicación a través de la página web: [www.uta.edu.ec](http://www.uta.edu.ec) - CIBIA VI o también a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería de Alimentos: <http://fcial.uta.edu.ec>. Todas las personas pudieron acceder al mismo y conocer con detalle todas las actividades para ordenar con la debida anticipación sus actividades durante el Evento.

El Programa elaborado se cumplió en su totalidad, lo cual es un indicativo de la buena organización y éxito del Evento según los criterios de participantes internacionales y nacionales.

Conferencias (24) sustentadas los días 5, 6, 7 y 8 de noviembre por: Walter Peñaloza (Ecuador). Pilar Rodríguez (Brasil). Paulo Sobral (Brasil). José Miguel Aguilera (Chile). Gustavo Gutiérrez (México). Noemí Zaritzky (Argentina). Margarita Armada (Argentina). Luis Durán (España). Federico Gómez (Ecuador-Suecia). Fernando Ortega (Ecuador-España). Alfredo Matos (Perú). Jenny Rúaes (Ecuador). Paul Singh (USA). Romeo Toledo (USA). Dennis Heldman (USA). Stanley Charm (USA). Antonio Mulet Pons (España). Efrén Parada (México). José Miguel Aguilera (Chile). Pedro Bouchon (Chile). Stalin Santacruz (Ecuador). Teresa Sánchez (Colombia). Galo Naranjo (Ecuador). Juan Alvarado (Ecuador).

Mesas Redondas (3) cumplidas los días 5, 6 y 7 con los siguientes expositores: Virginia Matta (Brasil). Lourdes Cabral (Brasil). Salvador

Guzmán Maldonado (México). Fabrice Vaillant (Francia). Edwin Vera (Ecuador). Sara Sabbe (Bélgica). Ana Pérez (Costa Rica). Ana Pilosof (Argentina). Lourdes Amigo (España). Javier Fontecha (España). Osear Pérez (Argentina). Juan Bravo (Ecuador). Paul Singh (USA). Noemí Zaritzky (Argentina).

Trabajos aceptados y constantes en la página Web UTA-CIBIA (248). Por el elevado número de consultas y descargas, los trabajos hechos como Presentaciones en Power Point permanecerán para consulta de los interesados durante seis meses después de la finalización del Congreso. Los trabajos estuvieron disponibles en la Web desde el mes de julio del 2007.

Trabajos presentados y discutidos en las Sesiones de Carteles (350) que incluyen aproximadamente a 1000 autores. La nómina y los títulos de las presentaciones constaron en el Programa entregado con la debida oportunidad en las áreas de Procesos, Tecnología y Ciencia de Alimentos. Las Sesiones Múltiples registraron una muy alta asistencia tanto de los expositores como del resto de participantes, el día lunes 5 se discutieron los trabajos relacionados con el tema Procesos, el día martes 6 con el tema Tecnología y el miércoles 7 con el tema Ciencia. Fue grato observar el interés de las salas de carteles existiendo un verdadero diálogo entre los participantes, estimulado por la difusión en la Web y la coordinación del Ing. Alim. Mario Manjarrez.

Feria Alimentaria, se realizó en forma paralela al Congreso del 5 al 8 de noviembre con la presencia de 40 expositores de la Empresa Privada, la responsabilidad de la organización estuvo a cargo del Colegio Regional de Ingenieros en Alimentos con la Presidencia del Ing. Rodrigo Zúñiga.

Cursos (3) realizados después de Congreso los días 8 y 9 de noviembre, para estudiantes de las Carreras de Ingeniería de Alimentos e Ingeniería Bioquímica. Profesores: Elvira Costell (España). Pilar Rodríguez de Massaguer (Brasil) y Margarita Armada (Argentina).

Se entregaron a todos los participantes aproximadamente mil: Maletín con materiales para anotaciones. Programa (66 páginas). Un ejemplar de: Alimentos Ciencia e Ingeniería, Conferencias y Procesos. 16(1). 2007. 337 páginas. Un ejemplar de: Alimentos Ciencia e Ingeniería, Mesas Redondas y Ciencia. 16(2). 2007. 357 páginas. Un ejemplar de Alimentos Ciencia e Ingeniería, Tecnología. 16(3). 2007. 366 páginas. Un CD con los archivos

PDF de todos los trabajos de investigación presentados. Un DVD promocional. Esferográfico. Carpeta. Escarapela. Tarjeta magnética con fotografía de identificación.

Sesión Inaugural realizada en el Teatro Ambato el 5 de noviembre con la presencia de 1000 personas. Se contó con la intervención del Dr. Gustavo Vega, Presidente de CONESUP; Arq. Fernando Callejas, Alcalde de Ambato quien dio la bienvenida a los participantes; la presentación del Congreso estuvo a cargo del Ing. Juan de Dios Alvarado, Presidente de CIBIA VI; la inauguración la hizo el Ing. Luis Amoroso como Rector de la Universidad Técnica de Ambato. A continuación el Grupo de Cámara constituido por estudiantes de la UTA ofreció un selecto repertorio de música clásica y nacional.

