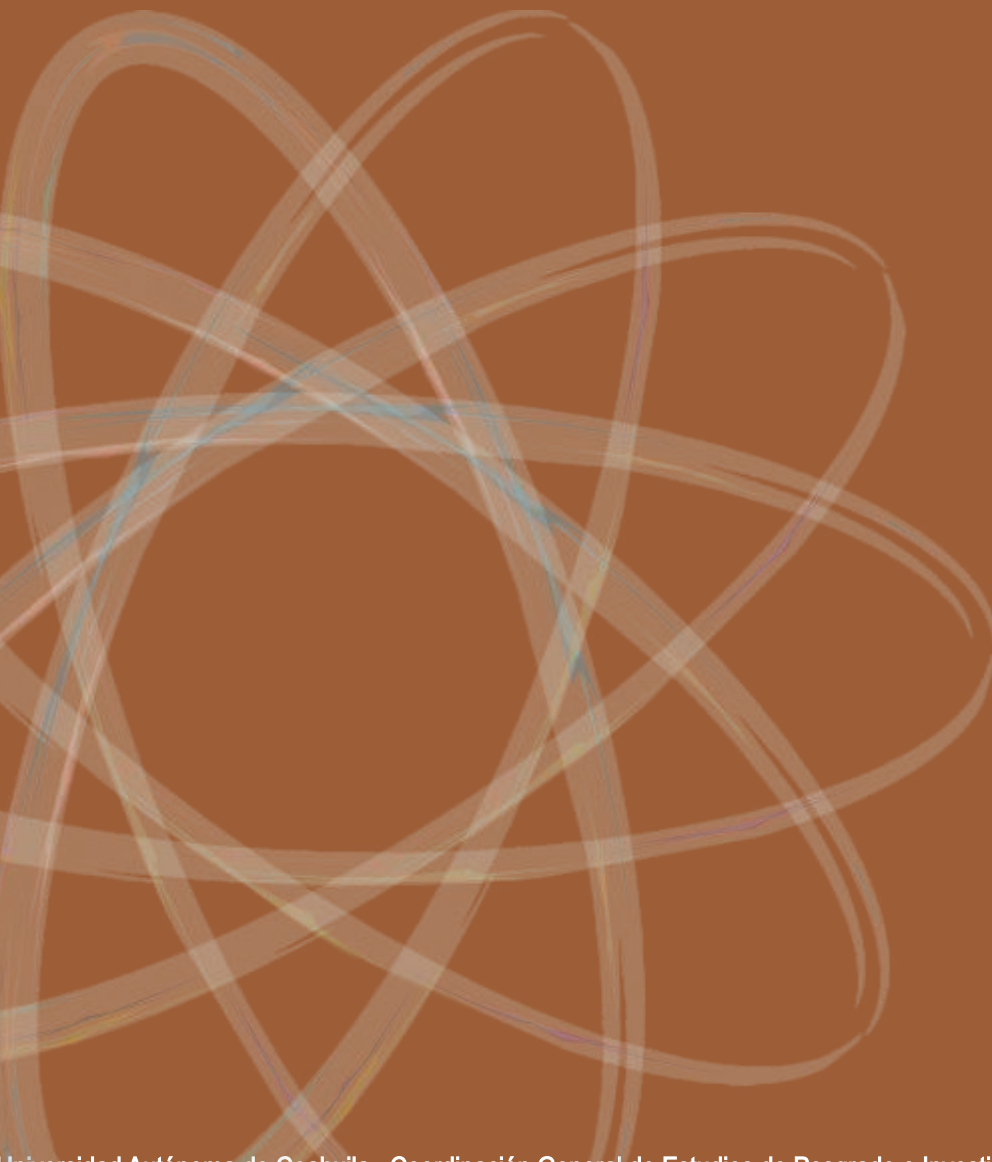




# CIENCIA CIERTA<sup>®</sup>

núm.  
Año 2

5



# editorial

Hace un año apareció el primer número de **Cienciacierta** como producto del trabajo de nuestros maestros investigadores en las tres unidades regionales.

Los resultados, efectivamente, han sido muy positivos, pero aún nos falta camino por recorrer: cada día se crean nuevos escenarios del conocimiento, con frescos conceptos y contenidos en áreas para las cuales no han sido desarrollados los marcos teóricos, metodológicos y prácticos de aplicación. Al menos no de manera amplia y generalizada.

Las antiguas nociones que nos permitían acceder a los campos del saber ahora resultan insuficientes para pensar, definir y precisar el lenguaje de la sociedad moderna. Nuevos términos se acuñan con la misma velocidad con la que evoluciona el mundo. Por sí mismos, los neologismos hablan de modernidad, de avances, de innovaciones e inéditas realidades y circunstancias.

La sociedad globalizada reclama, pues, mayores acervos y mejores medios de información y de divulgación; demanda también el esfuerzo permanente de todos los actores sociales, donde nuestro papel como catedráticos e investigadores es preponderante.

Nuestra tarea ahora es “estirar” al máximo el saber; hacerlo extensivo a un mayor número de universitarios y a otros sectores del entorno social. Si continuamos haciéndolo con calidad, como hasta ahora, seguramente habremos de obtener más y mejores logros.

En la aldea global de la que formamos parte -entre sociedades en las que predomina el conocimiento para alcanzar la competitividad y con individuos ávidos de nuevas formas de pensamiento- nuestras estrategias de calidad y el trabajo comprometido habrán de mantenernos en los primeros planos educativos. Ahí radica la clave para conservar el liderazgo institucional.

Aprovechemos entonces nuestras capacidades y convirtamos los retos en oportunidades de desarrollo, pues sólo así estaremos en condiciones de avanzar dentro del vertiginoso cambio que se registra en las diversas áreas del saber.

**Ingeniero Jesús Ochoa Galindo**  
Rector

# contenido

|    |                                                                                                                       |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Editorial                                                                                                             |
| 2  | Contenido                                                                                                             |
| 3  | Efemérides                                                                                                            |
| 6  | Aceite Esencial de Orégano Mexicano                                                                                   |
| 8  | Inhibición del oscurecimiento enzimático en papa por adición de $\text{CaCl}_2$ y $\text{H}_3\text{PO}_4$ en solución |
| 11 | Aprovechamiento de proteínas de la sangre de cerdo                                                                    |
| 14 | Síntesis enzimática de polímeros conductores                                                                          |
| 17 | Alimentos funcionales = ¿Moda actual para la salud humana?                                                            |
| 19 | Transgénicos en debate                                                                                                |
| 21 | Sotol: una planta con pasado, presente y futuro                                                                       |
| 23 | Anticoncepción de emergencia                                                                                          |
| 25 | La diabetes Mellitus tipo 2. La traición de los genes a nuestros excesos                                              |
| 27 | Fisiopatología de la osteoporosis                                                                                     |
| 37 | Tratamiento no farmacológico de la osteoporosis                                                                       |
| 40 | Tratamiento farmacológico de la osteoporosis                                                                          |
| 42 | Una aproximación a la lectura a partir de la interacción entre lector y espacio textual (una propuesta didáctica)     |
| 44 | Castilla, tierra y viento                                                                                             |
| 46 | El derecho a la información                                                                                           |
| 47 | La ciencia y los niños                                                                                                |
| 50 | ¿Qué hay en el mundo?                                                                                                 |
| 52 | Ondas Fraguianas                                                                                                      |



## UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE COAHUILA

ING. JESÚS OCHOA GALINDO Rector LIC. J. ARMANDO SÁNCHEZ QUINTANILLA Secretario General LIC. MARIO A. OCHOA RIVERA Oficial Mayor  
C.P. JORGE ALANÍS CANALES Tesorero General M.C. ENRIQUE PEART MIJANGOS Director de Planeación DR. EDGAR BRAHAM PRIEGO Director de Asuntos Académicos  
DR. FRANCISCO M. OSORIO MORALES Coordinador General de Estudios de Posgrado e Investigación LIC. ALFONSO VÁZQUEZ SOTELO Coordinador General de Extensión Universitaria y Difusión Cultural LIC. DANIEL GARZA TREVIÑO Coordinador Unidad Saltillo ING. ROSA MA. FRANCO PARRA Coordinadora Unidad Torreón LIC. JOSÉ RICARDO VALDEZ VELA Coordinador Unidad Norte

Edición:  
DEPARTAMENTO DE DIVULGACIÓN  
CIENTÍFICA DE LA COORDINACIÓN  
GENERAL DE ESTUDIOS  
DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN  
DE LA UA de C

FRANCISCO M. OSORIO MORALES  
JESÚS RODRÍGUEZ MARTÍNEZ  
M.A. DE LOURDES OYERVIDES VALDÉS  
Editores  
BERTHA I. NARVÁEZ GARZA  
Responsable y Diseño  
GENARO GARCÍA ORTIZ  
Corrección de Estilo

ROSA ESTHER BELTRÁN ENRÍQUEZ  
PEDRO GAYTÁN VÁZQUEZ  
LORENZO MARTÍNEZ MEDINA  
MA. DEL SOCORRO NAKASIMA GARCÍA  
Colaboradores  
ROSA O. REYES DÁVALOS  
Distribución

ASCENCIÓN HERRERA  
Fotografías de Portada y Contraportada  
Lago de la Cd. Deportiva, Saltillo, Coahuila.  
Correspondencia a:  
divulgacioncientificacgepi@mail.uadec.mx

# Aceite Esencial de ORÉGANO Mexicano

**José Salvador Luévano Martínez**

Investigador en Productos Naturales  
Escuela de Ciencias Biológicas, U.T.

6

México, a través de los siglos, se ha caracterizado como productor de mercancías primarias; es decir, productos como frutas, hortalizas, especias y petróleo crudo, entre otros, que no llevan valor agregado debido a que no se realizan procesos de transformación.

Estos productos primarios pueden convertirse en productos secundarios y terciarios de mayor valor. En el caso del orégano mexicano, el aceite esencial es un producto secundario y los productos terciarios son derivados de la aplicación del aceite como antioxidante y conservador de alimentos, cosméticos y medicamentos.

El orégano mexicano **Lippia verlandieri** pertenece a la familia Verbenácea, en contraste con el orégano mediterráneo, **Origanum vulgare** que pertenece a la familia Lamiáceae; sin embargo, ambas familias pertenecen al mismo orden: Lamial.

La calidad del aceite esencial del orégano mediterráneo depende de la concentración de **timol**, el cual es un poderoso inhibidor del crecimiento microbiano, además de antioxidante. Los mejores aceites llegan a alcanzar concentraciones de hasta 85 % de este compuesto fenólico.

El aceite de orégano mexicano puede contener otro fenol, el **carvacrol**, el cual es un isómero\* del timol con las mismas propiedades antioxidantes y antimicrobianas. Éste último cristaliza y el carvacrol es un aceite rojo.

## Un producto transformado

La diferencia entre vender el orégano en greña a vender aceite de orégano es en extremo notable: una tonelada de orégano, cuando abunda, puede ser tan barato como \$5 000.00 pesos mexicanos; en cambio, el precio de un litro de aceite puede fluctuar entre los \$2 000.00 hasta los \$4 000.00 US y es posible extraer de 3 a 4 litros de aceite por

tonelada.

Existe tecnología mexicana para manejar desde 100 kilogramos hasta 1.2 toneladas por lote de orégano en greña, desarrollada e instalada en Salas de Arriba, Chihuahua, en tanto que en ejidos de Torreón, Coahuila, y en Nombre de Dios, Durango, se ha establecido tecnología similar a pequeña escala.

La calidad del aceite de Torreón ha llegado a alcanzar el 85 % de carvacrol y la de Durango el 92 % de timol, de acuerdo con evaluaciones realizadas mediante espectroscopia de Resonancia Magnética Nuclear (rmn) en el CINVESTAV y en el Instituto de Química de la UNAM, respectivamente.

Es evidente, pues, que la calidad del aceite de orégano mexicano puede competir comercialmente contra el mejor de Europa. Además, esta alternativa agroindustrial tiene la ventaja de que tanto el orégano como sus productos derivados son orgánicos; es decir, se caracterizan por no ser tratados con agroquímicos (fertilizantes o pesticidas).

No obstante, un problema potencial en esta zona del país es que los terrenos donde prospera el orégano son ejidales, y el establecimiento de tratos comerciales con la Comunidad Europea será difícil por la falta de cultura al respecto.

Por el contrario, en el sureste mexicano existe el magnífico ejemplo del café orgánico de Chiapas y de Oaxaca, el cual tiene el liderazgo de aceptación en el primer mundo. Además, se espera conquistar a corto plazo esa misma meta en la producción de miel orgánica.

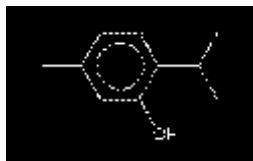
La producción y comercialización del aceite de orégano tendría un impacto social y económico notable en la Mesa del Norte -caracterizada por su aridez y su pésima agricultura de temporal- y además entra perfectamente en el concepto del Fair Trade (Comercio Justo) inherente a la Agricultura Orgánica.

\* Un isómero tiene la misma fórmula molecular que su contraparte, pero estructura diferente.

## TIMOL

### Phenol, 5-methyl-2-(1-methylethyl)-

- **Fórmula:** C<sub>10</sub>H<sub>14</sub>O
- **Peso molecular:** 150.22
- **Identificador Químico Internacional de IUPAC:**
  - InChI=1/C10H14O/c1-7(2)9-5-4-8(3)6-10(9)11/h4-7,11H,1-3H3
  - [Download the identifier in a file.](#)
- **###Número de registro CAS:** 89-83-8



#### ###Estructura química:

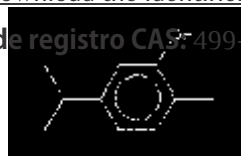
Esta estructura está también disponible como [2d Mol file](#).

- **Otros nombres:** Thymol; p-Cymen-3-ol; Thyme camphor; 2-Isopropyl-5-methylphenol; 3-Hydroxy-p-cymene; 3-Methyl-6-isopropylphenol; 5-Methyl-2-isopropylphenol; 6-Isopropyl-m-cresol; 6-Isopropyl-3-methylphenol; m-Cresol, 6-isopropyl-; p-Cymene, 3-hydroxy-; Isopropyl cresol; Phenol, 2-isopropyl-5-methyl-; Thymic acid; 1-Hydroxy-5-methyl-2-isopropylbenzene; 1-Methyl-3-hydroxy-4-isopropylbenzene; 3-p-Cymenol; 3-Hydroxy-1-methyl-4-isopropylbenzene; 5-Methyl-2-isopropyl-1-phenol; 5-Methyl-2-(1-methylethyl)phenol; Isopropyl-m-cresol; m-Thymol
- **Other data available:**
  - [Gas phase thermochemistry data](#)
  - [Condensed phase thermochemistry data](#)
  - [Phase change data](#)
  - [IR Spectrum](#)
  - [Mass Spectrum](#)
  - [Gas Chromatography](#)

## CARVACROL

### Phenol, 2-methyl-5-(1-methylethyl)-

- **Fórmula:** C<sub>10</sub>H<sub>14</sub>O
- **Peso molecular:** 150.22
- **Identificador Químico Internacional de IUPAC:**
  - InChI=1/C10H14O/c1-7(2)9-5-4-8(3)10(11)6-9/h4-7,11H,1-3H3
  - [Download the identifier in a file.](#)
- **Número de registro CAS:** 499-75-2



#### Estructura química:

Esta estructura está también disponible como [2d Mol file](#).

- **Otros nombres:** Carvacrol; p-Cymen-2-ol; Antioxine; Isothymol; Karvakrol; 2-Hydroxy-p-cymene; 2-Methyl-5-isopropylphenol; 5-Isopropyl-2-methylphenol; 2-Methyl-5-(1-methylethyl)phenol; o-Cresol, 5-isopropyl-; o-Thymol; p-Cymene, 2-hydroxy-; Isopropyl-o-cresol; Phenol, 5-isopropyl-2-methyl-; 1-Hydroxy-2-methyl-5-isopropylbenzene; 2-p-Cymenol; 5-Isopropyl-o-cresol; 3-Isopropyl-6-methylphenol; Phenol, 3-isopropyl-6-methyl-; Cymenol; Hydroxy-p-cymene; Methyl-5-(1-methylethyl)phenol; Oxycymol; 6-methyl-3-isopropylphenol
- **Other data available:**
  - [Gas phase thermochemistry data](#)
  - [Condensed phase thermochemistry data](#)
  - [Phase change data](#)
  - [Mass Spectrum](#)
  - [Gas Chromatography](#)
- **Options:**

<sup>1</sup>Frayre de la Fuente, Claudia  
<sup>1</sup>De la Fuente Salcido, Norma M  
<sup>1</sup>Rodríguez González, Josefina G  
<sup>2</sup>Meza V. Jorge A  
<sup>1</sup>Meza V, Francisco\*

<sup>1</sup>Escuela de Ciencias  
Biológicas. U.T.  
<sup>2</sup>Facultad de Ciencias  
Químicas de la UJED  
\* Autor para la  
Correspondencia.  
email: fcomv77@hotmail.com

# INHIBICIÓN DEL OSCURECIMIENTO ENZIMÁTICO EN PAPA POR ADICIÓN DE $\text{CaCl}_2$ y $\text{H}_3\text{PO}_4$ EN SOLUCIÓN

## INTRODUCCIÓN

La papa (*solanum tuberosum*) es la más importante fuente de dicotiledóneas del alimento del hombre. Está considerada como el cuarto mejor alimento de cosecha del mundo, excedida sólo por el trigo, el arroz y el maíz.<sup>(1)</sup> Este tubérculo es un alimento que desde un punto de vista bromatológico se puede incluir en el grupo de las hortalizas y verduras o en el grupo de los alimentos feculentos o amiláceos.<sup>(2)</sup>

En la industria se requiere la adición de ciertos compuestos químicos o aditivos. Muchos de ellos se añaden al alimento para su conservación, para aumentar su valor nutritivo, para impartirle color o sabor, o para mejorar su textura.<sup>(3)</sup>

Un buen empaque logra que un alimento llegue a manos del consumidor final en condiciones de ser ingerido, a pesar del tiempo y del medio ambiente. El reto compartido de los ingenieros en empaque con los tecnólogos en alimentos es prolongar el mayor tiempo posible la vida útil de los alimentos, con la más alta calidad y al menor costo.<sup>(4)</sup>

De acuerdo con investigaciones, se ha destacado el uso de soluciones alcalinas tales como las sales de calcio y magnesio, obteniéndose resultados favorables para el mejoramiento de la textura. El cloruro de calcio se puede utilizar para incrementar la textura de las papas; la calidad de la textura involucra las propiedades de los polímeros encontrados de manera natural en la pared celular: almidón, pectina, celulosa y hemicelulosa.<sup>(5)</sup>

Los fosfatos se han empleado con gran éxito desde muchos puntos de vista para la conservación de alimentos, ya que tienen una actividad multifacética.<sup>(6)</sup>

Sí la papa se troza y dura tiempo en almacenamiento refrigerado tiende a producir oscurecimiento enzimático, perdiendo mucho atractivo para el consumidor. Es por esto que se propuso la investigación de la papa, agregándole algunos aditivos como el cloruro de calcio y el ácido fosfórico; empacándola en trozos y manteniéndola bajo condiciones de refrigeración para alargar su vida de anaquel. Además, dentro de la sociedad, ésta forma de alargar la vida de anaquel es muy práctica, ya que las

personas no perderían tanto tiempo en estar cortando la papa y su uso sería de una forma más directa.<sup>(2)</sup>

## OBJETIVO

Inhibir el oscurecimiento enzimático de papa troceada, en refrigeración, mediante la adición de las soluciones de cloruro de calcio y ácido fosfórico, considerando el efecto del tipo de empaque de baja densidad y de alta densidad.

## METODOLOGÍA

Este proyecto se realizó en los laboratorios de la Escuela de Ciencias Biológicas en Torreón, Coahuila, y en los laboratorios de la Facultad de Ciencias Químicas de la UJED, en Gómez Palacio, Durango. Se utilizó papa blanca, variedad Gigant, obtenida de una bodega del centro de Abastos de Torreón, Coahuila. Se usaron aproximadamente 350 g por cada unidad experimental. Las papas se lavaron con agua corriente; se seleccionaron las que estaban en mejor estado, sin daños físicos ni brotes, y luego se procedió a cortar y trocear con un cortador para papas manual, en rebanadas de 1 \* 1 cm y el largo fue el del tamaño de la papa. Las rebanadas de papa (un kilogramo, aproximadamente) se sumergieron en las soluciones de agua (blanco comparativo), cloruro de calcio al 0.2% y cloruro de calcio al 0.2% más ácido fosfórico al 0.1%. La inmersión se hizo por un tiempo de 4 minutos. Transcurrido este tiempo, se procedió a escurrir el exceso de líquido para después guardarlas en 2 tipos de empaques (polietileno de baja y de alta densidad) y se almacenaron a una temperatura de refrigeración de 5° C. Una cantidad de la materia prima se colocó en un empaque permeable a la humedad y a los gases, y la otra parte en un empaque impermeable a estos. Después se procedió a hacer las mediciones de los parámetros de color de todos los tratamientos al primer día, a los 7 días y a los 15 días.

