

EVALUACIÓN Y ELABORACIÓN DE UN PROTOCOLO PARA EL SECADO DE POLEN

Héctor Fabián Yepes Giraldo*
Jorge Eduardo Cardona**

Resumen

El secado de materiales biológicos constituye una de las formas más antiguas y utilizadas para conservar alimentos; la calidad de los alimentos secos por utilización de calor, en muchas ocasiones se ve comprometida por desconocimiento o por la inadecuada utilización de las temperaturas, poca circulación de aire, mala distribución del material en el equipo o en casos extremos por un mal diseño del equipo secador. Al poseer cada alimento una composición nutricional propia y sensible a algunas condiciones de calor, presión, tratamientos mecánicos, entre otros, se hace necesario evaluar las restricciones que éstos poseen para evitar las pérdidas de nutrientes.

Mediante este estudio se evaluó un equipo de secado de polen, que por ser un material biológico con alto contenido de nutrientes, especialmente proteínas y vitaminas, requiere una evaluación exhaustiva de las condiciones de secado a las cuales debe ser sometido para evitar desnaturalización de prótidos y pérdidas de vitaminas.

La evaluación se llevó a cabo a diferentes temperaturas (43 °C, 37 °C y 60 °C), determinándose los tiempos de secado y que las propiedades del polen no variaron en el proceso.

Se determinó en la evaluación que la temperatura adecuada de proceso estuviera entre 40 y 43 °C, con un tiempo de secado estimado en 18 horas, una humedad inicial de 27.1% para evitar pérdida de nutrientes en el polen seco, y debido a la baja circulación de aire dentro del equipo, la eficiencia térmica de secado fue de 3.34%, ocasionando largos periodos de secado, además de una eficiencia global del equipo de 28%, lo cual demostró que al implementarse algunas adecuaciones en el mismo, se conduciría a un mejor secado en un menor tiempo, sin alterar su composición.

Palabras clave: Polen, nutrientes e ingeniería de alimentos, evaluación, secado, eficiencia térmica.

* Ingeniero de Alimentos.

** Docente Fundación Universitaria del Área Andina.

Introducción

En un reporte de Colombia ante un foro regional en Argentina, se comunican los siguientes datos sobre el particular:

“Entre 1980 y 1993 la región latinoamericana presentaba una prevalencia de la desnutrición global, medida como la relación peso/edad en un 11% y una desnutrición crónica de un 21%. □ Colombia se ubica por debajo del promedio regional. La desnutrición en niños menores de 5 años disminuyó del 21% en 1965 al 8.4% en 1995 y la desnutrición crónica pasó del 32 al 15% en este período. A pesar de estos avances existe una gran diferencia regional al interior del país: en la Costa Pacífica se presenta una desnutrición global cercana al 17%, en la Costa Atlántica al 15% y en el sur del país al 14%. En el sector rural se poseen datos que muestran desnutrición cercana al 19% en sus pobladores, en tanto que en las zonas urbanas este indicador se acerca al 13%”¹.

Los datos anteriores muestran que a pesar de existir una tendencia favorable en los indicadores anotados, la situación es grave. Una desnutrición global del 20% en los pobladores rurales es una estadística que preocuparía enormemente a cualquier nación que se preocupe seriamente por la seguridad alimentaria de sus pobladores y busque nuevas alternativas de nutrición para su población.

El polen de abejas es una importante fuente natural de proteínas, carbohidratos, vitaminas y minerales, considerado por ello como un excelente suplemento dietético con acción bioestimulante. El polen seco representa un alimento altamente nutritivo y de amplio uso en la industria farmacéutica, alimentación, cosmetología y terapéutica.²

Según algunos naturistas, entre ellos J. M. Pamies Travesset, *“parece estar bastante comprobado en la práctica el beneficioso efecto que tiene la ingestión del polen en las personas alérgicas cuando realizan una cura de polen uno o dos meses antes de que cobre mayor auge la polinización de las flores”*³.

Debido a esto, el secado del polen es fundamental para obtener un producto que cumpla con las características adecuadas de calidad para el consumo humano.

Antes de secarse, el polen debe llevarse a una serie de operaciones de acondicionamiento: cosecha, beneficio y recolección, para posteriormente realizar el secado. Para el secado y el procesamiento del polen debe contarse con una sala adecuada para ello, y como es un producto alimenticio, esta sala tendrá que cumplir con los requisitos que exijan las autoridades sanitarias locales⁴.