Cena de Gala, ofrecida el día martes 6 en horas de la noche por el I. Municipio de Ambato con la presencia de 100 invitados.

Baile de Confraternidad con la presencia de 500 asistentes, fue grato observar el baile de música iberoamericana por grupos de México, Colombia, Venezuela, Perú, Argentina, Chile, Brasil, España, conjuntamente con ecuatorianos en una manifestación de unidad y alegría.

Noche Ecuatoriana realizada en el Teatro Ambato el miércoles 7 con la presencia de 800 personas destacándose la participación del Grupo Folclórico Tungurahua con la dirección del Dr. Carlos Quinde Mancero y del Grupo Último Vagón con integrantes de la UTA.

Sesión del Comité Internacional de CIBIA, cumplida en la mañana del día jueves 8 con la presencia de 7 de los 9 miembros titulares, adoptándose decisiones para la continuidad de los Congresos y posibles recomendaciones a través de un Comité Asesor. Asistieron: Juan de Dios Alvarado (Ecuador) como Presidente, Efrén Parada y Gustavo Gutiérrez-López de México, Noemí Zaritzky de Argentina, José Miguel Aguilera de Chile, Paulo Sobral y Pilar Rodríguez de Brasil, Jenny Rúales de Ecuador, integrándose también la Dra. Gloria González de Colombia como Presidenta de CIBIA VII.

El día jueves 8 en el Coliseo de la Universidad se cumplió el Acto de Clausura con la presencia de 500 personas. Se inició el acto con la intervención del Presidente de la FEUE-Ambato, a continuación el Dr. Efrén Parada

en representación del Comité Internacional entregó placas de reconocimiento a las máximas autoridades de la UTA.

Intervinieron por parte de los asistentes internacionales el Dr. Pablo Muzzo quien aceptó la nominación como nueva Sede a Colombia, el Dr. Alfredo Matos del Perú y el Dr. Guillermo Salamanca Grosso de Colombia. Las emotivas palabras de clausura estuvieron a cargo del Dr. Galo Naranjo López, Vicerrector Académico de la UTA y Presidente del Comité Organizador.

Como se expresó en el Acto de Clausura, en todos los humanos siempre renace la esperanza de nuevas páginas y es así que se designó como Sede de CIBIA VII a Colombia, el evento tendrá lugar en Bogotá en septiembre del 2009. La Ingeniería de Alimentos avanza y sus adelantos nuevamente serán presentados para beneficio de nuestros países en la búsqueda de desarrollar nuevos y mejores productos alimenticios.

El Congreso sin duda constituye un hecho histórico para Ambato y en cierto modo para Ecuador, nunca antes se recibió a tantos investigadores internacionales para la presentación y discusión de sus trabajos, la presencia de los pioneros de la Ingeniería de Alimentos moderna desde Estados Unidos de Norteamérica, el número de participantes en el orden de los 1000, así como también el número de descargas de las presentaciones desde la página Web UTA-CIBIA en un número superior a las 30000, son indicadores reales de la importancia y trascendencia del evento. Ecuador superó con creces a las expectativas, con trabajos de investigación (56) y con una destacada organización de la sede Universidad Técnica de Ambato - Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.

En buena hora, que este tipo de eventos se multipliquen en beneficio del país y de sus habitantes.

Ambato, noviembre del 2007.

## AMINOÁCIDOS EN EL ESPACIO

**Caroline Moore**

Se puede producir biomoléculas mediante electrones de baja energía mediante partículas congeladas en el espacio. Con el propósito de entender como los aminoácidos pueden sintetizarse mediante la radiación en el espacio, los investigadores han diseñado reacciones para alcanzar este fin. Examinaron mediante una reacción de una mezcla de amonía y ácido acético sobre una película de diamante irradiada por electrones de baja energía a 25 K. El resultado fue de que se sintetizó glicina. Así, se demostró que mediante electrones de baja energía que abundan en los sistemas interestelares se inician reacciones químicas a ínfimas temperaturas. La investigadora Arme Lafosse de la Universidad Sud de París, utilizó espectroscopia vibracional de alta resolución para detectar el aminoácido.

Se cree que la fuente principal de materia orgánica extraterrestre incluyendo los centros generadores de la vida en la Tierra es el producto de la irradiación de moléculas adheridas a partículas de polvo en el medio interestelar. Se afirma que biomoléculas complejas pueden ser sintetizadas por electrones de baja energía que inciden sobre las moléculas situadas en partículas de polvo interestelar a baja temperatura. El gran problema, afirma la investigadora Laffose, es el de comprobar si tales reacciones pueden justificar la síntesis de biomoléculas en el curso de la formación del planeta Tierra.

**CIENCIA Y TECNOLOGÍA,**

se terminó de imprimir en Quito, en junio de 2008,  
en la Editorial "Pedro Jorge Vera"  
de la Casa de la Cultura Ecuatoriana "Benjamin Carrión",  
siendo Presidente el *Dr. Marco Antonio Rodríguez*,  
Director de Publicaciones (e) el *Dr. Fabián Guerrero*