**Análisis de Color.** El color se midió utilizando la escala de

Hunter L, a\* y b\* un sistema de medición opoente que tiene la ventaja de ser eficiente en las mediciones del color.

**Análisis de Datos.** Los resultados obtenidos del análisis de color y textura fueron realizados por medio de un análisis de varianza (ANOVA) con el programa STATISTICA versión 4.2, y para la comparación de medias se utilizó el método de Duncan.

**Diseño del Experimento.** Se utilizó un Diseño Factorial en donde los factores son el tipo de empaque con 2 niveles y el tipo de solución con 3 niveles.

## RESULTADOS Y DISCUSIONES

### Efecto de los aditivos y el empaque con los parámetros de color L\*, a\* y b\* y para el color.

De acuerdo a los análisis de resultados, se observó que los parámetros L\* y a\* eran los más indicativos del cambio de color y del oscurecimiento enzimático en los diferentes tratamientos, lo cual coincide con los resultados obtenidos por Sapers y col.<sup>(8,9)</sup> y además también coinciden con los obtenidos por Meza Velásquez, J. A.<sup>(7)</sup>; por lo tanto, sólo estos dos parámetros se tomaron en cuenta en el efecto de los aditivos y empaque.

#### 1.- Análisis Inicial al primer día

##### Parámetro a\*

En el análisis inicial estadístico, mostrado en la tabla 1 y 2 de la respuesta en a\* se mostró una diferencia significativa ( $p < 0.001$ ) entre las muestras con H<sub>2</sub>O, CaCl<sub>2</sub> y la mezcla de CaCl<sub>2</sub> + H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> al igual que con el tipo de empaque de baja densidad y de alta densidad. Esta tendencia hacia el verde pudo ser debido a que el material del empaque no permitió una gran difusión del oxígeno hacia el interior, y por lo tanto se creó un micro ambiente anaerobio que produjo esta reacción.

| TIPO DE SOLUCIÓN                                   | a*        |
|----------------------------------------------------|-----------|
| H <sub>2</sub> O                                   | -2.8543a  |
| CaCl <sub>2</sub>                                  | -2.594b   |
| CaCl <sub>2</sub> + H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> | -3.06145c |

Tabla 2. Resultados del parámetro a\* para los empaques; análisis inicial

| TIPO DE EMPAQUE | a*      |
|-----------------|---------|
| Baja Densidad   | -2.897a |
| Alta Densidad   | -2.777b |

##### Parámetro L\*

La respuesta en L\* referida en la tabla 3 del análisis estadístico inicial resultó con una diferencia significativa ( $p < 0.0001$ ) en los tres tratamientos. Observando estos resultados se puede decir que las soluciones de CaCl<sub>2</sub> y H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> tuvieron una gran influencia en la respuesta de este parámetro, ya que al adicionarlas a las muestras se inhibe el oscurecimiento enzimático.

Tabla 3. Resultados del parámetro L para las soluciones; análisis inicial.

| TIPO DE SOLUCIÓN                                   | L*       |
|----------------------------------------------------|----------|
| H <sub>2</sub> O                                   | 66.6458a |
| CaCl <sub>2</sub>                                  | 68.7994b |
| CaCl <sub>2</sub> + H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> | 71.5367c |

#### 2.- Análisis Intermedio a los 7 días

##### Parámetro a\*

En la medición a los 7 días, el análisis estadístico de la respuesta en a\* (tabla 4) se mostró una diferencia significativa ( $p < 0.0001$ ) entre los tratamientos. Se puede apreciar cómo el valor positivo muestra que hubo un color rojizo, a diferencia de los valores negativos que tuvieron una tendencia al verde. El tipo de empaque no tuvo alguna diferencia significativa sobre este parámetro.

Tabla 4. Resultados del parámetro a\* para las soluciones; análisis intermedio.

| TIPO DE SOLUCIÓN                                   | a*       |
|----------------------------------------------------|----------|
| H <sub>2</sub> O                                   | 0.5962a  |
| CaCl <sub>2</sub>                                  | -0.4928b |
| CaCl <sub>2</sub> + H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> | -0.4164b |

##### Parámetro L\*

El análisis estadístico de la respuesta en L\* a los 7 días (tabla 5) resultó con una diferencia significativa ( $p < 0.0001$ ) entre los 3 tratamientos. Al igual que en el análisis inicial, observamos que las soluciones de CaCl<sub>2</sub> y H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> tienen un gran poder de retención de agua que favorece la disminución del oscurecimiento enzimático en las muestras.

Tabla 5. Resultados del parámetro L\* para las soluciones; análisis intermedio.

| TIPO DE SOLUCIÓN                                   | L*     |
|----------------------------------------------------|--------|
| H <sub>2</sub> O                                   | 63.27a |
| CaCl <sub>2</sub>                                  | 64.5a  |
| CaCl <sub>2</sub> + H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> | 67.16b |

### 3.- Análisis Final a los 15 días

#### Parámetro a\*

La respuesta en a\* del análisis estadístico a los 15 días (tabla 6) resultó con una diferencia significativa ( $p < 0.0001$ ) entre los tratamientos con  $H_2O$ ,  $CaCl_2$  y la mezcla de  $CaCl_2 + H_3PO_4$  la mezcla de  $CaCl_2 + H_3PO_4$  fue la que más inhibió el oscurecimiento enzimático debido a la combinación de estas dos soluciones, ya que las dos tienen acción de secuestrante de iones metálicos en los alimentos; de igual forma, la muestra con  $CaCl_2$  inhibió este oscurecimiento, pero menos que la de la mezcla de  $CaCl_2 + H_3PO_4$ .

Tabla 6. Resultados del parámetro a\* para las soluciones; análisis final.

| TIPO DE SOLUCIÓN                                   | a*      |
|----------------------------------------------------|---------|
| H <sub>2</sub> O                                   | 3.572a  |
| CaCl <sub>2</sub>                                  | 2.3781b |
| CaCl <sub>2</sub> + H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> | 1.4168c |

#### Parámetro L\*

El análisis estadístico de la respuesta en L\* a los 15 días (tabla 7) resultó con una diferencia significativa ( $p < 0.0001$ ) en los tres tratamientos con soluciones.

Tabla 7. Resultados del parámetro a\* para las soluciones; análisis final.

| TIPO DE SOLUCIÓN                                   | L*      |
|----------------------------------------------------|---------|
| H <sub>2</sub> O                                   | 59.89a  |
| CaCl <sub>2</sub>                                  | 62.268b |
| CaCl <sub>2</sub> + H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> | 63.889c |

### CONCLUSIONES

Se ha demostrado que el  $H_3PO_4$  combinado con el  $CaCl_2$  es una buena mezcla para la conservación de los alimentos, ya que existe un enlace fuerte entre el calcio y el fósforo que disminuye el oscurecimiento enzimático, aumentando la vida de anaquel de la papa troceada, en refrigeración. Esto es debido a que el  $H_3PO_4$  es un buen inhibidor del oscurecimiento enzimático, ya que tiene la finalidad de eliminar los iones metálicos que pueden tener alguna acción dañina sobre la estabilidad de los alimentos.

De igual forma, se comprobó que es efectivo como hidratante por su poder de retención de agua, y además el  $CaCl_2$  establece uniones iónicas con otras moléculas de la

pectina, formando pectato de calcio. Por ello, no sólo no permitió que la luminosidad de las papas troceadas se perdiera o disminuyera, sino que además de conservarla la aumentó. Al igual que en L\*, la respuesta en a\* fue favorable ya que disminuyó el oscurecimiento enzimático y las mantuvo hidratadas por un mayor tiempo.

El efecto que tuvo el empaque en la prevención del oscurecimiento enzimático fue poco significativo, ya que en los análisis resultó con poca influencia en la medición a los 7 y 15 días, mostrando sólo diferencias al primer día.

#### BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Salunkhe, D. K., Kadam, K. K., 1998. Handbook of Vegetable Science and Technology. Editorial Marcel Dekker, Inc. New York.
2. <http://www.agrarias.uach.cl/webpapa/pag14.html>. Diseños y Programación. Patricio A. Vidal V. 2003. Universidad Austral de Chile
- 3.- Gilleo, Ken. 2002. Area Array Packaging Handbook. Manufacturing and Assembly. Editorial McGraw-Hill. New York, New York.
- 4.- Fuña, T. E., 2001. Hand Book of Food Additives 2a Edition Vol. I. Intechmark Corporation. Palo Alto, California.
- 5.- Enríquez Guajardo, Mónica, 2002. Efectos del cloruro de calcio y pretratamiento térmico sobre la textura y color de la papa chip. Tesis de Licenciatura. Escuela de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma de Coahuila. Torreón, Coahuila.
- 6.- Badui Dergal Salvador, 1987. Química de los Alimentos. Editorial Alhambra México, S. A. de C. V. México D. F.
- 7.- Meza Velásquez, Jorge Armando, 1995. Evaluación de los efectos producidos en rebanadas de manzana por tres tratamientos para el control del oscurecimiento enzimático. Tesis de maestría, Universidad de Chihuahua. Facultad de Ciencias Químicas. División de Estudios de Posgrado. Chihuahua, Chih.
- 8.- Sapers, G.M. y Miller, R.L. 1992. Enzymatic Browning Control in Potato with Ascorbic Acid-2-Phosphates. J. of Food Science. 57:1132-1135
- 9.- Sapers, G.M. y Miller, R.L. 1993. Control of Enzymatic browning in Pre-peeled Potatoes by Surface Digestion. J. of Food Science. 58:1076-1078

# APROVECHAMIENTO de PROTEÍNAS de la SANGRE de CERDO

**Silvia Guadalupe Fernández**

**Michel**

Escuela de Ciencias Biológicas U.T.  
e-mail fernandezmichel@gmail.com

**Luz Vázquez Moreno**

lvazquez@cascabel.ciad.mx;

**Gabriela Ramos-Clamont Montfort**

gramos@cascabel.ciad.mx

La porcicultura mexicana es una de las actividades pecuarias de alta eficiencia productiva que se caracteriza por contar con suficiente capacidad instalada y grandes posibilidades de aumentar sus exportaciones de carne a Japón, Canadá, Taiwán y a los Estados Unidos de Norteamérica. Sin embargo, el crecimiento de esta industria debe ser sustentable y ampliamente comprometido con el medio ambiente.

Una de las etapas críticas para el medio ambiente en la industria pecuaria es la generación de desechos durante la matanza. En México, la mayoría de las plantas de sacrificio contamina agua mediante la descarga de sangre animal a sus efluentes líquidos. Se estima que la sangre de los rastros representa el 40% de la demanda bioquímica de oxígeno de sus aguas residuales. Debido a ello, se considera que el aprovechamiento de este subproducto contribuiría notablemente a la protección al medio ambiente.

Actualmente, la utilización racional de la sangre animal se realiza en muchos países desarrollados del mundo para la alimentación humana y del ganado, así como en los campos de la medicina y la industria farmacéutica.



En México, el uso de sistemas de sacrificio de mala calidad, el manejo deficiente y la falta de equipo adecuado para el procesamiento de subproductos contribuyen al escaso aprovechamiento de la sangre animal. Sin embargo, en

Sonora la industria porcina cuenta con un sistema de cría tecnificado y asesoría especializada en el campo de la nutrición, la genética y la sanidad. Adicionalmente, existe un riguroso control interno en las plantas de sacrificio Tipo Inspección Federal (TIF) y en gran parte de ellas la integración y adopción de sistemas avanzados de vigilancia de la calidad, como el análisis de riesgos y control de puntos críticos (HACCP).

Para comprobar la calidad de la sangre de cerdo producida en una planta TIF de Hermosillo, el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C (CIAD) llevó a cabo -en conjunto con Escuela de Ciencias Biológicas de la UA de C- un monitoreo microbiológico que comprendió del 2001 al 2003. Una vez comprobada la ausencia de patógenos bacterianos y virales, se procedió a fraccionar la sangre con el fin de utilizar sus proteínas.

En los países en desarrollo, las dietas deficientes en proteína representan un serio problema, pero su magnitud podría disminuirse por la adición de proteína de alto valor biológico a la dieta diaria. Una posibilidad es utilizar al pan como vehículo, debido a que es un alimento universalmente aceptado. La contribución nutricional del pan de harina de trigo es alta en cuanto al aporte de energía. Sin embargo, el aporte proteico fluctúa entre 9 y 16%, representando principalmente a gliadinas y gluteninas indispensables para las características reológicas del pan, pero deficientes en los aminoácidos esenciales lisina y treonina. Es por ello que se ha buscado aumentar el contenido proteico del pan con fuentes no convencionales como la soya, el garbanzo, el sorgo, el suero de leche y las proteínas de la sangre.

En alimentos, estas últimas se han utilizado como gelificantes de surimi, clarificadoras de vinos, estabilizadoras de quesos, emulsificantes de mantequillas y agentes colorantes de carnes. En productos de panadería se han utilizado las galletas como vehículo para la fortificación a base de proteínas de la sangre, observándose excelentes resultados en cuanto al valor nutricional del producto, aunque en algunos casos se presentan problemas



de dureza. En el caso de formulaciones panaderas se han utilizado tanto sangre entera como plasma bovino, siendo uno de los principales problemas la aceptación de los productos debido a la presencia de colores y sabores desagradables y a los cambios en la textura del alimento. Una buena estrategia para obtener productos aceptables es la de enmascarar el color utilizando chocolate. Este aditivo presenta la ventaja adicional de impartir sabores que gustan a la mayoría de la población. Además, es necesario eliminar la mayor cantidad de hierro presente en la sangre, con el fin de evitar reacciones de oscurecimiento y de oxidación.

Debido a lo anterior se inició una investigación con el fin de utilizar el suero bovino en productos de panadería. En la primera etapa se probó el uso de las proteínas del suero porcino en panqués de chocolate. Se sustituyeron niveles del 2 al 8 % de harina de trigo por suero porcino. Los panqués con 8 % de suero tuvieron el doble de proteínas que los controles y un aumento en el contenido de lisina del 40%. Además, no se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en el color y la textura de los panqués y se observó un incremento del 20 % en el volumen de los panes con 8 % de suero. Por último, un panel de 68 consumidores evaluó satisfactoriamente a estos panqués, prefiriéndolos sobre los panqués comerciales.

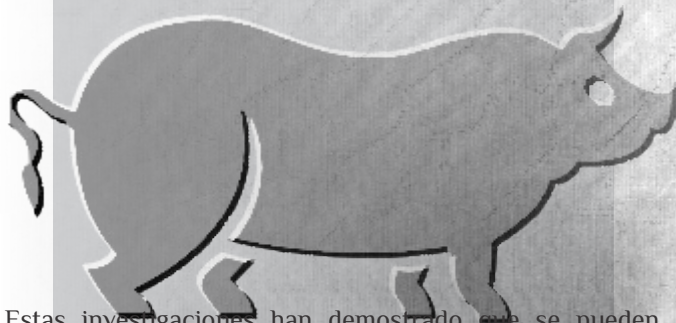


La segunda etapa se caracterizó por el fraccionamiento de las proteínas del suero en albúmina e inmunoglobulinas, utilizando cromatografía de interacción hidrofóbica. Las matrices cromatográficas utilizadas en esta investigación se sintetizaron en CIAD y en la Universidad de Arizona, en tanto que la Escuela de Ciencias Biológicas participó en la caracterización fisicoquímica y microbiológica de estas fracciones. Debido a que la fracción albúmina contiene de 94-96 % de proteína y a que presenta características de solubilidad, capacidad emulsificante y propiedades espumantes excelentes, se utilizó en la formulación de los panqués de chocolate, sustituyendo el 50 y el 100 % de la clara de huevo. Se evaluaron las mismas características que a los panqués sustituidos con suero porcino. Los resultados indicaron que los panqués en los que se sustituyó el 50 % de la clara por albúmina pueden competir exitosamente con los

# APROVECHAMIENTO de PROTEÍNAS de la SANGRE de CERDO

controles en sus características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales. Actualmente se trabaja para incorporar la fracción albúmina en salchichas, con la idea de mejorar la textura y el contenido proteico de este producto.

La fracción de las inmunoglobulinas también ha sido caracterizada; la cromatografía de interacción hidrofóbica ha permitido obtener en un solo paso el total de la IgG y la IgA y la mitad de la IgM contenidas en el suero porcino. Estas glicoproteínas se investigan con el fin de crear preparaciones que se utilizarán para prevenir las diarreas en lechones. Se ha encontrado que las estructuras oligosacáridas de sus moléculas interaccionan con las lectinas microbianas de enteropatógenos que atacan a los lechones. Esta interacción puede ser capaz de prevenir la adhesión de los enteropatógenos al tracto gastrointestinal del lechón, protegiéndolo de las diarreas.



Estas investigaciones han demostrado que se pueden utilizar las proteínas de la sangre de cerdo en la alimentación humana y en la prevención de enfermedades en los lechones. Los trabajos han sido apoyados por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) y por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT); con la colaboración entre la Escuela de Ciencias Biológicas y el CIAD se ha logrado una tesis de maestría para la formación de un docente y seis de licenciatura en las que han participado alumnos de la carrera de Ingeniería Bioquímica.

# SÍNTESIS ENZIMÁTICA DE POLÍMEROS CONDUCTORES

14

## Introducción

El empleo de catalizadores en el proceso de polimerización es crucial. Durante los pasados cincuenta años, el uso de varios catalizadores ha revolucionado la industria de los polímeros. Sin embargo, una nueva generación de catalizadores: los de tipo enzimático, aparece como un reciente campo de investigación, cambiando nuevamente las perspectivas de la industria de los polímeros.

La actividad catalítica de las enzimas está dirigida hacia reacciones muy específicas; por ejemplo, la peroxidasa de rábano (HRP) ha sido ampliamente utilizada por varios grupos de trabajo para la polimerización oxidativa de fenoles y anilinas en presencia de peróxido de hidrógeno.<sup>(1,2,3)</sup> La polimerización enzimática de anilinas, específicamente, ha sido estudiada como un proceso ambientalmente benigno y como una alternativa sintética más eficiente con respecto a las existentes.

**Enzimas.** Las enzimas son catalizadores biológicos de origen proteico con la misma acción que los catalizadores químicos; esto es, que asociadas a uno o más de los reactantes disminuyen la energía de activación necesaria para que una reacción se lleve a cabo. Por ello, pueden inducir incrementos en las velocidades de la reacción en un ambiente que es desfavorable para las reacciones químicas; por ejemplo, en agua como disolvente a pH=7 y 30°C. Las enzimas se encuentran entre los catalizadores conocidos más potentes ya que pueden producir incrementos en la velocidad de reacción de  $10^8$ - $10^{20}$ .

Polimerización enzimática de anilina utilizando peroxidasas. Las peroxidasas de origen vegetal, entre las que se incluyen la peroxidasa de rábano (HRP) y la

peroxidasa de soya (SBP), catalizan reacciones de oxidación de aminas aromáticas y fenoles en presencia de un agente oxidante para producir polímeros de alto peso molecular.<sup>(4)</sup> La Peroxidasa de rábano picante (HRP) es la más ampliamente estudiada debido a su elevada actividad y disponibilidad, ya que se encuentra con relativa abundancia en la raíz del rábano picante como una mezcla de isoenzimas. Entre ellas, la HRP-C -con un peso molecular de 44 kDa- es la más abundante. Por su parte, la peroxidasa de soya es una glicoproteína, compuesta de 326 aminoácidos y con un peso molecular aproximado de 37 kDa. Su estructura es muy similar a la HRP-C; comparte el 57 % de la secuencia de aminoácidos<sup>(5)</sup>, pero a diferencia de esta es mucho más resistente a la inactivación permanente por peróxido de hidrógeno y a la pérdida del grupo hemo. Tolerar temperaturas de 70°C hasta por 12 horas en medio acuoso sin sufrir disminución de su actividad catalítica<sup>(6)</sup>. Su gran estabilidad la hace ideal para aplicaciones en medio ácido o de elevada temperatura.



Es bien sabido que tanto la HRP como la SBP catalizan las reacciones de acoplamiento de derivados de fenol y de anilina, utilizando peróxido de hidrógeno en medio acuoso, dando lugar a la formación de especies oligoméricas y

posteriormente polímeros.

El método de síntesis enzimática de la polianilina (PANI) es muy atractivo, pues evita la generación de subproductos tóxicos debido a la alta selectividad de la enzima, resultando en un proceso benigno al medio ambiente. Las ventajas que presenta esta ruta sintética sobre procedimientos tradicionales de síntesis es que la mayoría de las síntesis enzimáticas son realizadas a presiones y temperaturas bajas; su velocidad de reacción es de dos a tres órdenes de magnitud mayor que la de los catalizadores inorgánicos, y usualmente no necesitan catalizadores adicionales y generan pocos subproductos. La alta selectividad de la reacción permite el control de la estructura química, además de que proporciona rendimientos tan altos como los otros métodos de síntesis. Sin embargo, existen factores que afectan la estructura del polímero formado, tales como: temperatura, pH y naturaleza del medio de reacción, por lo que se debe tener un estricto control de las condiciones de reacción para evitar la formación de polímeros ramificados con propiedades pobres de conductividad eléctrica.