Los secadores con aire caliente son los equipos más adecuados para el correcto secado del polen. Consisten en el uso de aire que se calienta a temperatura controlada y que no debe exceder de los 40-45°C. Los equipos utilizados para este efecto generalmente son fabricados por los propios productores, debido a que prácticamente no existen aún en el mercado, y consisten en estructuras o gabinetes donde se acondicionan bandejas cuyo fondo es de malla fina y donde va colocada una capa de polen. Estas bandejas permiten la circulación del aire caliente, eliminando la humedad del polen; el aire se introduce, se calienta y se expelle hacia el interior donde están las bandejas y circula y elimina la humedad del polen. El número de bandejas es variable y depende del tamaño y capacidad del secador.

El secado debe realizarse con un estricto control de la temperatura y tiempo

de secado, para evitar deteriorar las proteínas del polen. Después del secado el polen debe llevarse a un tamizado para limpiar impurezas y posteriormente envasarlo, para lograr con esto altos tiempos de vida útil.

Materiales y métodos

Materiales

Para el estudio se utilizó un equipo de secado con control de temperatura sin fuente de circulación de aire con orificios para la salida del vapor húmedo y polen, proveniente de diferentes apiarios de la zona rural de Risaralda.

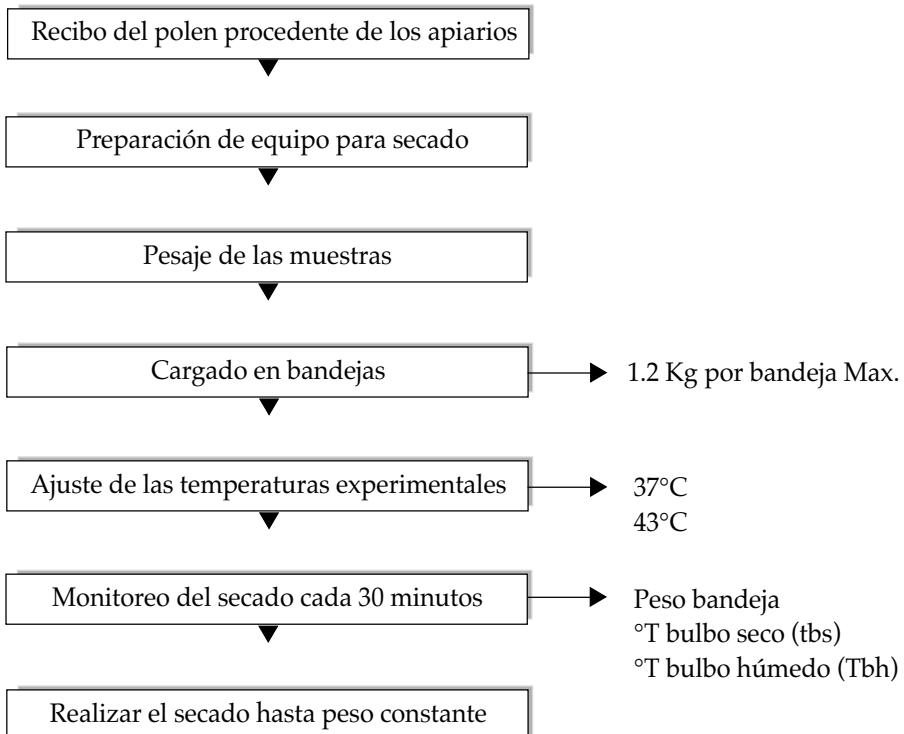
Métodos

Se llevó a cabo en las instalaciones de

la Casa Campesina, ubicada en el barrio Playa Rica del municipio de Dosquebradas, por medio del secado de las diferentes muestras de polen.

El estudio fue de tipo experimental; la variable controlada fue la temperatura, realizándose tres secados a 37°C, 43°C y 60°C, para determinar las condiciones óptimas de tiempo y temperatura de proceso y los parámetros de funcionamiento del equipo (eficiencia de calentamiento, eficiencia térmica global, eficiencia dinámica y capacidad dinámica del equipo).

El procedimiento que se utilizó para realizar el secado se muestra en el siguiente diagrama, y fue realizado específicamente para el estudio:



Una vez recibido el polen de los diferentes apiarios, se enviaron muestras de éste al laboratorio de alimentos de la Universidad Tecnológica de Pereira con el fin de determinar la humedad inicial, % de proteínas y análisis microbiológico del polen fresco. Los análisis constituyen un parámetro de referencia para

la evaluación de polen posterior al secado.

Resultados y discusiones

La siguiente tabla contiene el registro de los datos tomados a intervalos de 30 minutos en la práctica de secado.

Tabla N. 1. Pesos y temperaturas al interior del secador.

TIEMPO (H)	PESO POLEN (GR)	TBS ENTRADA °C	TBH ENTRADA °C	TBS SALIDA °C	TBH SALIDA °C
0	1000	30	25	28	25
0.5	990	37	26	35	25
1	986	40	27	36	26
1.5	976	38	27	36	25
2	968	40	26	40	25
2.5	956	43	26	40	27
3	941	43	26	40	26
3.5	934	44	25	44	26
4	927	44	25	44	25
4.5	920	44	25	45	27
5	909	44	25	45	25
5.5	897	46	25	45	25
6	891	47	25	45	25
6.5	886	47	25	45	25
7	877	46	25	45	25
7.5	871	47	25	45	25
8	868	47	25	45	25
8.5	862	48	25	45	25
9	861	48	25	45	25
9.5	860	48	25	45	25
10	858	48	25	45	25
10.5	854	48	25	45	25
11	852	48	25	45	25
11.5	849	47	25	45	25
12	845	48	25	45	25
12.5	841	48	25	45	25
13	839	48	25	45	25
13.5	837	48	25	45	25
14	835	48	25	45	25
14.5	831	48	25	45	25
15	828	48	25	45	25
15.5	825	48	25	45	25
16	824	48	25	45	25
16.5	822	48	25	45	25
17	821	48	25	45	25
17.5	821.5	48	25	45	25
18	820	48	25	45	25

* Los datos de peso del polen son netos (peso sin bandeja).

La humedad inicial fue determinada a 105°C por 6 horas, basado en la Norma Técnica, y se llevó a cabo en la Universidad Tecnológica de Pereira.

La humedad del polen presenta variabilidad según el apiario de donde provenga éste y las condiciones de manejo posterior a su recolección. El polen con humedades muy altas (mayores a 25%), son más propensos al desarrollo de hongos en un menor tiempo, provocando su rápido deterioro.

Para el polen analizado este parámetro estuvo entre 23.9% y 29.8%; para efectos de cálculo se trabajó con un promedio de 27.1%.

Determinación de la eficiencia de calentamiento

La eficiencia del sistema de calentamiento se da por la siguiente expresión:

$$ESC = \frac{\text{Potencia ganada por el aire}}{\text{Potencia suministrada por el gas}} \times 100$$

donde: ESC = eficiencia del sistema de calentamiento %

La potencia ganada por el aire (PGA), se calculó hallando el cambio entálpico del aire en el proceso de calentamiento desde 25°C hasta 46.3°C:

$$PGA = M \int_{T_A}^{T_B} C_p \cdot dT$$

M: flujo másico en Kg/h

Como no existe movimiento de aire por medio de impulsores, el flujo másico del aire es calculado por la relación de la velocidad y el área de entrada al equipo, $M = v \cdot A$, donde:

v = velocidad del aire de entrada.

A = Área del equipo

La Capacidad calorífica del aire está dada por la siguiente expresión:

$$C_p = (6.713 + 0.04696 \cdot 10^{-2} T + 0.1147 \cdot 10^{-5} T^2 - 0.4696 \cdot 10^{-9} T^3) / 29 \text{ en Kcal/Kg}^\circ \text{K}$$

$$PGA = \frac{4.45}{29} \cdot \int_{288.15}^{319.45} (6.713 + 0.04697 \cdot 10^{-2} \cdot T + 0.1147 \cdot 10^{-5} \cdot T^2 - 0.4696 \cdot 10^{-9} \cdot T^3) \cdot dT$$

Realizando la integral y haciendo los cálculos respectivos se encuentra que:

$$PGA = 0.913 \text{ W}$$

La potencia ganada por el aire es muy baja debido a que no existe circulación de aire, lo cual no permite un adecuado proceso de secado y largos tiempos de residencia del producto en el equipo.

La potencia suministrada por el gas propano (PSG), se encuentra en tablas termodinámicas para combustibles (Geancoplis 1993)

$$H_{\text{comb}} = 2.220051 \text{ KJ / kgmol}$$

El flujo másico del gas que entra, se calcula de acuerdo a la velocidad de entrada y el área de la boquilla.

$$PSG = 0.0273 \text{ KW}$$

Por lo tanto:

$$ESC = 100 \cdot (PGA / PSG) = 100 \cdot (0.913 \text{ W} / 27.3 \text{ W})$$

$$ESC = 3.34 \%$$

Cálculo de la eficiencia térmica global del secador

La eficiencia térmica global del secador viene determinada por la siguiente relación:

$$E = \frac{m \cdot \lambda}{\theta \cdot M \cdot \int_{T_1}^{T_2} C_p dT}$$

Que es equivalente al calor necesario para evaporar la cantidad de agua, dividido entre el calor suministrado por el gas al aire.