Para eliminar los defectos estructurales de la PANI obtenida por el método enzimático, el presente trabajo propone la síntesis de este polímero en presencia de un material inorgánico poroso, como es el caso de la zeolita MCM-41, el cual le proporcione un ambiente de reacción restringido con el fin de dirigir la linealidad de las moléculas y por lo tanto mejorar sus propiedades de conductividad eléctrica.

## Metodología

La síntesis enzimática de PANI sobre los sustratos MCM-41 se llevó a cabo utilizando cantidades estequiométricas de anilina, ácido p-toluen sulfónico monohidratado (PTSA) y peróxido de hidrógeno. La reacción se realizó en 60 mL de agua destilada, a una temperatura de 0°C, con agitación constante y bajo atmósfera de nitrógeno. Para este proceso se utilizaron dos enzimas: la HRP y la SBP. Los tiempos de reacción fueron programados en función de la velocidad de adición de  $H_2O_2$  y de la cantidad de anilina contenida en los sustratos inorgánicos. Los productos obtenidos como resultado de la polimerización enzimática de anilina utilizando plantillas fueron lavados con agua destilada, seguido de un lavado con metanol para eliminar los residuos de monómero sin reaccionar y los oligómeros formados durante el proceso.

Los materiales compuestos preparados fueron caracterizados por espectroscopía Ultravioleta-Visible (UV) para poder determinar la estructura química de la PANI. Con este fin, los materiales PANI fueron disueltos en NMP. Para confirmar la estructura química de la PANI, los materiales fueron caracterizados por Espectroscopia Infrarroja (FTIR) en forma de pastilla con KBr. Además, se

realizaron análisis: termo-gravimétrico y análisis superficial por fisisorción de nitrógeno a 77K.

## Resultados

Los espectros de UV-visible de la PANI sintetizada con ambas enzimas muestran una estructura típica de emeraldina base (figuras 1 y 2) que es la forma conductora de la PANI. Puede observarse que en la síntesis con SBP, los valores de la relación de intensidad entre las bandas I y II del espectro, relacionada con el estado de oxidación de la PANI (alrededor de 1.2 para la PANI sintetizada con SBP, y entre 1.4-1.6 para la sintetizada con HRP), concuerdan con los valores reportados para la emeraldina con estructura lineal sintetizada por el método químico (1.23)<sup>[6]</sup>.

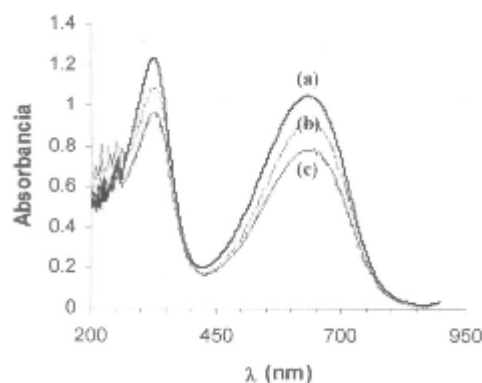


Figura 1. Espectro de UV-Vis de PANI sintetizada con tamaño de (c) 22 Å.

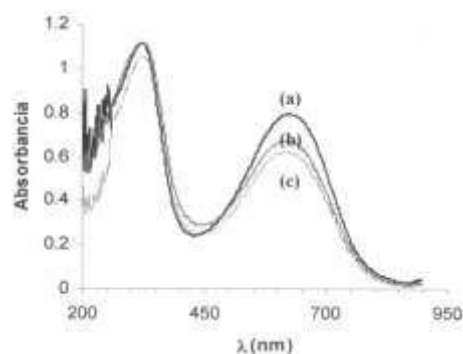


Figura 2. Espectro de UV-Vis de PANI con SBP en MCM-41 con tamaño de poro (a) 28, (b) 37 y sintetizada con HRP en MCM-4 poro (a) 22, (b) 28 y (c) 37 Å.

El análisis por espectroscopia infrarroja del polímero sintetizado en los sustratos MCM-41 con diferentes diámetros de poro mostró las señales características de la PANI en 1300, 1560 y 1600  $\text{cm}^{-1}$  para las muestras sintetizadas con HRP y con SBP, como puede observarse en la figura 3.

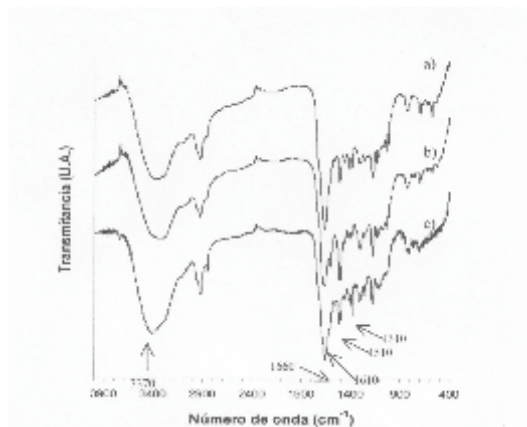


Figura 3. Espectros de FT-IR de PANI sintetizada con HRP en MCM-41 con tamaño de poro (a) 22, (b) 28, (c) 37 Å.

El análisis termogravimétrico reveló un contenido de polímero, depositado en los sustratos, de entre 20 y 50% en peso y un rendimiento de reacción de alrededor de 80% en la síntesis con SBP y de 40% con HRP. Ello es debido a que la enzima SBP presenta una mayor estabilidad a pH ácido al cual se llevan a cabo las reacciones de síntesis. Por otro lado, el volumen de poro de las muestras inorgánicas, calculado por la técnica de fisisorción de  $\text{N}_2$  a 77 K mostró una disminución considerable, en algunos casos de hasta un 85% al ser depositada la PANI; esto comparado con los valores calculados en los sustratos puros.

Los valores de conductividad eléctrica fueron calculados por espectroscopia de impedancia eléctrica, encontrándose que los materiales MCM-41/PANI con contenido de polímero del 50% en peso presentan conductividades de hasta 0.2 S/cm, lo que indica que este material puede ser utilizado como semiconductor eléctrico.

## Conclusión

En conclusión, la síntesis enzimática de PANI en los sustratos MCM-41 permite obtener polianilina en su estado de oxidación emeraldina con una estructura lineal libre de defectos estructurales, como muestran los resultados por espectroscopia UV-Visible e IR, lo cual indica que el polímero obtenido puede presentar propiedades de conductividad eléctrica. A través de la disminución de los

volúmenes de poro de los sustratos inorgánicos, después de depositar la PANI, se comprueba la presencia de este polímero en el interior de los poros, por lo que se puede decir que el espacio restringido de los poros de los sustratos MCM-41 evita la formación de ramificaciones sin haber variaciones importantes cuando se trabaja con sustratos de poros entre 22 y 37 Å. Los rendimientos de las reacciones son similares a los reportados por el método de síntesis química en el caso de la síntesis con SBP, por lo que se recomienda trabajar con esta enzima para futuros trabajos.

1 B. C. Saunders, A. G. Holmes-Siedle, B. P. Stark. Peroxidase. Butterwoths, London, 1964.

2 H. B. Dunford, J. S. Stillman. Coord. Chem. Rev. 1976, 19, 187.

3 B. Halliwell J. de Rycker. Photochem. Photobiol. 1978, 28, 757.

4 S. Kobayashi. J. Polym. Sci., Part A: Polym. Chem. 1999, 47, 3041.

5 K. Smith, N.J. Silvernail, K.R. Rodgers, T.E. Elgren, M. Castro, P.M. Parker, I. Am. Chem. Soc. 2002, 124, 4247. b) C.R. Lloyd, E.M. Eyring, Langmuir 2000, 16, 9092.

6 J.P. McEldoon, J.S. Dordick, Biotechnol. Prog. 1996, 12, 555

# Alimentos funcionales = ¿Moda actual para la salud humana?

Norma Margarita de la Fuente Salcido  
Escuela de Ciencias Biológicas U.T.

17

En la actualidad, el desarrollo de nuevos productos alimenticios está marcado por las exigencias de los consumidores, debido a la creciente preocupación por adquirir productos que beneficien la salud, ya sea de manera preventiva o curativa.

Esta tendencia es impulsada formidablemente por los medios de comunicación que continuamente invaden con mensajes que describen y exaltan el beneficio que el alimento en boga puede aportar al bienestar y la salud del organismo. Por ejemplo, quién no ha escuchado en los medios de comunicación la publicidad que advierte: “Tu cuerpo necesita fibra”, “La vida es como te la tomas”, “Energía para ganar”, “Producto que te revitaliza naturalmente”, “Bajo en grasa, bajo en colesterol”, etc. De esa manera “alimentan” el interés de los consumidores ávidos por obtener la dieta óptima para el mantenimiento de su salud, el aumento de su longevidad y -al mismo tiempo- la disminución en el consumo de alimentos procesados.

Lo anterior conduce a preguntar sobre qué productos se pueden considerar como alimentos funcionales; qué ingredientes (sustancias) contienen, si están sujetos a alguna regulación especial o si indudablemente aportan beneficios a la salud. De aquí es posible formular algunas respuestas:

**Alimento funcional.** En Japón, en los años 80, se acuñó este término para los alimentos procesados (cuyos ingredientes desempeñan una función específica en las funciones fisiológicas del organismo humano) publicado por la reglamentación para los "Alimentos para uso específico de salud" ("Foods for specified health use" o FOSHU)<sup>(1)</sup>.

Existen otras categorías de alimentos como los nutraceuticos y los fitoalimentos que también promueven el bienestar del organismo y pueden llegar a 'confundirse' debido al valor nutricional adicional que prometen, pero principalmente debido a la escasa difusión de información especializada, lo que provoca que en nuestro país se utilicen indistintamente estos calificativos.

**Nutraceutico.** Suplemento dietético que proporciona una forma concentrada de un agente presumiblemente bioactivo de un alimento presentado en una matriz no alimenticia y utilizado para incrementar la salud en dosis que exceden aquellas que pudieran ser obtenidas del alimento normal<sup>(2)</sup>.

**Fitoalimento.** Son alimentos que contienen sustancias provenientes de vegetales (frutas y verduras) y que al ingerirse en gramos en la dieta diaria muestran un potencial en la modulación del metabolismo humano<sup>(3,4)</sup>.

Con respecto a los componentes o ingredientes comunes y reconocidos en los alimentos funcionales encontramos los  $\beta$  carotenos de zanahoria que neutralizan los radicales libres extremadamente dañinos para las células; el licopeno, encontrado en el tomate, que minimiza el riesgo de padecer cáncer; los limonoides, extraídos de cáscaras de cítricos, los cuales protegen el tejido pulmonar, y las fibras insolubles de la cáscara de trigo que previenen el cáncer de intestino,

entre otros.

### Nuevos productos alimenticios generados en la ECB

En el área de desarrollo de nuevos productos alimenticios a partir de materias primas no convencionales y con características funcionales, en la Escuela de Ciencias Biológicas fue posible elaborar y caracterizar fisicoquímica y microbiológicamente un yogurt adicionado con gel de sábila (Aloe vera) ya que se ha comprobado que este elemento proporciona beneficios principalmente sobre el sistema inmune y la salud.<sup>(5,6,7)</sup> Las pruebas sensoriales<sup>(10,11)</sup> demostraron que también representa una excelente alternativa agradable al consumidor habitual de estos productos lácteos.



Asimismo, se ha diseñado otro tipo de alimentos funcionales como yogurt adicionado con nopal (**Opuntia spp**) ampliamente utilizado para personas con problemas de diabetes, al igual que el flan con gel de sábila; se ha procesado y evaluado sensorialmente un postre tipo gelatina con extracto de granada (**Punica granatum L**)<sup>(8,9)</sup> rico en antocianósidos y al que se atribuye acción inhibidora de la oxidación. Además, se inició el desarrollo de cereales adicionados con clorofila y nopal, y actualmente se proyecta la caracterización de otros elementos con propiedades funcionales o nutraceuticas.

De acuerdo con lo expuesto, se puede concluir que el consumidor común es exigente y cada vez está más interesado por entender las funciones que los alimentos o sus ingredientes “juegan” en la prevención de enfermedades. Sin embargo, nunca dejará de lado que en un alimento busca buen aspecto y presentación, calidad sensorial<sup>(10,11)</sup> y propiedades funcionales que le ofrezcan beneficios contra alguna deficiencia fisiológica.

Por lo anterior, es importante incursionar en el estudio particular de los alimentos funcionales porque tienen el gran reto de nutrir, pero también la responsabilidad de diseñar y ofrecer nuevos productos que sean sensorialmente aceptables, naturales y económicos para contribuir al bienestar de la salud.



- 1) Arai, S.- 1996. Studies on functional foods in Japan. State of the art. Biosci. Biotech. Biochem. 60: 9-15.
- 2) Seisel, S.- 1999. Regulation of “nutraceuticals”. Science 285: 1853-1855.
- 3) Astiasaran, L., y A. Martínez.- 1995. Alimentos ecológicos y transgénicos. 1ª Edición en Alimentos, composición y propiedades. Cap. 16. 357-364.
- 4) <http://www.fitoterapia.net/vademecum/plantas/380.html>
- 5) Wang Y.T. and Strong K. 1995. A two year study monitoring several physical and chemical properties of file grown aloe barbadensis miller leaves. Subtopical plant science. 47:34-38.
- 6) Teradaira R. and Shinzato M. 1993. Antigastric ulcer effects in rats of aloe arborescens miller. Phytotherapy research. 7:36.
- 7) Pittman John, C.- The immune enhancing effects of Aloe. Healt consciouness. 13:1.
- 8) <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/morton/pomegranate.html>
- 9) <http://www.granada.org/internet/arboles.nsf/0/0505dbc6c8c3f51fc12568c0002b3a35?OpenDocument>
- 10) Anzaldúa Morales A. 1994. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Editorial Acribia. Zaragoza, España. 18-22.
- 11) Pedrero D. y Pangborn R.M. 1989. Evaluación sensorial de los alimentos. Métodos analíticos. Editorial Alambra Mexicana, S.A. de C.V. México D.F. 15-18.

**Lorenzo Martínez Medina**  
Colaborador de la CGEPI, UA de C,  
Saltillo, Coahuila, México.

# Transgénicos en DEBATE

El nuevo patrón de generación y uso de las nuevas tecnologías de la ingeniería genética y de la biotecnología ha ocasionado un intenso debate sobre las implicaciones que tiene a nivel mundial para todos los agricultores, los consumidores, la seguridad y la soberanía alimentaria de los países. Tal vez uno de los puntos más importantes del debate es la pérdida de los agricultores y de los gobiernos de la capacidad para regular estas nuevas tecnologías. Las evidencias en torno a la producción de transgénicos es más que sintomática de lo que se viene conformando con este nuevo patrón de desarrollo tecnológico. Una empresa transnacional, Monsanto, tiene el control de la tecnología y de la semilla del 80 % de la superficie total mundial sembrada con cultivos transgénicos; cuatro veces más que el resto. No obstante que la expansión de estas tecnologías ha resultado mucho menor de lo que se anticipó en los años noventa, la superficie sembrada con cultivos transgénicos ha crecido a una tasa del 16% anual.<sup>(1)</sup>

Los transgénicos, llamados también Organismos Genéticamente Modificados, o Manipulados, como les llaman algunos de sus críticos, (OGMs), son aquellos a los que se han injertado genes de otras especies utilizando la ingeniería genética, a fin de generar propiedades ajenas a su estructura natural, tales como resistencia a ciertas plagas o enfermedades, a los agroquímicos, al frío y otras más. Así se trasladan, por ejemplo, genes de una planta a un animal o viceversa. La literatura registra que en 1973 los investigadores Cohen y Boyer, de las universidades de California y Stanford, respectivamente, produjeron el primer organismo resultado de la recombinación de partes de su ADN (ácido desoxirribonucleico, macromolécula integrada linealmente por discretas unidades llamadas genes), hecho que se considera el comienzo de la ingeniería genética.

Después de años de intenso cabildeo, las corporaciones semilleras estadounidenses lograron a que a partir de 1985 las tecnologías de ingeniería genética tengan la protección de derechos de propiedad intelectual mediante una patente

gubernamental. Como si se tratara de una nueva creación, ese derecho permite a los autores considerarse dueños de todo el germoplasma; esto es, de todos los genes que constituyen una variedad de plantas o de animales, no obstante que la innovación reclamada sólo represente la presencia adicional o sustitución de algunos genes. Quien use posteriormente la semilla de los transgénicos debe pagar una regalía a la empresa que haya obtenido la patente. Relacionado con este tipo de apropiación, la literatura registra el caso de una empresa estadounidense que mediante una simple selección de plantas dentro de la variedad de frijol amarillo mexicano decidió patentar su logro, bautizándolo como variedad "Enola". Ello le autorizó a demandar el pago legal de la regalía correspondiente a una empresa mexicana que exportaba la semilla a los Estados Unidos.

Las empresas bajo estos criterios han venido colectando plantas y microorganismos en todo el mundo que usan para mejorar y patentar variedades y fármacos derivados. Observadores de estas acciones las califican como piratería, realizada particularmente en centros de mayor biodiversidad, como el caso de México.

En el uso de los transgénicos también se han detectado riesgos para la salud y el medioambiente que atañen no solamente a los productores agropecuarios sino también a toda la sociedad.

Monsanto, la empresa de semillas y agrobiotecnología más grande del mundo, recientemente<sup>(2)</sup> ha decidido usar la tecnología “Terminator” que incorpora a sus semillas un gene para que produzcan semillas estériles; es decir, que no puedan germinar, con objeto de que los agricultores no las siembren y tengan que comprar semillas cada ciclo. Esta tecnología la desarrolló inicialmente el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos en colaboración con la empresa Delta & Pine Land. Frente a la oposición mundial a esta tecnología, la Monsanto se comprometió públicamente a no comercializar semillas “Terminator”. No obstante, ahora señala que sólo mantendrá ese compromiso en cultivos alimenticios, pero no en cultivos como algodón, tabaco, pastos y los que producen fármacos. La acción se considera parte de la estrategia empresarial mundial en un esfuerzo por eliminar la moratoria de facto establecida en el Convenio de Diversidad Biológica de las Naciones Unidas y en respuesta a los movimientos de agricultores en contra de los transgénicos.

La Comisión Europea, cuerpo ejecutivo de la Unión Europea con una membresía de 25 países, se mantiene firme en su exigencia de etiquetado de alimentos que contienen transgénicos<sup>(3)</sup> frente a un reporte de la Organización Mundial del Comercio (WTO) que critica la restricción europea. La posición de la WTO a su vez ha sido agudamente criticada por los grupos ambientalistas debido a los riesgos a la salud que representan ese tipo de alimentos. Francia, Grecia, Alemania, Italia y Luxemburgo tienen establecidas medidas más estrictas que las que establece la Unión Europea.

El genetista Buiatti<sup>(4)</sup> concluye que los transgénicos han resultado ser un fracaso en cuanto al número y calidad de productos de variedades generadas por métodos tradicionales; son los transgénicos más bien producto de la estrategia de construcción de un “ideo tipo óptimo” para una agricultura homogénea controlada completamente por las corporaciones semilleros de los países industrializados. El autor propone la aplicación de principios de la biología moderna con cambios drásticos en las regulaciones del mercadeo mundial, ligados a la conservación de la variabilidad agrícola en los diferentes contextos socioeconómicos y ambientales para aprovechar la riqueza de las tradiciones culturales.

Desde la perspectiva de las ciencias sociales se debate en torno al significado y el uso de los vocablos utilizados a favor y en contra de los transgénicos. Señalan que las palabras empleadas son embriones de ideas, germen del pensamiento, estructura de las razones; su contenido excede la definición oficial y simple de los diccionarios.<sup>(5)</sup> Las palabras no sólo significan, también evocan; se han impregnado de un poder seductor. Las favoritas de los que están a favor de los transgénicos son, por ejemplo, mejorar

el valor nutricional y la calidad de vida. Los términos **nosotros** y **nuestra** se usan para acercarse al público; para lograr que se identifique con la percepción del locutor, no obstante lo vago de la expresión: ¿quiénes somos nosotros? Monsanto enfatiza su compromiso con el diálogo, pero es difícil imaginarse que cambie su estrategia hacia el público o las ONGs, ya que su responsabilidad primordial es con sus inversionistas. Naturalmente, los opositores a los transgénicos tienden a valerse precisamente de las palabras que prefieren evitar los que están a favor. Se enaltece, en cambio, la percepción del argumento y se ganan aliados con palabras como Justicia, Paz, Democracia, Respeto.

A partir de las consideraciones anteriores, es pertinente que nos interese en este debate por tratarse del futuro desarrollo de la agricultura, la alimentación, la salud y en general del bienestar de la sociedad.



De Lorna Hynes. 2005. CENTINELA y RAPAL VE

1 Ver James Clive, 2003. Global Status, Global Status of Commercialized Transgenic Crops: 2003. International Service for Acquisition of Agri-biotech Applications. ISAAA Briefs. Preview. No. 30. Ithaca, N.Y. <http://www.agbiotech.net.com>.