En donde:

m: cantidad de agua retirada = 0.180 Kg.

λ_2 : calor de evaporación a 590 mmHg (78.66 KPa) = 2664.3 KJ/Kg

T_2 : temperatura de entrada del aire a la cámara °C = 46.3

T_1 : temperatura del aire ambiente °C = 25

M: flujo másico del aire = 4.45 Kg / h

Cp: capacidad calorífica a temperatura media = 1.0055 KJ/KgK

θ_s = tiempo de secado = 18h

Reemplazando

E = 28 %

El valor de la eficiencia térmica global es muy bajo, debido principalmente a que no existe un flujo continuo de aire.

Determinación de la eficiencia térmica:

La eficiencia térmica para el secador viene dada por la ecuación:

$$ET = \frac{3600 \cdot PSG \cdot \theta_s}{m}$$

en la cual:

PSG= potencia suministrada por el gas = 0.0273 KW

θ_s = tiempo de secado = 18 h

m: masa evaporada = 0.180 Kg

Reemplazando se encuentra:

ET = 9828 KJ / Kg de agua evaporada por bandeja.

Debido a la baja eficiencia del secador, la energía necesaria para retirarle un kilogramo de agua al producto es bastante alta, además del tiempo prolongado de secado.

Cálculo de la capacidad dinámica del secador:

La capacidad dinámica del secador viene dada por:

$$CD = Pf / \theta_s$$

Con:

Pf: peso final del sólido (después del secado) = 0.820 Kg

θ_s : tiempo total de secado = 18 h

CD = 0.820 kg / 18 h = 0.0455 Kg de Polen seco / h por bandeja ó 0.73 Kg de polen seco/ h

Cálculo de la eficiencia dinámica de secado:

La eficiencia dinámica de secado viene dada por:

$$ES = AR / PF$$

Con:

AR: Cantidad de agua retirada del producto = 0.18 Kg

PF: Polen fresco = 1 Kg

ES = 0.18 Kg de Agua / Kg de Polen fresco.

Los datos obtenidos experimentalmente, se resumen en la tabla 2:

Tabla No. 2. Parámetros evaluados en el equipo de secado.

PARÁMETRO EVALUADO	RESULTADO
Eficiencia de calentamiento (ESC)	3.34%
Potencia ganada por el aire (PGA)	0.913 W
Potencia suministrada por el gas (PSG)	27.3 W
Eficiencia térmica global (E)	28%
Eficiencia térmica (ET)	9828 KJ / Kg agua evaporada
Eficiencia dinámica de secado (ES)	0.18 Kg agua / Kg polen fresco
Capacidad dinámica del secador (CD)	0.73 Kg polen seco / h

Construcción de la Curva de Secado

$$\% \text{ Humedad}(bh) = \frac{\text{Masa de agua (kg)}}{\text{Masa de Polen fresco}}$$

Humedad inicial: 27.1%

Temperatura de secado : 43 °C

Los datos de % humedad, se muestran en la gráfica 1.

Para el desarrollo de la curva de secado, se tomó el peso cada 30 minutos,

por 18 horas, tiempo en el cual la humedad cayó de 27.1% a 7.3%. En la curva se puede observar una velocidad de secado continuo hasta aproximadamente 5 horas, de este punto en adelante la humedad se retira a una menor velocidad.

El valor de la proteína no tuvo una variabilidad considerable, ya que se encontró entre el 14.9% y 18.4% (según análisis bromatológicos).

CURVA DE SECADO DE POLEN

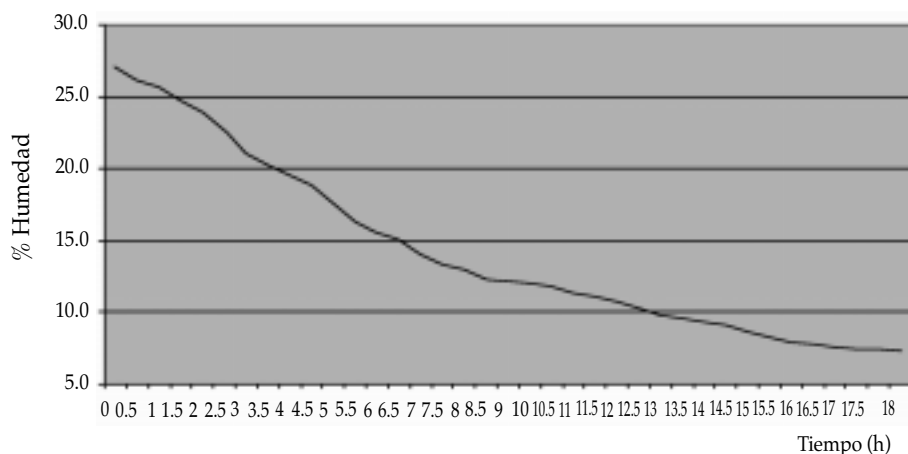
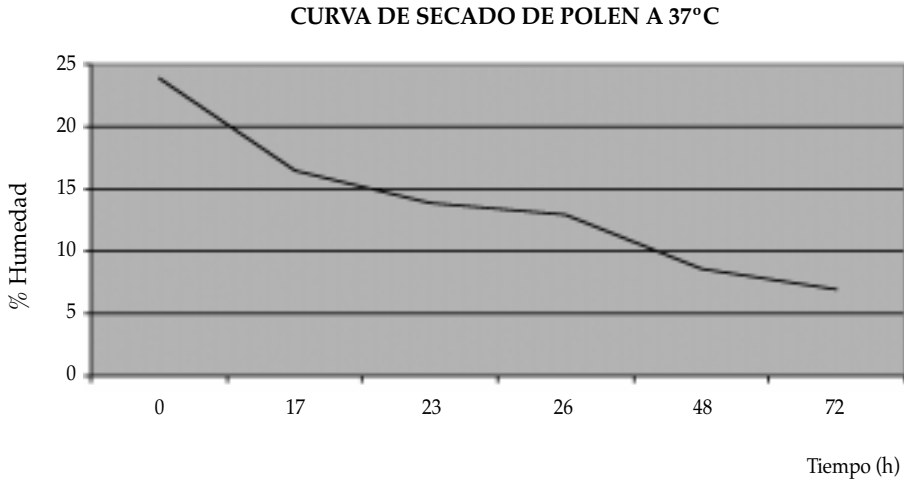


Figura 2. Curva de secado de polen a 43 °C.

Secado del polen a condiciones de laboratorio de 37°C



Gráfica 3. Curva de secado de polen a 37 °C.

La gráfica muestra el comportamiento de secado del polen a una temperatura de 37°C; a esta temperatura se logra la conservación de las propiedades nutricionales y organolépticas del producto; sin embargo el tiempo de secado se aumenta considerablemente a 72 horas y se disminuye la eficiencia del equipo, aumentando los costos de secado, lo cual no es viable económicamente para este proceso.

Secado de polen en condiciones de laboratorio de 60°C

El secado de polen a 60°C presenta ciertas dificultades, ya que el producto por el excesivo secado de su parte externa impide la salida constante del interior de la humedad, el cual se torna oscuro debido a reacciones en su superficie por resequead (pardeamiento).

CONCLUSIONES-RECOMENDACIONES

- Basados en las pruebas experimentales realizadas, se recomienda que el polen sea distribuido homogéneamente en las bandejas y que no supere 1.2 kilogramos; esto garantiza una capa de aproximadamente 1 centímetro de espesor, la cual permite que el polen se seque uniformemente y no forme aglomerados.
- Las condiciones sugeridas de secado para este equipo, son:

Temperatura: 43 °C

Tiempo de secado: 18 Horas

Capacidad de secado: 19.2 Kilogramos por bache.

Capacidad por bandeja: 1.2 Kilogramos.