2 [www.BanTerminator.org](http://www.BanTerminator.org). Feb. 21, 2006.

3 New York Times. 2006. Paul Miller, Europe Defends Stance on Genetically Altered Foods.

4 Buiatti, M. 2005. Biologies, Agricultures, Biotechnologies. Tailoring Biotechnologies. Wageningen. The Netherlands.

5 Lorna Haynes. 2005. CENTINELA y RAPAL-VE.

# SOTOL: una planta con PASADO, PRESENTE y FUTURO

Emma Berenice Herrera Ramírez, Raúl Rodríguez Herrera\*, Cristóbal Noe Aguilar,  
Juan Carlos Contreras Esquivel y Heliodoro de la Garza Toledo.

Departamento de Investigación en Alimentos, Facultad de Ciencias Químicas.

\* Correspondencia rrh961@hotmail.com

## Conociendo el Sotol

El Sotol (*Dasyllirion ssp.*) es una planta perenne, policárpica y semicilíndrica grande que adquiere esta forma al ir desarrollando sus hojas muy angostas del centro hacia la periferia. Las hojas más viejas no caen al morir, sino que forman parte del tallo para protección y soporte. El tallo no es muy alto, aunque algunos individuos de edad avanzada pueden alcanzar hasta 3 metros, y contar con cabezas o piñas de más de 100 kilogramos de peso, siendo más comunes en Coahuila las de 80 kg.<sup>(4,5)</sup> No se sabe cuál es la longevidad de la planta, pero se conoce que algunas de ellas cultivadas en jardines o invernaderos llegan a vivir más de 150 años.

La planta se caracteriza por ser dioica, ya que existen machos y hembras. Ambos sexos cuentan con un escapo que puede ser muy alto; en la parte superior se encuentran los estambres en los machos (tienen como tipo espinas) o los pistilos en las hembras (que carecen de esas estructuras).<sup>(5)</sup> Por el número de estructuras sexuales que tienen en sus escapos se sabe que producen una cantidad considerable de semillas, pero se estima que un ciclo de formación de semillas completo ocurre cada seis años, pues se disminuyen las probabilidades de reproducción al ser transportado el polen por el aire hacia los pistilos de una planta hembra (proceso en el cual se pierden muchas células gaméticas masculinas), y además porque la producción de semillas no es constante cada año.<sup>(5)</sup>

## El Sotol en Coahuila

Las especies del género *Dasyllirion* se desarrollan en territorios como el sur de Texas, Chihuahua, Coahuila y toda la extensión conocida como El Desierto Chihuahuense. En México se han identificado cerca de 16 especies, y particularmente en Coahuila se han reconocido alrededor de 6 ó 7 especies. De ellas, las que tienen mayor importancia económica -debido a su mayor diámetro de piña y por consiguiente al alto contenido de carbohidratos- son las

especies: *Dasyllirion* duranguense, la cual predomina en la región de La Laguna, y se aprovecha principalmente para producir bebida alcohólica; *Dasyllirion cedrosanum*, ubicada particularmente en el centro y sur del estado, siendo la de mayor utilidad para la fabricación de la bebida alcohólica en comparación con la anterior, por el tamaño de la piña; *Dasyllirion wheelerii*, que prevalece en el norte del estado, principalmente, y que también sirve para fabricar el licor, así como *Dasyllirion acrotiche* de donde se aprovecha más la fibra para hacer diversos materiales.<sup>(5)</sup>

Las especies de *Dasyllirion* con riesgo de desaparecer debido a que crecen en zonas muy restringidas -y además porque no son propias para utilizarse como materia prima en la industria del sotol por el tamaño de planta, y en consecuencia de piña mas pequeña- son las especies *Dasyllirion texanum* que se encuentra desde Texas hasta el sur de Monclova; *Dasyllirion berlandieri* var. *Berlandieri* que se restringe a los bosques de Arteaga, y dos subespecies de *Dasyllirion leiophyllum*: var. *Leiophyllum* y *Galucum* que se encuentran en Francisco I. Madero, Ocampo, parte de Sierra Mojada y en Monclova, respectivamente.<sup>(6)</sup>

## ¿Por qué es importante el Sotol?

Esta planta ha tenido una larga influencia económica en las regiones donde crece de manera natural y endémica, dado que desde los tiempos prehispánicos ha sido utilizada como fuente de alimento para humanos (se consumía el fruto inmaduro, guisado), y para el ganado, ya que las cabezas y las bases de las hojas se utilizaban para alimentarlo en épocas de sequía, debido a que su alto contenido de carbohidratos es suficiente para mantener al ganado vivo. Asimismo, por las propiedades de su fibra se ha utilizado como soporte para fabricar papel, y por su capacidad impermeable es usada para hacer techos de viviendas,

productos artesanales como cestos y petates, entre otros. Algunas especies tienen en la base de las hojas una forma peculiar que recibe el nombre de cucharitas, las cuales se usan como utensilios decorativos del exterior e interior de ranchos, pueblos e iglesias, particularmente en fiestas religiosas; además, sirve como planta ornamental en plazas públicas e iglesias, y mayormente es utilizada para la producción de una bebida alcohólica tradicional llamada también sotol.<sup>(5,1,3)</sup>

La bebida “sotol” es obtenida a partir de las piñas de la planta y se fabrica a escala industrial de la siguiente manera: a las plantas maduras cosechadas se les retiran las hojas y sólo se dejan las cabezas, las cuales son parcialmente hidrolizadas o cocidas para después ser “estrujadas” o molidas; el producto de esta molienda (el jugo) -rico en carbohidratos- es el que se somete a fermentación alcohólica, ya sea por cepas comerciales de levaduras o con las cepas que contiene este jugo. Después de este proceso, el fermento obtenido es destilado en torres de cobre y posteriormente envasado o diluido con agua potable o desmineralizada, dependiendo de la concentración de alcohol requerida.<sup>(2)</sup>

### Presente y futuro del Sotol en México

A partir del año 2002 se otorgó la Denominación de Origen tanto de la materia prima como de la marca comercial de la bebida “Sotol” a los estados de Coahuila, Durango y Chihuahua, por medio de la “Declaración de protección a la Denominación de Origen Sotol” publicada en el Diario Oficial de la Federación el 8 de agosto del 2002. Estos estados constituyen en conjunto el área donde crece la planta de manera endémica, y por consecuencia a lo largo de la historia han realizado su explotación con mayor influencia en la sociedad. El uso de la planta para fabricar la bebida alcohólica en México es regulado por las normas NOM-005-RECNAT-1997, NOM-007-RECNAT-1997<sup>(1)</sup> y la NOM-159-SCFI-2004.

A partir de la Denominación de Origen, en los últimos años se ha incrementado considerablemente la demanda y por ende la producción industrial de esta bebida tradicional a partir de especies de **Dasyilirion**. Debido a que ha aumentado el número de solicitudes para el aprovechamiento de la especie y se han otorgado permisos para que algunas comunidades rurales empiecen su explotación comercial para elaborar la bebida, se prevé que en el futuro inmediato se incremente aún más la presión sobre la planta.

Esto pone en riesgo a las diferentes especies que no son aptas para utilizarse como materia prima, así como aquellas que sí lo son, pues se desconoce la diversidad genética entre las poblaciones de esta especie y la variación genética

dentro de las poblaciones de plantas de sotol. Además, para una explotación comercial sustentable y sostenida es necesario definir los diversos parámetros de producción como son la identificación de las mejores cepas de microorganismos que le confieran el buqué característico a esta bebida, la definición del mejor proceso de fermentación, y la identificación de las enzimas que intervienen en la degradación del mosto.

Son todavía muchos los aspectos en los cuales se tendría que trabajar; sin embargo, personal de algunas instituciones como la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro ya han identificado las regiones de mayor concentración de la planta de sotol en el estado de Coahuila; el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias ha establecido algunos parámetros para la producción agrícola, y la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Coahuila trabaja en algunos de los parámetros mencionados, además de que se ha concluido un estudio sobre la identificación y caracterización de los principales componentes químicos de dicha bebida.<sup>(7)</sup> En este trabajo, además de los investigadores de la FCQ-UA de C, intervinieron investigadores de la Universidad de Burgos, España, y del CINVESTAV-Irapuato.

Sin duda, uno de los aspectos más importantes que en un futuro cercano se tiene que considerar es el estudio de la diversidad genética dentro de las poblaciones de sotol, lo cual permitiría seleccionar los mejores genotipos para la

### Bibliografía

1. Dasyilirion cedrosanum. Disponible en [http://www.semarnat.gob.mx/pfnm3/fichas/dasyilirion\\_cedrosanum.htm](http://www.semarnat.gob.mx/pfnm3/fichas/dasyilirion_cedrosanum.htm)
2. Producción del sotol. Disponible en <http://www.vinomex.com.mx/produccion.htm>
3. Sotol (Dasyilirion wheelerii). Disponible en [www.saguaro-juniper.com/.../agaves&yuccas.html](http://www.saguaro-juniper.com/.../agaves&yuccas.html)
4. Bogler, D. J. Thesis of Doctor of Philosophy. “Taxonomy and phylogeny of Dasyilirion (Nolinaceae)”. The University of Texas at Austin. August, 1994.
5. Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial. “**Declaración de Protección a la Denominación de Origen Sotol**”. Diario Oficial de la Federación. 2 de agosto del 2002. Páginas 95-98.
6. López Barbosa, L. A. y L. Portes Vargas. “El sotol, una planta muy especial. Manual del productor”. Proyecto Integral del Sotol. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Secretaría de Fomento Agropecuario. Noviembre 2002. pp. 4-12
7. Buendía, J. y H. de la Garza. Variation of the chemical composition in commercial sotols and their relation with its

# ANTICONCEPCIÓN DE EMERGENCIA

23

**Oscar Guerrero Sepúlveda**

Departamento de Investigación  
Facultad de Medicina. U. S.

En ciertos grupos étnicos o sociales, el embarazo adolescente puede ser una elección de vida positiva; en cambio, para muchas chicas el costo puede ser muy alto, especialmente cuando dicho embarazo se da en condiciones de pobreza. Asimismo, es importante apuntar que los adolescentes suelen ser usuarios deficientes de los métodos de barrera y hormonales, ya que el condón continúa siendo el método anticonceptivo de elección.

Es en este contexto que se ha desarrollado (y ya se utiliza en muchos países) la llamada “anticoncepción de emergencia” que tanta polémica desata para el especialista en salud. Por ello, es necesario conocer no sólo los fundamentos farmacológicos sobre los que se cimienta la acción de estos formulados, sino también entender, en perspectiva, la importancia social que reviste su utilización.

## **Fundamentos de la anticoncepción de emergencia**

Los anticonceptivos de emergencia se usan para prevenir embarazos no deseados después de haber tenido relaciones sexuales no protegidas. En Estados Unidos se ha estimado que si todas las mujeres en este caso utilizaran la anticoncepción de emergencia, casi la mitad de los tres millones de embarazos no deseados que ocurren anualmente podrían ser evitados, pues - de hecho- el uso de este método anticonceptivo postcoital evitó un poco más de 51 000 abortos inducidos en el 2000.

## **¿Cómo funciona la anticoncepción de emergencia?**

De origen, las pastillas de emergencia fueron fabricadas con base en una formulación combinada de estrógenos y progestina. Cada píldora contenía las mismas hormonas que se encuentran en los anticonceptivos orales tradicionales, sólo que en dosis altas. Este producto fue comercializado hasta el verano de 2004, cuando se sustituyó por la formulación que actualmente está disponible: el llamado “Plan B” o formulación con base de progestina, únicamente, que consiste en dos tabletas de

levonorgestrel de 0.75 mg cada una.

Esta formulación es más efectiva y causa menos náusea y vómito que la anticoncepción de emergencia combinada. Las instrucciones del paquete del “Plan B” indican que la primera tableta debe ser tomada 72 horas después de haber tenido la relación sexual no protegida, debiéndose ingerir la otra tableta 12 horas después. Sin embargo, en lo que a la prevención del embarazo se refiere, parece que tomar las dos tabletas juntas puede ser igualmente efectivo que el método de dividir la dosis. También se sugiere que el “Plan B” pudiera ser efectivo cuando se emplea hasta 5 días después de la relación sexual no protegida.

De este modo, uno de los nombres que se le da a la anticoncepción de emergencia, la “píldora del día siguiente”, suele dar una idea errónea del proceso a seguir, ya que -como se indicó- su uso debe ser 72 horas después de la relación sexual.

Por otra parte, es conveniente distinguir este tipo de formulaciones y estrategias anticonceptivas que buscan evitar un embarazo, con aquellas encaminadas a terminar un embarazo ya establecido, como es el caso de las píldoras RU-486<sup>a</sup> base de mifepristona (la “píldora abortiva francesa”). Igualmente, debe entenderse que la anticoncepción de emergencia no debe utilizarse como sustituto de los métodos anticonceptivos de uso cotidiano en mujeres que son sexualmente activas, o que planean volverse sexualmente activas, ya que no es tan efectiva como estos últimos.

Lo que hace la anticoncepción de emergencia es reducir el riesgo de un embarazo luego de que un método principal de anticoncepción ha fallado. Por ejemplo, que se haya deslizado un condón o cuando la relación haya sido no protegida. La anticoncepción de emergencia actúa al prevenir la ovulación, fecundación o implantación, pero no tiene efecto sobre un huevo implantado. Por ello, la anticoncepción de emergencia no es aborto, ya que de acuerdo con los lineamientos de diversas organizaciones médicas la vida comienza con la implantación del huevo (óvulo fecundado). De esta manera, si el método se utiliza en las etapas tempranas de embarazo, ni la mujer ni el embrión han de sufrir daño alguno.

Cabe señalar que a pesar del potencial antiembarazo que tiene y la polémica que desata, la anticoncepción de emergencia todavía no es tan utilizada como podría pensarse. Estadísticas de Estados Unidos refieren que en 2003 sólo el 5% de las mujeres en edad reproductiva reportaron haberla utilizado alguna vez. El parteaguas para su uso, sin embargo, podría ser la aceptación que ya se ha dado en varios países de que, para su venta, no se requiera de receta médica.

El tema de la salud y de las decisiones reproductivas es controvertido, toda vez que entran al juego condiciones ideológicas y sociales de gran envergadura.



# La diabetes Mellitus tipo 2. La traición de los genes a nuestros excesos

25

**Ernesto A. Ovalle Zavala**

Jefe de Investigación, Facultad de Medicina, US  
Director del Centro Universitario de Atención al  
Paciente Diabético

La Diabetes Mellitus es una enfermedad muy común en el mundo; no respeta razas, género, edades ni posición social. Es un problema de salud pública que condiciona múltiples complicaciones y termina con la vida del sujeto que la padece.

Los dos tipos de Diabetes que habitualmente se diagnostican tienen una diferencia importante en las causas que la originan. La Diabetes Mellitus tipo 1 es producida por un reconocimiento anómalo de nuestras células de defensa a las células pancreáticas productoras de la hormona insulina, lo que se traduce en la disminución de su producción hasta nulificarse las concentraciones en sangre. En obvio de circunstancias, la pérdida de la insulina conduce a una elevación de las concentraciones sanguíneas de glucosa, debido a que esa hormona es la encargada de regular la entrada de dicho energético a las células para que se almacene o se utilice de forma inmediata.

Por otra parte, la Diabetes Mellitus tipo 2, además de ser la más común, tiene una relación causal más complicada. Las causas más importantes se resumen en un proceso evolutivo de nuestro organismo en respuesta a la obtención de los energéticos que en forma paralela coinciden con la evolución de la cultura. Si nos remontamos a la prehistoria, la raza humana dependía para sobrevivir de la obtención de energéticos mediante la recolección de frutos o la caza de animales; durante cientos o algunos miles de años el organismo humano se adaptó a las épocas de abundancia y escasez. Nuestros genes se adaptaron para codificar proteínas que se encargaban de trabajar como hormonas o enzimas capaces de producirse a expensas de las necesidades. Ese complejo sistema hormonal y enzimático, cuyo origen genético estaba perfectamente regulado, contribuyó en gran medida -además de la evolución de nuestro cerebro- a garantizar nuestra supervivencia y triunfar como especie.

# La diabetes Mellitus tipo 2. La traición de los genes a nuestros excesos

26

CIENCIA ABIERTA

Con el advenimiento de la domesticación de los animales y la agricultura el hombre seguía dependiendo, a pesar de todo, del trabajo que le costaba este nuevo sistema de obtención de alimentos. No obstante, ya era necesaria una modificación genética que regularía la producción de enzimas y hormonas ante una mayor frecuencia y cantidad de alimentos. Desde ese entonces ya se tenían datos de múltiples enfermedades y se describían los hallazgos clínicos típicos de la Diabetes Mellitus. Sin embargo, no es sino hasta los últimos siglos, en particular el siglo XX y el presente, en que la prevalencia de casos de Diabetes Mellitus tipo 2 se ha incrementado a niveles alarmantes hasta ser una de las principales causas de complicaciones y muerte en nuestros días. ¿Qué fue lo que pasó? ¿Simplemente incrementó en forma paralela al número de la población?

No ha sido sólo eso; las investigaciones en las últimas décadas han confirmado que hay docenas de genes que están relacionados con el desarrollo de Diabetes Mellitus. Estos múltiples genes producen fallas en el complejo sistema hormonal o enzimático del metabolismo de los energéticos, en la medida que nos hemos sobrealimentado a través del tiempo. Entonces, un conjunto de genes que estaba destinado para que el consumo de energía fuera más eficiente (llamados genes economizadores o ahorrativos) ahora se adapta a los excesos. Ese proceso de adaptación se convierte en un traidor de nuestro organismo, siendo una de las causas fundamentales de la enfermedad que actualmente es un flagelo para la humanidad: la Diabetes Mellitus.

# Fisiopatología de la **OSTEOPOROSIS**

**Rubén Daniel Arellano Pérez Vertti,**  
Asesor Facultad de Medicina, Unidad Torreón  
**Evelyn Alcántara Muro,**  
**Adriana Berenice Escamilla Díaz,**  
**Claudia Helena Pompa Nava,**  
**Oscar Daniel Aguilera de la Cruz.**

27

## RESUMEN

El término osteoporosis se refiere a una disminución de la densidad ósea por debajo de 2.5 desviaciones estándar la media de un adulto joven y sano de la misma raza y género, lo cual resulta en estructura trabecular frágil con un incremento consecuente de fracturas patológicas en la columna vertebral, en cadera o en muñeca (fracturas de Colles). Es bien sabido que la estructura ósea se encuentra constantemente bajo un proceso conocido como remodelado para mantener su fuerza y forma. Este proceso ocurre con mayor rapidez en la superficie esponjosa de los huesos, por lo que aquellos con mayor masa esponjosa se encuentran sujetos a sufrir un desajuste superior en el balance del remodelado. En el proceso se encuentran involucradas células como los osteoclastos y osteoblastos que actúan en conjunción para mantener el balance homeostático del remodelado con la ayuda del receptor RANK (Receptor Activador del Factor Nuclear Kappa) localizado en osteoclastos maduros y sus precursores que actúan con la ayuda de RANK-L (Ligando del Receptor Activador del Factor Nuclear Kappa; una molécula que activa al receptor para que se regule la actividad osteoclástica) para promover la formación, maduración y activación de los mismos. Los osteoblastos interactúan con estrógeno, hormona paratiroidea, y vitamina D, ya que los osteoclastos carecen de sus receptores. La patología de la osteoporosis entrelaza múltiples factores de riesgo como son la edad, el sexo, la raza, el hábito de fumar, así como enfermedades primarias que desencadenan osteoporosis, etc. Aún se desconocen las interacciones entre los múltiples factores que desencadenan la osteoporosis y su mecanismo.

## DEFINICIÓN

La osteoporosis es definida como una reducción de masa ósea y alteración de la microarquitectura del hueso, resultando en trabéculas óseas más delgadas y con discontinuidad en su extensión que queda por debajo de 2.5 desviaciones estándar de la media de un adulto joven.<sup>(16 y 17)</sup> De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), usando mediciones estándar de densidad ósea de la cadera, el indicador normal es de más de 833 mg/cm<sup>2</sup>; la osteopenia comprende entre 648 mg/cm<sup>2</sup> y 833 mg/cm<sup>2</sup>, en tanto que la osteoporosis es menor de 648 mg/cm<sup>2</sup>.

La investigación de la fisiopatología de la osteoporosis posmenopáusica ha tenido avances importantes en los últimos 20 años. La fisiopatología es incierta todavía, pero se sugiere que en su desarrollo tienen un papel importante los estrógenos, el calcio, las citocinas, las prostaglandinas (factores hormonales que participan en múltiples procesos como la inflamación), los factores de Crecimiento Similares a la Insulina (IGFS), el óxido nítrico, las prostaglandinas y las integrinas (proteínas).

Se ha denominado a esta enfermedad la "epidemia silenciosa del siglo XX", ya que ha ido creciendo a medida que las sociedades occidentales han incrementado su porcentaje de ancianos. No obstante, no es la edad el único factor que ha provocado el aumento de los casos de osteoporosis; sin duda, los estilos de vida (sedentarismo, dietas, tóxicos) junto a factores genéticos y otros no modificables, son elementos a considerar.