- Es necesario que el secado no exceda las temperaturas propuestas, ya que a mayor temperatura la superficie externa del gránulo de polen se reseca, impidiendo la salida del agua que está en el interior, facilitando su fermentación posterior y

además confiriéndole mal sabor, olor y consistencia. Un buen secado (máximo 4% de agua), permite conservar el polen por largos períodos de tiempo (más de 12 meses), también puede conservarse en la nevera bien tapado

- La evaluación adecuada de los equipos de secado y el manejo estandarizado de las variables que influyen en el proceso, como son la temperatura, tiempo y flujo de aire, permiten obtener un polen seco que satisface las condiciones microbiológicas, organolépticas y nutricionales que el mercado requiere.
- Debido a la baja circulación de aire del equipo, la eficiencia térmica de secado es baja (3.34%), lo cual ocasiona largos periodos de secado (18 horas a una humedad inicial de 27.1%). Se sugiere implementar un ventilador para aumentar el volumen de aire que ingresa al equipo y disminuir el tiempo de secado, ya que esto aumentaría la eficiencia, disminuiría el costo de secado y conservaría las propiedades nutricionales del polen.
- La eficiencia global del equipo en el secado de polen es de 28%, lo cual demuestra que si se realizan las adecuaciones pertinentes, se conduciría a un mejor secado del mismo en un menor tiempo, sin alterar su composición.
- La ampliación del número de orificios de salida de vapores, permitiría una mejor circulación de aire húmedo, mejorando el proceso de secado.

REFERENCIAS

- ¹ *Nutrición Infantil*. Artículo publicado en Revista Colombia Médica. Vol. 28 N° 2, Bogotá, 1997
- ² *Herbolario Parafarmacia Géminis (Papeles de Salud)*. Artículo publicado en Conocer Arganzuela n° 76, noviembre de 1998. (fecha de acceso 23 de mayo de 2005). Disponible en http://www.herbogeminis.com/salud_y_los_pr.html.
- ³ «Miel, jalea, polen y própolis», Medicina Natural. Madrid: Editorial Libsa. 1997, p.230
- ⁴ *Dirección Nacional de Alimentación*. Foro Virtual Apícola. Diciembre 2004 (fecha de acceso 13 de junio de 2005). Disponible en [F http://www.alimentosargentinos.gov.ar/foros/apicola/default.htm](http://www.alimentosargentinos.gov.ar/foros/apicola/default.htm).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Earle, R. L. (1998) *Ingeniería de los alimentos* (Las operaciones básicas del procesamiento de los alimentos). España: Editorial Acribia.
- Espinosa, D. *Apicultura tropical*. Cuarta edición. Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- Geankoplis, C. (1993) *Operaciones Unitarias*. Kentucky: Editorial CELSA, Tercera edición.
- Himmelblau, D. (1977) *Principios y cálculos básicos de la Ingeniería Química*. México: Editorial Prentice may.
- Hougen O., W. K. Ragatz R. *Principios de los procesos químicos*. Tomo I. Editorial Reverté.
- Kulkarni, K.D., and Ingle, U.M. Sorghum malt-based weaning food formulation. En: *Food and Nutrition Bulletin*. Vol. 13, No. 4 (1991); p. 322-327.
- Salamanca, G. (2001) *Secado de Polen*. Ibagué: Facultad de Ciencias -Departamento de Química. Universidad del Tolima.
- Walter T. K. The W. T. Kelley Co. (1977) *Apicultura Lucrativa*. Kentucky 42726, U.S.A., 104 pp. (Spanish only).

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

- Jeffery E. *The Journal of Nutrition*. Bethesda: May 2005. Tomo 135, N° 5; pg. 1223, 3 pgs. ISSN/ISBN: 00223166. (fecha de acceso 15 de julio de 2005). Disponible en: <http://proquest.umi.com/pqdweb?did=835565611&sid=7&Fmt=>
- La Norma Chilena NCh2439, "Apicultura Orgánica". Capítulo 7, 2002. Diciembre 2004 (fecha de acceso 21 de mayo de 2005). Disponible en <http://www.agendaorganica.cl/apicultura.htm>.
- Percival SS, MJA. *Journal Article Journal of Nutrition*. Aug 2005. Tomo 135, N° 8; pg. 2006. ISSN/ISBN: 00223166. (fecha de acceso 15 de junio de 2005). Disponible en <http://proquest.umi.com/pqdweb?did=876281351&sid=6&Fmt=2&clientId=>
- Greenwald, P. *The Journal of Nutrition*. Bethesda: Dec 2004. Tomo 134, N° 12S; pg. 3507S, 6 pgs. International Conference on Food, Nutrition. ISSN/ISBN: 00223166. (fecha de acceso 11 de julio de 2005). Disponible en: <http://proquest.umi.com/pqdweb?did=768198551&sid=6&Fmt=4&clientId=65940&RQT>
- Tentor, R. "Secadora de Polen Tentor". Artículo publicado en "El Diario" de Paraná, Abril de 2002 (fecha de acceso 15 de junio de 2005). Disponible en <http://www.secadorasdepolen.com.ar/diario1.htm>