**Tabla 1. Factores de riesgo clínicos demostrados de osteoporosis**

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Envejecimiento.</li> <li>▪ Baja masa ósea.</li> <li>▪ Historia de fracturas previas, especialmente de cadera.</li> <li>▪ Edad precoz de menopausia.</li> <li>▪ Años de menopausia.</li> <li>▪ Tabaco.</li> <li>▪ Baja ingesta de calcio.</li> <li>▪ Baja absorción intestinal de calcio.</li> <li>▪ Alta eliminación urinaria de calcio.</li> <li>▪ Baja albúmina sérica.</li> <li>▪ Baja dihidroepiandrosterona.</li> <li>▪ Grosor de la piel.</li> <li>▪ Bajo peso corporal.</li> <li>▪ Ciertas medicaciones.</li> <li>▪ Ancianos que viven en residencias.</li> <li>▪ Historia familiar de fracturas.</li> <li>▪ Talla elevada.</li> <li>▪ Edad tardía de la menarquía.</li> <li>▪ Nulliparidad.</li> <li>▪ Tipo de menopausia.</li> <li>▪ Alcohol.</li> <li>▪ Bajo nivel mental (salvo fracturas).</li> <li>▪ Pobre exposición al sol.</li> <li>▪ Edad precoz en la aparición de canicie.</li> <li>▪ Poco ejercicio físico.</li> <li>▪ Ingesta de café, hierro, magnesio, vitamina C.</li> <li>▪ Lactación prolongada.</li> </ul> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

La osteoporosis puede clasificarse según diferentes criterios: su extensión (generalizada o localizada), etiología (idiopática o secundaria), edad de comienzo (juvenil, adulto joven, presenil, senil).

Dentro de las osteoporosis primarias se han propuesto cuatro tipos (tipos de Riggs):

**Osteoporosis tipo 1**, relacionada esencialmente con la carencia estrogénica, llamada osteoporosis posmenopáusica, caracterizada por la pérdida ósea de predominio trabecular que expone especialmente a fracturas de Pouteau y aplastamientos vertebrales.

**Osteoporosis tipo 2**, vinculada al envejecimiento y a los efectos de la carencia cálcica y vitamina D, denominada también osteoporosis senil o involutiva. En este caso, la pérdida ósea cortical expone más particularmente a la aparición de fracturas de la extremidad superior del fémur. Otros tipos de osteoporosis primarias.

**Osteoporosis idiopática juvenil.** Se presenta en niños de 8 a 14 años previamente sanos. Se caracteriza por aparición brusca de dolor óseo y fracturas después de traumatismos mínimos. Remite en 2 a 4 años de forma espontánea. El tratamiento se basa en la protección de la columna vertebral hasta su remisión.

**Osteoporosis idiopática en adultos jóvenes.** Es más frecuente que la juvenil; se producen fracturas vertebrales múltiples con la consiguiente pérdida de talla. También son frecuentes las fracturas costales y de metatarso. Los pacientes pueden fallecer por insuficiencia respiratoria.

### REMODELADO ÓSEO

El hueso, como sistema dinámico, está sometido a una serie de procesos definidos, como crecimiento, modelado, remodelado y reparación. En el remodelado óseo el tejido más antiguo es sustituido por otro nuevo. El volumen óseo viejo -que es reemplazado por hueso nuevo en la unidad de tiempo- se llama recambio óseo; se denomina balance óseo a la diferencia existente entre el volumen de hueso formado y reabsorbido en las trabéculas. El remodelado óseo está regulado por factores hormonales y mecánicos, y hace posible que el hueso se adapte a las necesidades metabólicas y mecánicas del organismo.

El ciclo de remodelado óseo consta de 5 etapas, según Parfitt:

a) Quiescencia.

b) Activación, en la que aparece un remodelamiento de osteoclastos y adaptación luego de un medio para conseguir acceso al hueso, y finalmente un mecanismo para su tropismo y fijación al hueso.

c) Resorción, en la que los osteoclastos en contacto con el hueso inician la erosión en forma de cavidad. Este proceso puede durar de 2 a 3 semanas.

d) Inversión. Fase que separa el final de la resorción y el inicio de la formación para una zona determinada. Bajo una serie de estímulos aparecen los osteoblastos, que se preparan para la fase final.

e) Formación del hueso. Diversos estudios sugieren algún tipo de defecto osteoblástico en los pacientes con osteoporosis. En los individuos normales los osteoblastos son capaces de equilibrar la actividad de resorción, pero en los pacientes osteoporóticos ni siquiera el lugar de resorción es rellenado completamente, lo que conduce a un adelgazamiento intenso de las trabéculas y eventualmente a

la eliminación de las estructuras trabeculares finas por resorción perforante.

Según el esquema de Parfitt se pueden desarrollar dos mecanismos fundamentales por los que se origina la pérdida ósea:

1. Si los osteoclastos trabajan en exceso, los osteoblastos no llegan a compensar la pérdida ósea, a pesar de actuar normalmente. Se trata de una pérdida rápida que se conoce como osteoporosis de alto remodelado. Su ejemplo es la osteoporosis posmenopáusica que se desarrolla inmediatamente después de la retirada hormonal.
2. Si los osteoblastos trabajan pobremente no llegan a reponer el hueso que los osteoclastos han destruido. Esto es un proceso lento, con un ciclo celular escaso. La osteoporosis senil es el ejemplo.

Ambos suponen un balance óseo negativo de hueso.

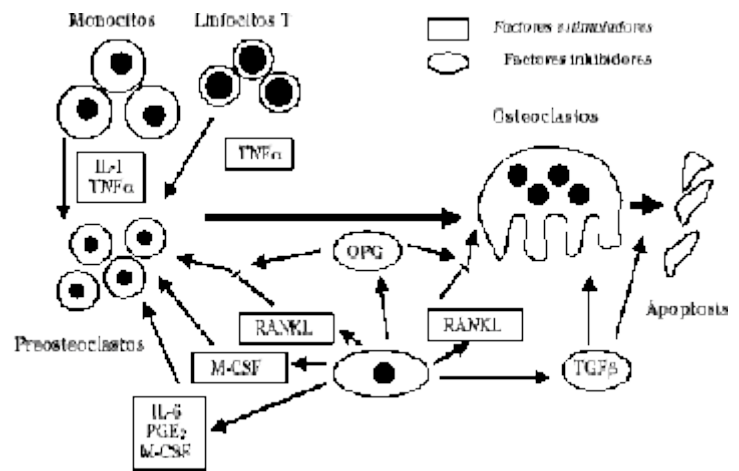
## REGULACIÓN DE LA RESORCIÓN ÓSEA

El proceso de resorción ósea está controlado por una compleja interacción entre las células osteoblásticas y osteoclasticas (Fig.1).

Las células encargadas de este proceso son los osteoclastos, que expresan el ligando del activador del receptor de NFkB (RANKL), lo que permite el estímulo de más células osteoclasticas a su alrededor.

El RANKL, tras unirse a su receptor (RANK) en los preosteoclastos, estimula de forma potente todos los aspectos de la actividad osteoclastica: aumenta la diferenciación, incrementa la actividad y disminuye la apoptosis de los osteoclastos. El RANKL es necesario y suficiente para la activación osteoclastica, requiriendo de otros factores como los factores de crecimiento semejantes a insulina, factores de crecimiento tumoral. A la interacción RANKL-RANK se opone el señuelo del receptor Osteoprotegerina (OPG), que evita la activación de los osteoclastos, ligando al RANKL e impidiendo su unión al receptor<sup>(27)</sup>.

Para la osteoclastogénesis también es necesario el Factor Estimulador de Colonias de Macrófagos (M-CSF) que pueden sintetizar los osteoblastos, el cual se liga al receptor c-fms, incrementando la replicación de los osteoclastos. El papel de las citocinas sigue siendo controvertido, explicando la interacción de las células de la médula ósea con las células de la línea osteoblástica; así, la Interleukina 1 (IL-1), Interleucina 6 (IL-6), Factor de Necrosis Tumoral  $\alpha$  (TNF  $\alpha$ ) y prostaglandina E2 parecen incrementar la activación osteoclastica; sin embargo, el Factor Transformador del Crecimiento b (TGF b), reduciría la



Figural.- Mecanismos de regulación de la resorción ósea.

Las hormonas sistémicas, que estimulan la resorción ósea, por lo general no actúan directamente sobre los precursores de células osteoclasticas, sino sobre las células del estroma-osteoblásticas. Tanto la Parathormona (PTH), 1,25 Dihidroxi-vitamina D y las Hormonas Tiroideas (HT), incrementan la expresión de RANKL en este tipo celular, así como -en algunos casos- inhiben la síntesis de OPG con un efecto neto de incremento de la resorción ósea.<sup>(18)</sup> El efecto de los estrógenos parece ser indirecto, a través de la regulación de diversos mediadores, ya que su papel de control en el sistema RANKL-RANK se lleva a cabo exclusivamente incrementando los niveles de OPG, efecto que se potencia con su papel supresor sobre la síntesis de: IL-1, IL-6, PGE2, (prostaglandina E2) GM-CSF (factor estimulante de crecimiento de macrófagos) y TNF $\alpha$ , (factor de necrosis tumoral) frenando la diferenciación y activación de los preosteoclastos. Los estrógenos también actúan sobre los osteoclastos ya activados, incrementando su apoptosis, tanto directamente como potenciando la síntesis de TGF b.<sup>(19)</sup> La otra hormona que influye sobre la resorción ósea, la calcitonina, inhibe directamente la actividad osteoclastica, si bien de forma transitoria por un fenómeno rápido de regulación (downregulation) de sus receptores, expresados sobre los osteoclastos.

Además de los mecanismos comentados, en la patogenia de la osteoporosis existen otros factores locales que pueden condicionar el nivel de resorción ósea; por ejemplo, un nivel elevado de calcio, en el borde en cepillo de los osteoclastos, es capaz de inducir su apoptosis.

El proceso de resorción puede llegar a incrementar la fragilidad ósea más allá de lo esperable, simplemente por la disminución de la densidad mineral. En las espículas del hueso esponjoso se producen erosiones durante la resorción, así como aumento de porosidad en el hueso cortical. Si el fenómeno se repite varias veces en el mismo

territorio, el resultado será de pérdida del almacén sobre el que debería sustentarse el fenómeno acoplado de formación ósea, y también de discontinuidad de las espículas. Además, el proceso de formación ósea requiere más tiempo que el de resorción, por lo que si el recambio óseo está muy acelerado se compromete la mineralización, con posterior incremento de la fragilidad del hueso. Todo ello explicaría la asociación -independiente de otros factores- del riesgo de fracturas con una tasa elevada de resorción ósea (valorada por marcadores bioquímicos), y que la inhibición terapéutica de la reabsorción puede conseguir resultados superiores a los esperables, en cuanto a la prevención de fracturas, por el mero aumento de la masa ósea.<sup>(4)</sup>

### REGULACIÓN DE LA FORMACIÓN ÓSEA

Además de los mecanismos ya comentados: alteraciones en la consecución del pico de masa ósea y de la resorción ósea, en la patogenia de la osteoporosis también puede jugar un papel importante la incapacidad de sintetizar hueso, de forma equilibrada, con las necesidades del tejido óseo.

Se ha señalado que durante la infancia y adolescencia el proceso de resorción ósea está claramente aumentado; sin embargo, la formación de hueso -fundamentalmente por modelado óseo (formación de hueso nuevo sin requerir resorción ósea previa)- es capaz de superar a la resorción con resultado de aumento de masa ósea.

Las células implicadas en la formación de hueso, los osteoblastos, proceden de las células del estroma que han sufrido un proceso de diferenciación mediante la interacción de factores locales y sistémicos, con evidente plasticidad en los precursores, que pueden madurar hacia osteoblastos o adipocitos, en dependencia del estímulo al que se ven sometidos. Así, la activación de los receptores en las células del estroma es capaz de inducir la maduración hacia adipocitos<sup>(21)</sup>, sin que pueda descartarse un papel regulador de la leptina, hormona segregada por éstos.

Entre las hormonas que regulan la actividad osteoblástica, al parecer las que representan un papel más importante son: GH (hormona de crecimiento) y sus mediadores y las hormonas sexuales. A la IGF-1 se le ha atribuido un papel central en el desarrollo de osteoporosis, ya que sus niveles disminuyen progresivamente con la edad, apreciando, en algunos estudios clínicos, una clara asociación entre osteoporosis y disminución de IGF-1<sup>(22)</sup>.

Dada la compleja regulación del transporte de IGFs y sus proteínas transportadoras receptores (IGFBPs), a diferentes IGFBPs se les han atribuido papeles contrapuestos de estímulo (IGFBP-5) o inhibición (IGFBP-4), de la actividad osteoblástica. Las hormonas sexuales parecen influir también en la formación ósea, si bien no está claramente definido su importante papel en la resorción ósea y la compleja regulación de ambos procesos por factores locales<sup>(19)</sup>.

Desde el punto de vista hormonal, la disminución de la formación ósea parece ser el mecanismo patogénico fundamental de la osteoporosis inducida por corticoides.

Las células de la línea osteoblástica segregan diversos factores de crecimiento: unos actúan como mitógenos y otros como modificadores funcionales. Las Proteínas Morfogenéticas Óseas (BMP), miembros de la superfamilia TGF  $\beta$ , tienen la función de inducir la diferenciación de las células osteoblásticas, incrementando el almacenamiento de células maduras, siendo reguladas por factores locales.<sup>(23)</sup> Así, mutaciones de la esclerostina, proteína que inhibe la formación ósea suprimiendo la actividad BMP, pueden identificarse en familias con una elevada masa ósea. En la regulación osteoblástica también se han implicado otros factores de crecimiento.

### REGULACIÓN DEL REMODELADO ÓSEO

La actividad de los osteoclastos y osteoblastos se combina en la denominada Unidad Multicelular Básica (BMU). Estas unidades miden de 1 a 2 mm de longitud y 0,2 a 0,4 mm de anchura, compuestas por osteoblastos, osteoclastos, rama capilar, rama nerviosa y tejido conectivo asociado. En los adultos humanos se inician unos 3 a 4 millones de estas unidades cada año, funcionando de modo simultáneo aproximadamente 1 millón en cada momento.

Los osteoclastos se adhieren al hueso (origen), producen una excavación (laguna de Howship), que penetra hacia el objetivo de hueso que va ser reparado (progresión) y entra en reposo (terminación). En el hueso cortical se produce un túnel que posteriormente será rellenado (sistema Haversiano), mientras que en el hueso esponjoso se produce un excavado de las trabéculas. Tras la apoptosis de las células osteoclásticas, los osteoblastos se adhieren y cubren el área excavada y segregan el osteoide, que posteriormente será mineralizado. La esperanza de vida de una BMU (Unidad Modeladora Ósea) es de 6 a 9 meses, la velocidad de resorción 25 m/día. El tiempo de supervivencia de los osteoclastos es de 2 semanas y el de los osteoblastos de 3 meses.

El intervalo de sucesivos remodelados en la misma localización de 2 a 5 años, con un recambio del esqueleto del 10% anual.<sup>(26)</sup>

En la osteoporosis posmenopáusica, el déficit de estrógenos incrementa la frecuencia de activación de las BMU, con un recambio óseo acelerado; se produce un imbalance del remodelado, prolongándose la fase de resorción (por reducción de la apoptosis osteoclástica) con acortamiento de la fase de formación. También se produce un incremento de los osteoclastos reclutados, con incapacidad de los osteoblastos de rellenar el espacio generado.<sup>(19)</sup>

Además del control hormonal, las fuerzas biomecánicas pueden jugar un papel importante en la génesis de la osteoporosis. Así, Frost sugirió la existencia de un mecanostato (regulador mecánico) sensible a los cambios de carga esquelética, capaz de adaptar la masa ósea y su distribución a las fuerzas mecánicas medioambientales. Con una carga normal se mantiene la actividad de las BMU en el modo denominado de conservación esquelética. Si aumentan las cargas se induce formación ósea, mediante modelado y depósito de masa ósea sobre las superficies del hueso. Sin embargo, si se mantienen bajas cargas de forma crónica, se induce el modo de remodelado óseo denominado de desuso, incrementándose el recambio en todas las superficies óseas, con pérdida neta de hueso en la superficie endostal. Los hallazgos encontrados tras la disminución de estrógenos son muy similares a los del modo denominado de desuso, por lo que el déficit de estrógenos podría alterar el nivel de equilibrio del mecanostato, con disminución de la sensibilidad del sensor hasta llegar a un nuevo estado de equilibrio.<sup>(24)</sup>

### **Evolución de la densidad ósea a lo largo de la vida**

Durante la vida fetal la masa ósea aumenta de manera exponencial; continúa aumentando en el niño y en el adolescente con un incremento importante en el período pospuberal, y alcanza un máximo -denominado pico de masa ósea- al final de la segunda década, más precozmente de lo que se pensaba hace algunos años. Posteriormente su evolución difiere según el sexo.

En el hombre, cuya masa ósea es un 20% más elevada, la pérdida ósea aumenta después de los cuarenta años y se mantiene constante, alrededor de -0,35% al año en el hueso cortical y de -0,8% al año en el hueso esponjoso.

En la mujer, la pérdida ósea se acelera notablemente después de la menopausia como consecuencia de la carencia de estrógenos y alcanza del 3 al 5% anual en los años que siguen a la menopausia. No obstante, hay grandes diferencias en el ritmo de la disminución posmenopáusica del tejido óseo, ya que existen mujeres (perdedoras lentas) que pierden menos del 1% anual, mientras que otras (perdedoras rápidas) pueden perder hasta el 5% al año. Después de los 65 años la pérdida ósea en la mujer se hace más lenta y lineal hasta alcanzar, al igual que en el hombre, un ritmo de anual de aproximadamente -0,7%.

En total, el hombre pierde cerca del 20% de su masa ósea entre los 20 y los 80 años, mientras que la mujer pierde un 40% durante el mismo período. A estas modificaciones cuantitativas se oponen alteraciones de la calidad de la arquitectura ósea. La osteopenia masculina parece ser un proceso lento, vinculado sobre todo al adelgazamiento de

las trabéculas óseas; en la mujer, por el contrario, la fragmentación y la perforación de las trabéculas, relacionadas con una hiperactividad de los osteoclastos, conducen a un trastorno de la malla trabecular vertebral que acentúa aún más la fragilidad esquelética.

### **FACTORES DETERMINANTES DE LA MASA ÓSEA NO MODIFICABLES**

Desempeña un papel importante la raza. La raza negra tiene más masa ósea que la raza blanca; menos índice de fracturas y menor diferencia en cuanto a sexos.

La historia familiar. Se ha comprobado entre gemelos monocigóticos y dicigóticos menor diferencia en la masa ósea entre los genéticamente iguales. Sin embargo, su similitud es menor en lo que se refiere a la tasa de pérdida ósea a medida que avanza la edad.

La herencia que determina la masa ósea es de carácter poligénico. Entre los genes que sufren mayor variación se encuentran el que codifica receptores de vitamina D, lo cual implica diferentes respuestas a esta vitamina y desiguales capacidades de absorción de calcio. También hay defectos genéticos en la producción de colágeno I.

Existe además una constitución física que se ha definido como de riesgo osteoporótico: constitución frágil, piel fina, ojos claros.

Los factores genéticos influyen, por tanto, en la adquisición del pico de masa ósea y también en la pérdida posterior. Varios artículos publicados en la literatura muestran que las hijas de madres con osteoporosis tienen menos masa ósea que las hijas de madres sin osteoporosis<sup>(2)</sup>. Se han sugerido también los factores genéticos como parte de esta fisiopatología ante la observación repetitiva que las mujeres de raza negra tienen menos osteoporosis que las de raza blanca; que las mujeres presentan más el problema que los varones y que en unos países la enfermedad es más frecuente que en otros.<sup>(1)</sup> El grupo del Dr. Recker de la Universidad de Creighton en Omaha, Nebraska, reporta por primera vez evidencia directa que las fracturas de Colles tienen una genética determinante.<sup>(3)</sup> Los genes y los productos de los genes que regulan la ganancia temprana y la pérdida tardía de la densidad mineral ósea (DMO) no se conocen aún. Las asociaciones reportadas entre polimorfismos del receptor de la vitamina D, del receptor de estrógenos y de los genes de la colágena tipo 1 han sido inconsistentes y contradictorias.<sup>(4)</sup>

### **Estrógenos, citocinas y otros factores**

La deficiencia estrogénica causada por diferentes

mecanismos, como menopausia, ooforectomía, hipoestrogenismo secundario al ejercicio excesivo de las mujeres que realizan maratones, o malnutrición secundaria a anorexia nervosa, producen pérdida importante de masa ósea, por incremento en la resorción, lo cual es reversible con la administración de estrógenos.<sup>(7)</sup> Por otro lado, existe una relación estrecha entre el remodelado óseo y la actividad hematopoyética de la médula ósea; los progenitores de los osteoclastos son de origen hematopoyético, en la línea monocitomacrófagos y son reclutados de la médula ósea. Las citocinas producidas por células de la médula ósea afectan el remodelado óseo, por mayor resorción de los osteoclastos como la interleucina 1, la interleucina 6 y el factor de necrosis tumoral  $\alpha$  (IL-1, IL-6 y TNF  $\alpha$ ) y la interleucina 7, que al ser administrada a ratones de investigación se observó que aumenta los linfocitos B, los cuales se han asociado también con el incremento de la resorción ósea por aumento de osteoclastos. En el ratón castrado u ooforectomizado se aumentan los linfocitos B, los cuales disminuyen con la administración de estrógenos. Se concluye que las citocinas y el aumento de linfocitos B, al igual que el déficit de estrógenos, aumentan la producción de osteoclastos y por ello incrementa la resorción ósea en animales de investigación.<sup>(8)</sup>

El incremento de resorción ósea puede suceder porque los osteoclastos maduros se activan o porque se producen nuevos osteoclastos. La activación de osteoclastos maduros está cuestionada actualmente, pero la producción acelerada de nuevos osteoclastos ha sido claramente demostrada, y es cuantitativamente el factor más importante en la resorción ósea producida por citocinas y deficiencia de hormonas. Otros factores osteotróficos como la interleucina 11 y los Factores Estimuladores de Colonias (CSF) como los macrófagos (M-CSF), y los granulocitos-macrófagos (G-M CSF) participan al aumentar la acción osteoclástica, induciendo las células del estroma y la producción de las células preosteoclásticas en la diferenciación del osteoclasto.<sup>(9)</sup>

Datos recientes indican que la producción de M-CSF por las células del estroma y del osteoblasto se incrementa por factores que reabsorben hueso como 1,25 dihidroxivitamina D, Parathormona (PTH), IL-1, o TNF  $\alpha$  (Factor de Necrosis Tumoral  $\alpha$ ). Diversos trabajos publicados sugieren que G-M CSF estimulan el crecimiento de osteoclastos humanos, a diferencia del ratón en el que no tienen ningún efecto sobre los osteoclastos. La interleucina 18 (IL-18), promueve la producción de Interferón- $\gamma$  (IFN- $\gamma$ ) por los linfocitos. En cultivos de osteoclastos de ratones la IL-18 inhibe poderosamente la osteoclastogénesis estimulada por 1,25-dihidroxivitamina D, PTH, PGE2, IL-1, o IL-11. La IL-18 al inducir la producción de IFN- $\gamma$  (interferón  $\gamma$ ) y GM-CSF por los linfocitos T inhibe la formación de osteoclastos. Los factores que regulan la producción de IL-18 por las

células del estroma, por los osteoblastos y los linfocitos T no se han elucidado. La modulación producida por IL-18 en la producción de GM-CSF por los linfocitos T ha despertado un gran interés en la participación de éstos en el hueso. Los linfocitos T tienen receptores a 1,25-dihidroxivitamina D, PTH y calcitonina.

Uno de los efectos principales de los estrógenos es inhibir la proliferación y diferenciación de los precursores de los osteoclastos. Los receptores de los estrógenos se manifiestan en células mononucleares del estroma y osteoblastos, precursores de los osteoclastos y osteoclastos maduros, de modo que los estrógenos pueden suprimir la osteoclastogénesis, regulando una o varias de las células involucradas en este proceso. Los datos acumulados sugieren que al menos la producción de 5 factores IL-1, IL-6, TNF  $\alpha$ , el complejo receptor IL-6, M-CSF y GM-CSF se incrementan en la ausencia de estrógenos, aumentando el remodelado y la resorción ósea a través de los osteoclastos.<sup>(10)</sup>

Los estrógenos y el agonista-antagonista estrogénico raloxifeno estimulan el Factor Transformador de Crecimiento Beta (TGF- $\beta$ ) en la expresión del gene de los osteoblastos, sugiriendo que puede ser un mediador importante de los efectos estrogénicos del hueso. El TGF- $\beta$  inhibe la formación y la actividad de los osteoclastos in vitro e in vivo y ha demostrado ser factor de acoplamiento local, inhibiendo a los osteoclastos y simultáneamente promoviendo la proliferación y diferenciación de los osteoblastos; se le considera un factor anabólico. Junto con los estrógenos, el TGF- $\beta$  promueve la apoptosis de los osteoclastos, limitando así el potencial de resorción ósea de los osteoclastos nacientes.<sup>(11)</sup>

En el borde rugoso de los osteoclastos se han encontrado proteínas que los pegan a la matriz ósea para digerirla y están constituidas por los aminoácidos argininalisina y ácido aspártico. (RGD) se les ha llamado integrinas y se ha observado que se unen al receptor de vitronectina, caracterizando 2 de ellas la  $\alpha$ v $\beta$ 3 y la  $\alpha$ v $\beta$ 5.<sup>(12)</sup>

Una característica muy peculiar del osteoclasto es su capacidad de polarizar las proteínas de la matriz ósea y se ha sugerido que en esta función las integrinas tienen un papel relevante. El óxido nítrico se ha estudiado intensamente en los últimos tiempos como otro regulador local en el metabolismo óseo y en la actividad celular ósea. El Óxido Nítrico (ON) se genera de la L-arginina por varias isoenzimas de la Sintetasa del Óxido Nítrico (NOS). Las isoenzimas del óxido nítrico que se expresan en los osteoblastos y osteoclastos son la Endotelial (eNOS) y la Inducible (iNOS) siendo la eNOS la que tiene una actividad predominante en el hueso normal. La investigación con ratones genéticamente deficientes de sintetasa del óxido nítrico endotelial (eNOS) ha demostrado claramente la

ausencia de osteoformación. Se ha estudiado su efecto en ratones ooforectomizados y ha demostrado prevenir la pérdida de masa ósea igual que los estrógenos, inhibiendo al osteoclasto a través de la IL-1. En octubre de 1999, investigadores de Galveston, Texas, demostraron por primera vez que la crema de nitroglicerina (donador de óxido nítrico) inhibió la osteodestrucción en mujeres ooforectomizadas con la misma eficacia que los estrógenos durante 1 año de tratamiento.<sup>(15)</sup>

La administración de estrógenos, que revertía el balance negativo de calcio en mujeres posmenopáusicas, ha sido confirmada en repetidas ocasiones, comprobando que restablecen la absorción intestinal de calcio, detiene el exceso de su eliminación e incrementa la masa ósea.<sup>(5)</sup> Además, disminuyen la frecuencia de fracturas óseas al ingerirse constantemente por 10 o más años.

Por otro lado, está demostrado que no es el único factor en la patogenia de la osteoporosis posmenopáusica, ya que un 20% de las mujeres que ingieren estrógenos continúan perdiendo masa ósea y un 50% se fracturan. Un mecanismo por el cual los estrógenos mejoran la masa ósea y reducen en 50% las fracturas es la normalización de la 1 alfa hidroxilasa renal, lo que restablece los niveles de 1,25 OH vitamina D (calcitriol). Este se fija a sus receptores celulares en la mucosa intestinal, estimulando la absorción activa intestinal de calcio, y también se adhiere al túbulo contorneado renal, aumentando la reabsorción de calcio para mantener así su balance normal.<sup>(6)</sup>

### Factores de crecimiento similares a la insulina

La mayoría de las células del organismo tienen la capacidad de sintetizar y liberar los factores de crecimiento similares a la insulina (IGFs) I y II para funciones endocrinas, autocrinas y paracrinas. La suma del contenido total de IGFs del organismo se encuentra almacenada en dos grandes pozas, la intravascular, que es regulada principalmente por hormona de crecimiento (HC) y la extravascular, que es regulada por factores paracrinos y autocrinos. Los IGFs se unen a proteínas específicas (IGFBPs) que las transportan a las células y a sus receptores: las tipo 1 (tirosinoquinasa) y tipo II (manosa 6 fosfato), siendo el tipo I el crucial para las acciones de diferenciación y proliferación. Los 3 tipos de IGFBPs más estudiadas son la IGFBP-3, 4 y 5.<sup>(14)</sup>

IGF-1 y 2 se sintetizan en los osteoblastos. Se ha demostrado que en los osteoblastos y los osteoclastos hay receptores a IGF-1 y 2. Se almacenan en la matriz mineral, segundo reservorio más grande del organismo después del hígado. La liberación de IGFs del hueso y de IGFBPs durante la resorción ósea estimula el reclutamiento de los preosteoblastos y las células de revestimiento. Estimulan la síntesis de colágena del esqueleto e inhiben la colagenasa y la IGFBP-4 regulada por la PTH. A la fecha, varios trabajos

realizados en mujeres posmenopáusicas fracturadas han demostrado niveles menores de IGFs en comparación con la población control. En mujeres jóvenes con osteoporosis idiopática se han encontrado niveles bajos de IGF-1, pero no de IGFBP-3.<sup>(15)</sup>

La hormona humana recombinante de IGF-1 se ha usado en periodos de corto plazo, 7 y 14 días en mujeres posmenopáusicas no osteoporóticas por vía subcutánea y por infusión IV y se ha observado en los marcadores de remodelado óseo un aumento en la formación y osteodestrucción, con predominio en la osteoformación.<sup>(14)</sup>

## FACTORES DETERMINANTES MODIFICABLES

### Calcio

La mayor parte del calcio del organismo (99%) está presente en el esqueleto, donde interviene como componente esencial en la matriz mineral ósea. Además de esta función mecánica desempeña una función biológica determinante y el 1% restante es indispensable sobre todo para los procesos de transmisión neuromuscular, la coagulación de la sangre y el funcionamiento del miocardio, entre otros. Para asegurar la homeostasis del calcio intervienen mecanismos de regulación del metabolismo, entre los cuales predominan los biológicos sobre los mecánicos. Toda carencia de calcio trae como consecuencia el desencadenamiento de la secreción paratiroidea dirigida a la captación de calcio en el reservorio óseo. Es concebible, pues, que de la cantidad de los aportes alimentarios puede depender en gran medida la integrada en el esqueleto en diferentes edades de la vida.

### En cuanto a los suplementos de calcio:

-El método más adecuado para conseguir la ingesta óptima de calcio es a través de la dieta. Sin embargo, en vista de los efectos beneficiosos de ingerir cada día las cantidades recomendadas, no parece ético no dar suplementos a quienes no alcanzan estas cantidades en su alimentación.

-Habrá que evitarlos o darlos con prudencia en casos de sarcoidosis, hiperparatiroidismo primario, hipercalcemia, hipercalcemia (si la calciuria es >250 mg es preciso dieta hiposódica y tiazidas), inmovilización y litiasis renal.

-En los suplementos debemos cuantificar únicamente los miligramos de calcio elemento (calcio útil) por dosis administrada y no los de las moléculas que lo contienen.

Entre los preparados disponibles en nuestro país destaca el carbonato de calcio, por ser el más estudiado y por proporcionar la mayor cantidad de calcio elemento. Se ha demostrado que administrándolo después de las comidas su absorción mejora significativamente.

Puede no absorberse bien en caso de aclorhidria.

-Se asimila mejor en dosis fraccionadas a lo largo del día. Es recomendable que al menos una de las dosis se dé antes de acostarse o con la cena.

-Se ha subrayado la importancia de aportes cálcicos suficientes durante la infancia y la adolescencia, en particular de alimentos lácteos, para la optimización de una masa ósea máxima al final del período de crecimiento. Entre los individuos de 8 a 18 años se observa una correlación positiva entre la densidad mineral y la cantidad de calcio ingerido. Se estima que el 90% de los adolescentes consume menos de 1.000 mg/día.

-Durante la vida adulta es crucial conseguir una ingesta óptima; se recomienda mayor dosis dietética que en los años anteriores.

-Durante la menopausia la excreción urinaria de calcio aumenta, la absorción intestinal disminuye y la reorganización celular ósea se acentúa. Aunque la hormonoterapia sustitutiva con estrógenos constituye el único tratamiento para prevenir la rápida aceleración de la pérdida ósea posmenopáusica, varios trabajos demuestran la utilidad de un suplemento cálcico en este período de la vida.

En estudios diversos se observó que los suplementos cálcicos no son capaces de prevenir la reducción de la masa ósea en las mujeres con menopausia reciente, si bien ejercen una acción favorable cuando es más antigua, de más de 5 años.

Los estudios revelan que un suplemento cálcico de 1.000mg/día reduce significativamente la pérdida ósea axial y periférica en estas mujeres.

Otro estudio demuestra que la asociación de ejercicio físico y suplemento cálcico en la posmenopausia permite reducir de forma significativa la pérdida ósea del sector trabecular. Sin embargo, ambos son menos eficaces que el tratamiento estrogénico.

-En el anciano la escasez de aporte de calcio alimentario y la reducción de la capacidad de absorción intestinal tienen por resultado la inducción de osteomalacia y una reacción paratiroidea secundaria a la hipocalcemia, característica de la osteoporosis tipo 2. Se ha demostrado que la administración de calcio (1.000 mg/día) y de vitamina D (800 ui) reduce el riesgo de fractura de cadera en un 43% respecto del grupo placebo, y el número total de fracturas no vertebrales se reduce en un 32%.

## Flúor

La incidencia de osteoporosis aumenta cuando el contenido en flúor del agua es menor de 0,1 ppm. Hay estudios que demuestran una mayor incidencia de fracturas en las poblaciones con aguas ricas en flúor.

## Malnutrición

Tiene un efecto significativo en el desarrollo esquelético. Se cree que es debido a que demora la pubertad, lo cual está establecido como riesgo.

## Peso corporal

Está claro que la masa ósea es menor en personas con delgadez extrema. En el tejido adiposo se transforman los andrógenos de la corteza suprarrenal y del ovario en estrona. Además, los obesos tienen más vitamina D activa circulante.

## Té

Se cree relacionado con la disminución del riesgo de fracturas de cadera por la presencia de flavonoides estrogénicos en esta infusión.

## Tabaco

En las mujeres fumadoras se acelera la tasa de pérdida ósea de la posmenopausia, con riesgo de fractura de un 50% superior a las no fumadoras. Se cree que influyen en ello diferentes factores: que en las mujeres fumadoras se adelanta la menopausia; suelen tener menos peso, realizan menos actividad física y llevan a cabo una mayor ingesta de café y de alcohol concomitante. El tabaco aumenta la metabolización de los estrógenos, mecanismo principal implicado en la pérdida ósea. En el varón, sin embargo, no está demostrada la correlación tabaco-testosterona.

## Alcohol

Existe -según diversos estudios- una prevalencia del 25 al 80% de osteoporosis en grandes consumidores de alcohol. El consumo abusivo se asocia a un aumento de fracturas del esqueleto axial y periférico. Sin embargo, el consumo moderado no se ha asociado a menor masa ósea ni mayor incidencia de fracturas. Al alcohol se asocian desnutrición, malabsorción intestinal, hepatopatía crónica, hipogonadismo, disminución de vitamina D e hiperparatiroidismo, además de alteraciones de la función tubular renal. Otros defienden un efecto directo del alcohol sobre el hueso si la ingesta excesiva es mantenida. El abuso del alcohol condiciona una mayor tendencia a las caídas y a las fracturas.

El alcohol actúa inhibiendo la formación ósea, la cual desaparece a los pocos días de cesar la ingesta etílica y se asocia a un aumento de la masa ósea que es manifiesta tras dos años de abstinencia. Se cree que una dosis de 60 g/día es

suficiente para deprimir la formación ósea.

### Ejercicio y masa ósea

El ejercicio es fundamental para el desarrollo del hueso durante el crecimiento y la juventud. La carga a la que se somete al hueso parece ser el determinante de la arquitectura ósea y del contenido mineral en las regiones esqueléticas donde se aplica esta carga. Los ejercicios físicos que implican escasa sobrecarga mecánica, como caminar, parecen no aumentar la masa ósea aunque se realicen durante largo tiempo. El ejercicio mantenido ocasiona un aumento rápido de la resistencia ósea por cambios en la arquitectura trabecular. Se recomienda caminar al menos durante una hora diaria, lo cual no aumenta la masa ósea, pero puede ayudar a mantenerla, además de mejorar la masa muscular, el equilibrio y el dinamismo, factores que evitan las caídas o aminoran sus consecuencias. La inmovilización ejerce un efecto negativo sobre la masa ósea y es un factor de riesgo universalmente aceptado de osteoporosis.

## ENFERMEDADES Y FÁRMACOS RELACIONADOS CON LA MASA ÓSEA

### Enfermedades más frecuentes

Se han encontrado enfermedades capaces de producir osteoporosis en el 20% de las mujeres y en el 40%-50% de los hombres que sufren fracturas osteoporóticas. El exceso de hormona tiroidea disminuye la masa ósea. Así, el hipertiroidismo prolongado se asocia a osteoporosis y fracturas. La dosis de hormona tiroidea en el tratamiento sustitutivo del hipotiroidismo debe ajustarse atendiendo a no suprimir la TSH. Todos los síndromes de malabsorción y las enfermedades intestinales inflamatorias se acompañan de mayor riesgo de osteoporosis. Todos los hipogonadismos son causa de osteoporosis.

La existencia de fracturas previas a cualquier edad se asocia a una mayor incidencia de fracturas osteoporóticas. Las hepatopatías, debido al déficit de vitamina D asociado, y por tanto, la malabsorción de calcio y también al déficit de sales biliares -junto a otras alteraciones hormonales y malnutrición- ofrecen mayor riesgo de disminución de masa ósea. Las enfermedades neurológicas conllevan inmovilización prolongada y con ello osteoporosis en la parte afectada.

### Fármacos asociados al déficit de masa ósea

Los fármacos que más afectan al metabolismo óseo se reflejan en la Tabla IV. La osteoporosis relacionada con el uso de corticoides es la más frecuente y grave de las secundarias. La densitometría permite el diagnóstico de los sujetos con riesgo y un hallazgo precoz de la osteopenia corticoidea antes de la aparición de fracturas patológicas.

Los corticosteroides producen un balance de calcio negativo por reducción de la absorción digestiva del calcio con dosis superiores a 15 mg/día y por inhibición de la reabsorción tubular del calcio al aumentar la hipercalcemia. Los corticoides deprimen la actividad de los osteoblastos y disminuyen la capacidad de síntesis proteica. La resorción ósea no aumenta, salvo durante los primeros días de tratamiento, lo que se debe al hiperparatiroidismo secundario a la carencia cálcica. La resorción ósea también está levemente aumentada. Los corticoides inhiben la función gonadotrófica. La miopatía y la enfermedad causal se asocian a menudo a una inmovilización que participa aumentando la pérdida ósea

## CONCLUSIÓN

La fisiopatología de la osteoporosis es un problema complejo que presenta un reto a la medicina moderna, al igual que otras patologías multifactoriales complejas -por la gran variedad de elementos que intervienen en ellas- algunas ya conocidas y otras muchas por descubrir. Hasta el momento, la investigación se ha orientado hacia los factores genéticos, la ingesta de calcio, estrógenos, prostaglandinas, citocinas, factores de crecimiento similares a la insulina,

**Tabla II. Fármacos capaces de producir osteoporosis**

- Antiácidos.
- Laxantes.
- Diuréticos de asa.
- Corticoides.
- Anticonvulsivantes.
- Heparina.
- Sales de litio.
- Fármacos citotóxicos.
- Antiandrógenos y antiestrógenos.
- Hormona tiroidea.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1 Tobias JH, Cook DG, Chambers TJ, Dalzell N. A comparison of bone mineral density between Caucasian, Asian and Afro-Caribbean women. *Clinical Science* 1994; 87: 587-591.
- 2 Barthe N, Basse-Cathalinat B, Meunier PJ, Ribot C et al. Measurement of bone mineral density in Mother-Daughter pairs for evaluating the family influence on bone mass acquisition: A GRIIO Survey. *Osteoporos Int* 1998; 8: 379-384.
- 3 Deng HW, Chen WM, Recker S et al. Direct evidence of genetic determination of osteoporotic fractures. *J Bone Miner Res* 1999; Suppl 1: 1171
- 4 Seeman E, Hooper JL, Young NR, Formica C, Goss P and Tsalamandris C (1996) Do genetic factors explain associations between muscle strength, lean mass, and bone density? A twin study. *Am J Physiol* **270**: E320-E327
- 5 Albright F, Reifstein S Jr. Postmenopausal osteoporosis. *JAMA* 1941; 116: 2465-2468.
- 6 Suda T, Miyaura C. Pathogenesis of bone loss due to estrogen deficiency. *Osteoporos Int* 1997; (Suppl. 3): S43-S46.
- 7 José Pedro Arzac Palumbo, *Revista de Endocrinología y Nutrición* Vol. 8, No. 2, Abril-Junio 2000, pp 73-76
- 8 Pacifici R. Review. Estrogen, cytokines, and pathogenesis of postmenopausal osteoporosis. *J Bone Miner Res* 1996; 11: 1043-51.
- 9 Suda T, Miyaura C. Pathogenesis of bone loss due to estrogen deficiency. *Osteoporos Int* 1997; (Suppl. 3): S43-S46.
- 10 Takahashi N, Udagawa N, Akatsu T et al. Role of colony stimulating factors in osteoclast development. *J Bone Miner Res* 1991; 6: 977-85.
- 11 Chenu C, Pfeilschifter J, Mundy GR, Roodman GD. Transforming growth factor B inhibits formation of osteoclast-like cells in long term human bone marrow cultures. *Proc Natl Acad Sci USA* 1988; 85: 5683-7.
- 12 Teitelbaum SL, Tanaka H, Mimura M et al. Integrins and osteoclast polarization. *Osteoporos Int* 1997; (Suppl. 3): S54-S56.
- 13 Sunil JW. Effects of nitric oxide donor, nitroglycerin, on prevention of osteoporosis in humans. A clinical study. *J Bone Miner Res* 1999; Suppl 1: SA389.
- 14 Rosen CJ, Donahue LR. Insuline growth factors: Potential therapeutic options for osteoporosis. *Trends Endocrin Metab* 1995; 6: 235-240.
- 15 Garnero P, Sornay-Rendu E, Delmas PD. Low serum IGF-1, but not IGF BP3, is a strong predictor of osteoporotic fractures. *J Bone Miner Res* 1999; Suppl: T267.
- 16 Harrison's, Principles of Internal Medicine, Mc Graw Hill, 16a Edition 2005, Vol II, Pag 2268:2278
- 17 National Institute of Health. Consensus Development Conference Statement: Osteoporosis Prevention, Diagnosis and Therapy. Bethesda, Md, National Institute of Health; 2000:1-29.
- 18 Lawrence G, Raisz MD, Gideon A, Roldan. Pathogenesis of osteoporosis. *Endocrinol Metab Clin N Am* 2003; 32: 15-24
- 19 Riggs BL, Sundee K, Melton III J. Sex steroids and the construction and conservation of the adult skeleton. *Endocr Rev* 2002; 23: 279-302.
- 20 Cummings SR, Karpf DB, Harris F, Genant HK, Ensrud K, Lacroix AZ et al. Improvement in spine bone density and reduction in risk of vertebral fractures during treatment with antiresorptive drugs. *Am J Med* 2002; 112: 281-289
- 21 Tontonoz P, Hu E, Spiegelman BM. Stimulation of adipogenesis in fibroblast by PPAR $\gamma$  2, a lipid activated transcription factor. *Cell* 1994; 79: 1147-1156
- 22 Langlois JA, Rosen CJ, Visser M, Hannan MT, Harris T, Wilson PW et al. Association between insulin-like growth factor I and bone mineral density in older women and men: the Framingham Heart Study. *J Clin Endocrinol Metab* 1998; 83: 4257-4262
- 23 Canalis E, Economides AN, Gazzerro E. Bone morphogenetic proteins, their antagonists, and the skeleton. *Endocr Rev* 2003; 24: 218-235
- 24 Frost HM. Perspective on the estrogen-bone relationship and postmenopausal bone loss. *J Bone Miner Res* 1999; 14: 1473-1477.
- 26 Manolagas SC. Birth and death of bone cells: basic regulatory mechanism and implications for the pathogenesis and treatment of osteoporosis. *Endocr Rev* 2000; 21: 115-137.
- 27 Khosla S. The OPG/RANKL/RANK system. *Endocrinology* 2001; 142: 5050-5055.

# Tratamiento no farmacológico de la osteoporosis

**Daniel Arellano Pérez Vertti**

Profesor de la Facultad de Medicina UT.

**Sofía Lucila Rodríguez Rivera**

**Eduardo G. Reyes Puente**

**Eduardo E. Mendoza Mireles**

**Oswaldo A. García**

Alumnos de la carrera de Médico Cirujano

## INTRODUCCIÓN

La osteoporosis es un problema de salud pública; se caracteriza por ser una enfermedad ósea generalizada en la que la cantidad de hueso ha disminuido (masa ósea disminuida) y la integridad estructural (microarquitectura) del hueso trabecular está dañada. El hueso cortical se adelgaza; se hace más débil y propenso a las fracturas. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), usando mediciones estándar de densidad ósea de la cadera, se considera un indicador normal el que supera los 833 mg/cm<sup>2</sup>, la osteopenia comprende entre 648 mg/cm<sup>2</sup> y 833 mg/cm<sup>2</sup>, y la osteoporosis cuando es menor de 648 mg/cm<sup>2</sup>.

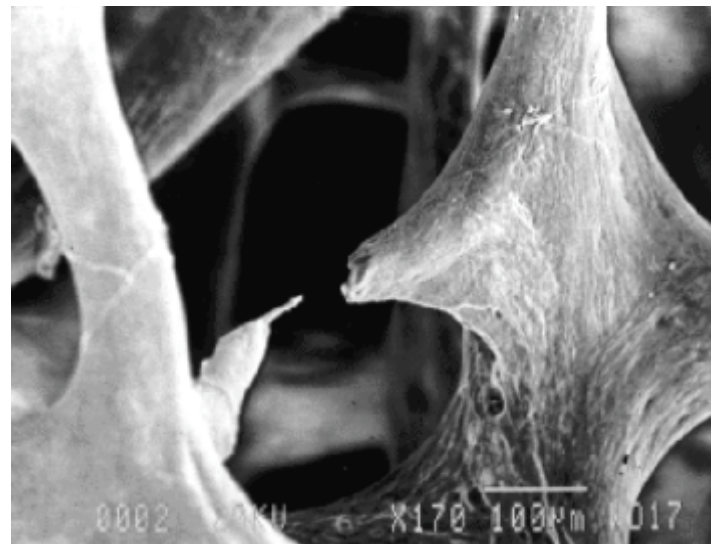
Como su nombre lo indica, es una enfermedad en la que el hueso se vuelve más poroso, aumentando el número y la amplitud de las cavidades o celdillas en su interior. De esta manera, los huesos se vuelven más delgados y frágiles, resisten menos los golpes y se fracturan con facilidad. Las fracturas son precisamente las que originan los síntomas de esta enfermedad y condicionan su importancia y repercusión sociosanitaria.

## PREVALENCIA

Estadísticamente, 200 millones de mujeres sufren de OP posmenopáusica. Una de cada tres mujeres y el 30% de los hombres sufrirá de una fractura relacionada con la OP en el transcurso de sus vidas.

El riesgo de fractura de cadera de una mujer es igual a su riesgo combinado de desarrollar cáncer de seno, uterino y de ovario. Hasta 1,700 millones de fracturas de cadera se atribuyen anualmente a la OP y el 20% de los pacientes con fracturas de cadera mueren en el plazo de los primeros 6 meses.

En México, más de 24,5 millones de personas fueron diagnosticadas con OP u osteopenia y solamente 1 de 16 recibieron tratamiento.



**Figura 1. Microfotografía de trabéculas óseas osteoporóticas.**

El impacto de esta enfermedad radica en que los pacientes presentan dolor, deformidad, dependencia, depresión, miedo de caerse y muerte prematura.

¿Por qué se produce la osteoporosis? Esto se debe a una pérdida natural de masa ósea que comienza muy poco después de haberse alcanzado el valor máximo; suele ser muy lenta (alrededor del 0,5% por año), y dura el resto de la vida. La mujer ha sido menos agraciada con respecto al metabolismo óseo porque su valor pico de masa ósea, alcanzado durante la época de la madurez esquelética, es inferior al del varón (desde un 30% hasta el 50%).

## Osteoporosis

"the silent disease"

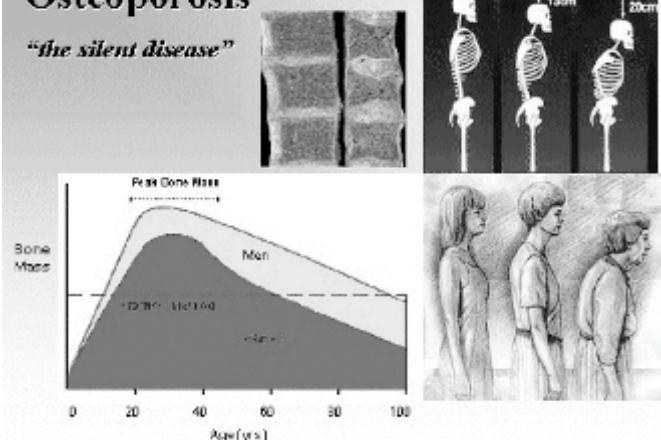


Figura 2. La osteoporosis y sus efectos

productos lácteos, vegetales verdes y soya. El déficit de vitamina D es común en muchos grupos de edad avanzada, con lo que aumenta el riesgo de fracturas. La exposición regular al sol, el consumo de alimentos ricos en vitamina D y, en caso necesario, suplementos vitamínicos- deben hacer que los niveles de vitamina D se mantengan adecuados. El calcio es necesario para alcanzar una masa ósea máxima (H 800 mg/día; M 1500 mg/día); la vitamina D esencial para la absorción de calcio (400 U al día).

Es recomendable evitar la ingesta excesiva o regular de cafeína, de proteínas en exceso, de tabaco y de alcohol. En el caso de la cafeína, no más de 3 tazas de café no descafeinado (103 mg/día); del tabaco, 20 cigarros/día equivalen a perder 0.0054/cm/año de hueso esponjoso, y de alcohol, menos de 25 g/día.

## TRATAMIENTO Y RECOMENDACIONES NO FARMACOLOGICAS DE LA OSTEOPOROSIS

El primer objetivo del tratamiento deberá ser la restauración de la resorción y formación óseas a los niveles premenopáusicos.

Es muy importante recalcar que la osteoporosis es mucho más que una enfermedad por deficiencia de calcio y que los pacientes deben seguir una serie de indicaciones para restaurar la masa ósea. Dichas indicaciones se centran en:

- Dieta
- Ejercicio
- Prevención de caídas
- Protectores de cadera

La buena nutrición es esencial para el desarrollo de huesos sanos. La ingesta adecuada de calcio durante la adolescencia y la juventud puede incrementar el pico de masa ósea, lo cual redundará en una reducción de la pérdida de hueso y en un menor riesgo de fracturas en años posteriores. El consumo adecuado de calcio y vitamina D es esencial para la salud ósea.

Aunque está demostrado que el calcio tiene un efecto benéfico para la salud ósea a todas las edades, la ingesta individual de este elemento está por debajo de los niveles recomendados en muchos países. La manera óptima de alcanzar esos niveles es mediante una dieta equilibrada con

|                 |                                    |
|-----------------|------------------------------------|
| <b>Leche</b>    | 770 mg/500 ml (entera o desnatada) |
| <b>Queso</b>    | 760 mg/100 g                       |
| <b>Yogur</b>    | 150 mg/100 g                       |
| <b>Pan</b>      | 7,5 a 45 mg/rebanada               |
| <b>Sardinas</b> | 400 mg/100 g                       |
| <b>Brécol</b>   | 100 mg/100 g                       |
| <b>Huevos</b>   | 27 mg/unidad                       |

## Recomendaciones de consumo diario de calcio

| Edad               | Cantidad diaria recomendada (mg) |
|--------------------|----------------------------------|
| Lactantes          |                                  |
| 0 a 6 meses        | 400                              |
| 6 a 12 meses       | 600                              |
| Niños              |                                  |
| 1 a 5 años         | 800                              |
| 6 a 10 años        | 800-1.200                        |
| Jóvenes 11-24 años | 1.200-1.500                      |
| Adultos            |                                  |
| 25 - 65 años *     | 1.000                            |
| mayores de 65 años | 1.500                            |

Nota: durante el embarazo y la lactancia, las madres deben recibir 400 mg diarios de calcio adicionales a la cantidad recomendada para su edad.

\* Al entrar en la menopausia, se recomienda que las mujeres reciban terapia de reemplazo hormonal. En caso de que esto no sea posible será necesario incrementar el consumo de calcio a 1.500 mg diarios.

## EJERCICIO

La actividad física en la niñez y adolescencia está positivamente relacionada con la densidad ósea (el remodelado óseo depende de la interacción de factores hormonales y mecánicos), pero sus efectos en mujeres posmenopáusicas son modestos. A las personas de edad avanzada que han sufrido cierta pérdida de masa ósea puede beneficiarles un programa de ejercicios aeróbicos como caminar, nadar y bailar. El beneficio principal de un programa de ejercicio es aumentar la fuerza muscular y la resistencia, lo cual ayudará a prevenir caídas.

Los ejercicios de extensión de la columna y caminar pueden estabilizar o incluso incrementar la masa ósea y mejorar el balance y la fuerza muscular. Ensayos clínicos aleatorios han demostrado que los ejercicios reducen el riesgo de caídas en aproximadamente 25%, aunque no hay evidencias experimentales de que varíen los rangos de fracturas.

Algunos ejercicios físicos útiles para el paciente con osteoporosis



**Factores indispensables en el tratamiento no farmacológico de la osteoporosis**

Como parte importante para la prevención de caídas, se debe instruir al paciente o familiares sobre los siguientes puntos:

- Tapetes sueltos
- Obstáculos
- Posturas viciosas
- Animales domésticos
- Juguetes
- Piso resbaloso
- Iluminación
- Zapatos

Un elemento importante en el manejo no farmacológico de la osteoporosis que también guarda relación con el ejercicio y la prevención de caídas, así como con el riesgo de fracturas, es la higiene postural. Es necesario enseñarle al paciente que debe:

1. Evitar posiciones en flexión de la columna.
2. Evitar hipercifosis ("adoptar posturas en joroba"), pues incrementa la compresión de las vértebras y por ende se pueden fracturar.
3. Emplear asientos firmes.
4. Dormir en decúbito dorsal (boca arriba) en una cama con colchón duro y almohada baja; o bien en decúbito lateral (de lado).

## HIGIENE POSTURAL

1. Para recoger objetos del suelo, flexionar las rodillas con la espalda erguida (recta).
2. Cargar o coger objetos en forma lenta, con ambas manos, evitando movimientos bruscos.
3. Enseñar al paciente que siempre es mejor arrastrar un objeto o empujarlo, antes que cargarlo.
4. Al mover un objeto pesado, empujar con los pies separados para equilibrarse mejor, adelantando uno de ellos y aprovechando el propio peso del cuerpo.

En conclusión, el tratamiento de la osteoporosis debe iniciar invariablemente con una serie de medidas no farmacológicas, que son igualmente importantes a la ingesta de medicamentos. La falta de estas medidas constituirá un tratamiento incompleto.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Christiansen, Claus. Treatment of Osteoporosis. En: Treatment of the Postmenopausal Women: Basic and Clinical Aspects. Ed. Rogerio A. Lobo, Ravne Press, Ltd, 1994.
2. José Pedro Arzac Palumbo, Revista de Endocrinología y Nutrición Vol. 8, No. 2, abril-junio 2000, pp 73-76.
3. Harrison's, Principles of Internal Medicine, Mc Graw Hill, 16a Edition 2005, Vol II, Pag 2268:2278.
4. National Institute of Health. Consensus Development Conference Statement: Osteoporosis Prevention, Diagnosis and Therapy. Bethesda, Md, National Institute of Health; 2000:1-29.

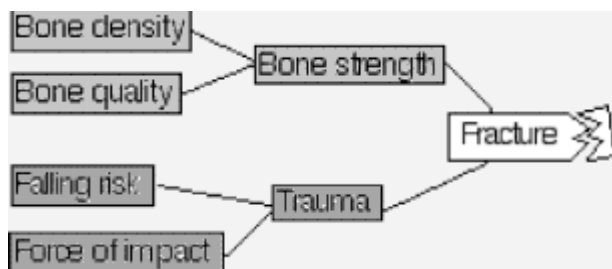
# Tratamiento FARMACOLÓGICO de la OSTEOPOROSIS

El tratamiento en la osteoporosis no puede ser fundamentado exclusivamente en los resultados de alguna de las diferentes opciones diagnósticas con las que se cuenta, sino en el perfil global obtenido a través de la historia clínica y el examen físico minucioso, aunado a pruebas diagnósticas cualitativas de laboratorio para descartar patologías asociadas y cuantitativas, tales como la densitometría ósea.

## ¿Cuándo dar medicamentos?

Es importante hacer notar que los medicamentos no funcionan bien en pacientes desnutridos, con deficiencia de vitamina D o falta de ejercicio, y que es muy importante protegerlos de fracturas (cadera) y determinar el riesgo de fracturas para decidir dar tratamiento medicamentoso.

## Cálculo de riesgo de fracturas



## Tratamiento farmacológico

### Suplementos de calcio y vitamina D

Es muy importante que los pacientes mantengan los niveles diarios requeridos de calcio y vitamina D, que son parte fundamental en el tratamiento.

Los suplementos de calcio deben suministrarse cuando la dieta no aporte las cantidades diarias recomendadas. Su papel principal es contribuir a preservar la masa ósea y se absorben mejor en dosis divididas.

Sin embargo, no se recomienda como terapéutica única y debe asociarse con vitamina D, pues así se reduce la frecuencia de fracturas vertebrales y de cadera del 10% al 27%.

En ocasiones puede causar dispepsia, litiasis renal, por lo que es recomendable ingerirla con abundante agua. Afortunadamente, en el mercado existen compuestos que incluyen la combinación de ambos elementos.

**Daniel Arellano Pérez Vertti**

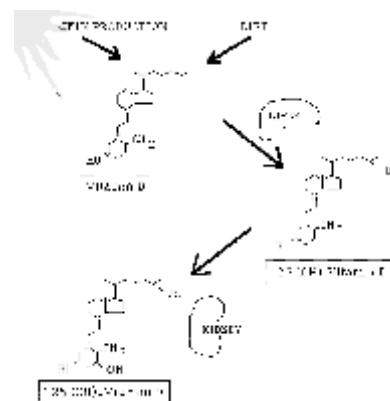
Facultad de Medicina, Unidad Torreón

La vitamina D mantiene los niveles de calcio sérico, y como ya se mencionó se asocia a suplementos de calcio; los análogos de vitamina D, como calcitriol y alfalcidol, se consiguen también en forma única.

La ingesta de Vitamina D se recomienda en enfermedades que causen deficiencia, como en pacientes con hipocalcemia por IRC (insuficiencia renal crónica) e hipoparatiroidismo.

Su efecto principal es favorecer la absorción intestinal de calcio y de esa manera disminuye la pérdida ósea en osteoporosis posmenopáusia. También a nivel del riñón favorece la reabsorción en los túbulos renales cuando sus niveles en suero están disminuidos.

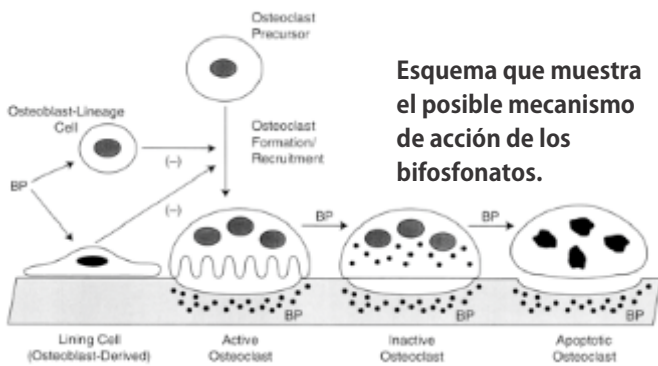
La vitamina D administrada por vía oral puede causar hipercalcemia, hiperclaciuria y nefrolitiasis.



Existe otro tipo de medicamentos cuya finalidad es incrementar la masa ósea por diferentes vías. Algunos de ellos son:

### Bifosfonatos

Este tipo de medicamentos reduce la incidencia de fracturas y mejora la calidad de vida. Su mecanismo de acción es mediante la inhibición de la actividad osteoclástica y puede emplearse en casos de enfermedad de Paget, y osteogénesis imperfecta.



Esquema que muestra el posible mecanismo de acción de los bifosfonatos.

## Estrógenos

Se emplean en la prevención o tratamiento de osteoporosis en mujeres posmenopáusicas con densidad ósea baja, además de ser parte del tratamiento de síntomas menopáusicos. Los Estrógenos no deben emplearse en los siguientes casos:

- Embarazadas
- Cáncer de mama
- Tromboflebitis
- Hepatitis activa
- Hipertrigliceridemia

## Efectos de los estrógenos

Los efectos de la ingesta de estrógenos se resumen en la

|             | Efectos negativos                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Efectos positivos                                                                                                                                                                      |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Corto plazo | <ul style="list-style-type: none"> <li>Disfunción menstrual</li> <li>Insomnio</li> <li>Quistes</li> <li>Cefalea</li> <li>Distensión</li> <li>Irritación</li> <li>Náusea</li> <li>Hipertensión</li> <li>Enfermedad arterial coronaria</li> <li>Tromboflebitis</li> <li>Enfermedad vascular cerebral</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Menos gases abdominales</li> <li>Aumenta HCL</li> <li>Reduce LDL</li> <li>Reduce atrofia vaginal</li> </ul>                                     |
| Largo plazo | <ul style="list-style-type: none"> <li>Infarto</li> <li>Cáncer de mama</li> <li>Cáncer endometrial</li> </ul>                                                                                                                                                                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Menos fracturas osteoporóticas</li> <li>Menos cáncer de colon</li> <li>Alzheimer</li> <li>Enfermedad Alzheimer</li> <li>Cuestionable</li> </ul> |

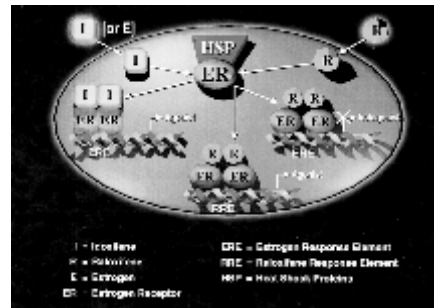
## Calcitonina

La calcitonina actúa sobre osteoclastos favoreciendo el cese de la resorción ósea. Se indica para prevenir fracturas vertebrales. La dosis vía nasal es de 200 unidades/día; puede irritar la nariz.

## Moduladores selectivos de los receptores para estrógeno (serm´ns)

Tienen efecto estrogénico sobre el hueso y en el colesterol. Se descubrió su efecto en el tratamiento de la recidiva del cáncer de mama (droloxifeno, raloxifeno, lasofoxifeno y bazofoxifeno).

Producen un incremento en la masa ósea (2.7% en promedio a los 3 años). Después de 3 años reduce fracturas vertebrales en un 50% en osteoporosis sin fracturas y 30% en osteoporosis con fracturas. Otro de sus importantes efectos es disminuir el nivel total de colesterol y en 62% el cáncer de mama en mujeres con bajo riesgo. Puede causar



Modelo que explica el mecanismo de acción de los SERM´ns.

## Agentes anabólicos

- Las sales de flúor estimulan la actividad de osteoblastos y la formación ósea, pero no disminuyen el riesgo de fracturas (cuestionable).
- En los esteroides anabólicos su efecto es antirresortivo. No se sabe si previene fracturas y efectos colaterales muy severos (cuestionable).
- Otros, como la hormona del crecimiento y factores de crecimiento similares a la insulina.

Hormona Paratiroidea (PTH).

Su efecto natural es incrementar la resorción por ser secreción continua; este efecto es opuesto cuando se administra en pulsos, por vía exógena (subcutánea) lo que quizá se deba a algún estímulo a genes diferentes.

Se usa en osteoporosis posmenopáusica e idiopática en hombres. Incrementa la densidad mineral ósea (10%), disminución de riesgo de fracturas vertebrales (65%) y disminución de fracturas no vertebrales (55%).

## Bibliografía

1. Bilezikian (1999) J Clin Endocrinol Metab 84:3431-4.
2. Goddard (1998) Postgrad Med 104(4):54-72.
3. Heaney (1998) Endocrinol Metab Clin North Am 27:255-65.
4. Orwoll (1998) Endocrinol Metab Clin North Am 27:349-6.
5. South-Paul (2001) Am Fam Physician 63(5):897-904.
6. Taxel (1998) Geriatrics 53(8): 22-3.
7. Downs, R. W., Jr. (1999). An open-label extension study of alendronate treatment in elderly women with osteoporosis. Calcif Tissue Int 64(6): 463-9.
8. Anderson GL. Effects of conjugated equine estrogen in postmenopausal women with hysterectomy: the Women's Health Initiative randomized controlled trial. Jama 2004;291:1701-12.
9. Beral V. Breast cancer and hormone-replacement therapy in the Million Women Study. Lancet 2003;362:419-27.
10. Bone HG. Alendronate and estrogen effects in postmenopausal women with low bone mineral density. Alendronate.

# UNA APROXIMACIÓN A LA LECTURA A PARTIR DE LA INTERACCIÓN ENTRE LECTOR Y ESPACIO TEXTUAL (UNA PROPUESTA DIDÁCTICA)

Elsa Ofilia Barragán Molina

Julio Cufarfán López

María del Carmen Orozco Esquivel

José Octavio Domínguez Carranza

Facultad de Ciencias de la Educación y Humanidades

La lectura, hoy en día, es un tormento para los estudiantes por la didáctica plana que se propone en el salón de clase, donde la sumatoria de palabras (con código único) siempre será “lógica”, esquemática, rígida y lo más importante: bajo la óptica psico-contextual del docente. La metodología empleada por el lector-alumno es de orden causalista predeterminado (texto=mensaje) y sólo corrobora el contexto situacional que el docente dirige.

Cuando se habla de lectura inmediatamente viene hasta nuestra mente el libro con su propuesta de relación unívoca (de una sola voz) entre autor y lector. Lectura, desde la tradición, es una red de mensajes implícitos, unidireccionales y convencionales. Bajo este esquema, leer no es entender, es concordar con el mensaje prefijo; no es comprender, es asimilar los códigos implícitos.

El proceso de lectura, en las aulas, es abordado y definido desde una sola perspectiva, unidimensional y sesgado hacia la postura centrada en la enseñanza. Esto ha propiciado lectores carentes de recursos suficientes para interactuar con Espacios Textuales (ET) diversos, que se manifiestan como los escenarios o esquemas cognitivos de interacción social. Es decir, el libro no es el único fenómeno con posibilidades de leerse, sino que existen diferentes espacios como situaciones cotidianas (una plática en un café, chatear o hablar por teléfono), eventos culturales (exposiciones de cuadros pictóricos, fotografías, obras de teatro) y otras acciones sociales (cantar en el baño, jugar cubilete, platicar con uno mismo frente al espejo) que requieren del desarrollo de la habilidad lectora en el ser humano. La lectura se define como:

## **Acción de leer.**

**Interpretación del sentido de un  
texto (diccionarios.elmundo.com)**

La educación actual centra su atención en la lectura

como una forma de acercarse a un mensaje y no como una habilidad de interacción humana, social. Es necesario modificar las propuestas sobre el desarrollo de la habilidad lectora en todos los niveles educativos. Uno de los aspectos que potencian el desarrollo de las habilidades lectoras es la observación y la interpretación. Los alumnos no observan ni interpretan; traducen los códigos. Observar es sujetar; es asir, libre, espontánea y lúdicamente el campo textual, el lugar de manifestación del tejido comunicativo. Interpretar es generar un sistema de códigos propios coherentes, trascendentes, que desarrollan innovando modelos y situaciones textuales propios a partir de redes múltiples de sentido. Los modelos actuales de lectura evalúan el número de códigos traducidos; una tarea rutinaria, aglutinante y tediosa, por lo que el alumno no crea, sino que acepta, conjunta y codifica.

Se enseña a los alumnos a ser lectores ciegos, que no buscan o encuentran. Quizá este orden de ideas puede sonar como absurdo, antinómico, pero tiene un sentido que llevará a la reflexión. Buscar implica estar abierto, sin marcos pre-fijos. Encontrar es asir elementos previamente establecidos, por lo que no tienen el mismo sentido, ya que el marco experiencial-contextual será diverso, múltiple. Cada experiencia frente al corpus textual siempre será diferente e integrante.

Para cambiar esta aproximación tradicionalista, la lectura tiene que abordarse como una habilidad que posibilita la identificación del individuo consigo mismo y con los demás. El modelo tradicional está centrado en la interpretación de un código único llamado lengua, cuando la lectura es un punto de encuentro de diversos códigos conocidos como lenguajes.

El lenguaje puede definirse como movimientos particulares, individuales -tanto en forma mímica, como fónica o gráfica- que expresan para el otro el alter, relaciones de sentido: es la interacción entre los seres. El hombre posee la habilidad de expresar, no por lo dado, sino por lo congénito y su interacción con la otredad y su entorno. El ser humano no sólo observa lo que le rodea, sino que también lo modifica

cuando lleva a cabo el proceso de crear. Lo anterior cambia la idea tradicional ya que la lectura emerge como percepción y su contraparte, la escritura, como creación, constituyéndose en un vínculo indisoluble que retroalimenta la habilidad del individuo de ser sí mismo y otro.

De acuerdo con Schütz:

**Existe entonces una interacción cuando una persona actúa sobre otra con la expectativa de que esta última responda, o al menos se dé cuenta. Todas las vivencias del partícipe se modificarán, naturalmente, a raíz de la atención que preste al actor (Schütz: 1993: 188).**

El proceso de interacción social implica necesariamente una acción de parte de los participantes en el proceso, ya que toda interacción se basa en una acción que consiste en actuar sobre otro dentro de una situación social. El objeto de la acción consiste en llevar al partícipe a que tenga vivencias conscientes de una determinada clase. La condición necesaria de la acción es que el partícipe preste atención al actor.

En el mismo sentido, se puede hablar de la interacción entre el lector y un espacio textual.

**El proceso de interacción (entre el lector y un espacio textual) es un proceso semiótico, que formalmente es como el proceso de comunicación, pero con la salvedad de que los sujetos emisor y receptor alternan estos roles. La información circula en los dos sentidos y el proceso semiótico tiene doble dirección. (Bobes Naves: 124, 1989).**

Quizá el hecho de ver al texto literal como plano, rígido y unilateral es por la limitación de ver los elementos (palabras, ilación de ideas, etcétera) del corpus textual como código unívoco, propio de la lengua como sistema. Sin temor a equivocarse, no es el docente, no es el alumno, sino es el modelo a manera de sistema que ha fallado. Los expertos en lenguaje regularmente descartan a la matemática como lenguaje, como expresión situacional. De hecho, la matemática, bajo un sistema rígido también, puede potenciar la imaginación y la inventiva. Quitando el carácter lógico-deductivo como sistema, la matemática, al igual que la literatura, puede verse desde una óptica de vasto desarrollo. Se puede decir que el problema que tiene el aprendizaje de las matemáticas es el mismo del lenguaje escrito.

Con base en la problemática anterior, es necesario asumir a la lectura como una habilidad semiótica, donde los signos emergentes de diversos lenguajes son percibidos y concretados por el ente social para definirse ante sí mismo y el otro. Siguiendo esta perspectiva, se propone a los maestros (y lectores en general) que asuman a la lectura como un proceso de interacción entre el Espacio Textual y el lector para alcanzar la concreción de la identidad personal y social de los estudiantes, a través de cuatro niveles metodológicos para observar diferentes ángulos del fenómeno planteado:

- El análisis de la expresión fonética.
- El análisis de los procesos de esquematización.
- El análisis de los valores y antivalores.
- El análisis de los procesos de jerarquización y formación de taxonomías para especificar el impacto de los estereotipos y patrones individuales y sociales.

Estos cuatro niveles de análisis se explorarán en tres tipos de Espacios Textuales: orales (grabación en audio o transcripción de conversaciones), escritos (redacción de un documento) y visuales (filmación en video u observación de las actitudes y expresiones corporales/faciales de los participantes en una conversación).

43

#### BIBLIOGRAFÍA

Abbagnano, Nicola. (1995). Diccionario de Filosofía. Editorial Fondo de Cultura Económica, México.

Barragán Molina, Elsa Ofilia (2004) Interacciones entre el lenguaje, el sensorio y la cognoscitividad en el desarrollo del ser humano. Universidad Autónoma de Coahuila, Facultad de Ciencias de la Educación y Humanidades. Tesis de doctorado en Ciencias de la Educación, Saltillo, Coahuila, México.

Bobes Naves, María del Carmen (1989). La semiología. Editorial Síntesis. España.

Coreth, Emerich. (1991) ¿Qué es el hombre? Editorial Herder. 6ª edición. España.

Gehlen, Arnold. (1987) El hombre. 1987. Ediciones sígueme. 1ª edición.

González Alanís, Ariel H. (1998). Teoría del lenguaje: origen y fundamentos. U. A. de C. México.

Hjelmslev, L. (1971) Prolegómenos a una teoría del lenguaje. Madrid, España.

Diccionarios. [en línea] Editorial El Mundo.es [citado 2005 05 25] Formato PDF. Disponible de:  
<[http://diccionarios.elmundo.es/diccionarios/cgi/lee\\_diccionario.html](http://diccionarios.elmundo.es/diccionarios/cgi/lee_diccionario.html)>

# Castilla, tierra y viento

44

**Rosa Esther Beltrán Enríquez**

Colaboradora de la Coordinación  
General de Estudios de Posgrado  
e Investigación.

En el ámbito académico, la publicación de un libro siempre es una buena noticia. Es la culminación de una labor intelectual que regularmente es muy ardua. Para la colectividad a la que se refiere, por lo general resulta un regalo y en el área de la historia es como una nueva luz que ilumina épocas y situaciones que de otra manera estarían olvidadas; permanecerían a oscuras.

**Castilla, tierra y viento** es el sugerente título del texto editado por la UA de C y el Centro de Estudios Sociales y Humanísticos, A.C.; su autor es el historiador y catedrático de la Facultad de Economía de la universidad, Arnoldo Hernández Torres.

El libro presenta los resultados de una investigación sobre el crecimiento económico de Saltillo en las últimas décadas de la etapa Colonial y analiza las características del mercado interno regional y su articulación con los mercados nacional y externo a través de los indicadores regionales de la circulación de mercancías expresados en la recaudación de la renta de las alcabalas.

El texto fue presentado por la doctora Rocío González, presidenta de la Asociación de Historia Económica del Norte de México, A.C. quien subrayó que el libro es interesante, además de oportuno, en un momento en que la mayor preocupación y urgencia de los Estados y las corporaciones es encontrar mecanismos de inserción en la economía global y conocer cómo se conformaron, se vincularon y se desarrollaron en el pasado los mercados regionales con los centros metropolitanos.

**Castilla, tierra y viento**, dijo, es un trabajo pionero; una aportación importante en cuanto que sistematiza el análisis de este rubro impositivo y la circulación de mercancías, pero además porque la historia económica local era un campo virgen. El estudio abre una veta novedosa porque se acerca a la historia desde las especificidades de la región noreste de México, ya que Coahuila y Texas, por sus características, conformaron una región que geográficamente, y desde las estructuras económicas y sociales, produjeron identidades e instituciones que el texto explora.

Según la experta en historia económica, el autor no escatimó esfuerzo alguno en una delicada y minuciosa labor de recopilación de datos seriados sobre finanzas. “El trabajo metodológico y de indagación realizado por

Arnoldo Hernández es impecable y de largo alcance, ya que diversifica los temas y materiales, sobrepasando al texto, por lo que abre amplias posibilidades para futuros trabajos de investigación”.

Un aspecto importante, agregó, es que el trabajo de Hernández sugiere preguntas que de ser respondidas seguro suscitarán nuevos estudios: ¿cuál fue el peso del comercio en la economía regional y qué lugar alcanzó frente a otros rubros como la minería, la agricultura y la ganadería?

### **Amplia investigación en diversas fuentes**

Dos años y medio trabajó Arnoldo Hernández para la publicación de su texto; estuvo en los archivos General de la Nación, del Estado y el Municipal; indagó en las bibliotecas de El Colegio de México, la Nacional y en las locales que contienen documentación alusiva al tema.

Al respecto, el autor comentó que el título del libro **Castilla, tierra y viento** hace referencia al ramo impositivo de alcabala: Castilla, sobre las mercancías de España y Europa; Tierra, a los productos de la Nueva España, y Viento, carga impositiva a los bienes locales con precios menores a 10 pesos.

Explicó que el subtítulo La renta de alcabalas en la villa del Saltillo remite al estudio de la recaudación efectuado por primera vez en forma burocrática, resultado de las reformas administrativas impulsadas por los monarcas borbones (Carlos III y Carlos IV). Estas dejaron atrás el sistema de cobro anterior consistente en el arrendamiento por un pago de 1,500 pesos de ocho reales (que para el caso de la villa del Saltillo estuvo a cargo del cabildo) lo que permitía que después de sumar ese monto se podía dispensar su cobro

durante el resto del año, particularmente a los comerciantes que integraban el cabildo.

El periodo 1777-1821 corresponde a las últimas cuatro décadas del virreinato, de las cuales se tiene registro del pago de las alcabalas de la mayoría de los años hasta 1815, cuando se cambió la feria del Saltillo a Monterrey. Las alcabalas se cobran por la introducción de mercancías de un distrito a otro, práctica que remite al periodo feudal, ya que cada señorío contaba con su aduana, vista aduanal y administrador de la renta. Por tanto, se trata de un impuesto al comercio interior.

En la investigación sobre el crecimiento económico se recurrió al análisis de la renta de alcabalas, por ser un indicador indirecto que corresponde a un porcentaje del valor de las mercancías grabadas, ya que no se dispone de estadísticas de los precios de la época en los archivos históricos consultados: Archivo Municipal de Saltillo, Archivo General del Estado de Coahuila y Archivo General de la Nación.

Cabe destacar que el autor prepara ya su tesis doctoral sobre la historia del comercio de la Provincia de Coahuila.

Por su parte, el maestro Arnoldo Ochoa, docente de la misma facultad, también participó con interesantes comentarios sobre la importancia del texto, y conjuntamente con la colectividad estudiantil y docente ofreció su reconocimiento a la publicación y al trabajo de Arnoldo Hernández.

Bienvenida sea **Castilla, tierra y viento** como aportación a la historiografía de la economía regional durante la colonia, ya que además enriquece la labor editorial de la Universidad

“La información es liberadora”

Kofi Annan

# El derecho a la información

**Fabiola María García Cepeda**

Responsable de la Unidad de Atención de Acceso a la  
Información Pública y Archivo de la UA de C

46

Si bien el derecho positivo es el conjunto de reglas cuya observancia está prescrita y sancionada por los pueblos, el derecho ideal no deja de hacerse presente fundándose en la idea de lo justo y de lo injusto, pero sobre todo como lo expresó Ulpiano: “En el arte de lo bueno y lo equitativo”.

¿Por qué hablar de estos conceptos? Porque no hay sociedad ni hombre perfecto, pero hemos de reconocer a quienes por su fuerza y talento hacen contribuciones para mejorar la vida y buscar la justicia social. No puede haber justicia si el ciudadano no está informado. Ese es su primer derecho: el de “saber”.

En el México contemporáneo, la expedición en 2002 de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública Gubernamental vino a transformar la forma como se realiza el quehacer público y, al mismo tiempo, modificó la perspectiva del ciudadano; ahora el gobierno no le puede ocultar nada.

Cierto es que para enfrentar la transparencia se deben vencer muchas cosas, pero el motor está encendido y no hay quien lo detenga. El gobierno y quienes lo forman deben dejar de lado temores infundados y hacer valer los multicitados derechos del ciudadano.

Los derechos humanos básicos empiezan con el conocimiento de la información y para acceder a ella la tecnología se ha perfilado como el medio por excelencia. **La tecnología cambia al mundo.**

Estamos viviendo la revolución de la información y esto es supremamente importante. La fibra óptica, los teléfonos celulares y las computadoras forman parte de esta revolución que si bien hace unos años nos parecía algo lejana, hoy es una de las realidades más palpables. Cada vez más gente tiene acceso a ella, sobre todo en los países de primer mundo, quienes figuran como caudillos de esta revolución informativa y cuentan con todas las ventajas para beneficiarse de ella.

Sin embargo, los países en vías de desarrollo tienen el mismo derecho y un mayor número de necesidades. En consecuencia, el reto es dotarlos de las herramientas para lograrlo.

La tecnología es un puente, pero tenemos que buscar la forma de que se conecte con todo tipo de gente, creando una ingeniería sólida que ayude a los avances tecnológicos.

La información y la libertad van de la mano y no podemos poseerlas sin la democracia. Es por eso que la difusión de la información impacta directamente en la rendición de cuentas y en la transparencia que los gobiernos del mundo deben tener si quieren sobrevivir y ser estados de derecho.

La información es poder, y el “saber” no sólo se refiere a conocer las acciones de funcionarios y gobiernos, sino al conocimiento que cultiva al ser humano en sí mismo. Cada hombre tiene derecho a conocer de historia, de ciencias y de todas las artes que inspiren su interés; esta información constituye la preparación que nos da un país educado.

Hay un principio fundamental para toda sociedad: sin educación no hay tolerancia; sin tolerancia no hay paz. Es por eso que los gobiernos deben otorgar garantías que impidan de manera tajante un posible control de la información, una manipulación, una tiranía, un abuso reiterado y retador a la sociedad que pide a gritos democracia y justicia.

Los líderes deben ser conscientes de las esperanzas que el pueblo les ha encomendado, considerando de esta forma el derecho a la información como algo muy serio, prioritario e impostergable, y como parte de una nueva época que nos lleve a propagar una cultura de la información.

Estamos ante la creación de una sociedad que puede decidir y no tiene miedo a hacerlo. Hoy tenemos de nueva cuenta una “revolución” y para conseguir sus ideales inspiradores no será necesario derramar sangre y destruir abruptamente instituciones; sólo tenemos que enfrentar la nueva época y a los nuevos hombres, que aunque vistan de manera distinta a la de nuestros ancestros buscan lo mismo: el progreso social y personal.

Es el momento de luchar y perseguir ideales personales y de grupo. El estado hace lo suyo brindando la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública para que forme parte de nuestro derecho positivo y sea respetada y cumplida en forma cabal. Justo es que la ciudadanía conozca lo mínimo indispensable del funcionamiento global de nuestras instituciones.

El ciudadano actual tiene derecho a preguntar y a que le respondan, utilizando los recursos que la tecnología pone a su alcance.

Fuente: Sr. Shashi Tharoor. Subsecretario de Comunicaciones e

