

Evaluación de las curvas de secado e isoterms de sorción para el proceso de deshidratación de polen apícola a distintas temperaturas

Andrés Durán Jiménez¹, Marta Cecilia Quicazán Sierra²

RESUMEN

El polen apícola es un producto de la colmena con excelentes características nutricionales y funcionales. Debido a sus características se hace necesario un proceso de deshidratación para su conservación. Se busco determinar el efecto de la temperatura sobre el comportamiento de las curvas de secado e isoterms de sorción del producto. El secado del polen se realizó en un sistema de aire caliente con arreglo de bandejas a temperaturas de 40, 50, 60 y 70°C. Las curvas de secado se elaboraron a partir del seguimiento de la variación de peso con respecto al tiempo. Las isoterms del producto deshidratado a cada temperatura se desarrollaron con el método estático gravimétrico en una cámara de condiciones controladas. Se observa que el incremento en la temperatura de deshidratación conlleva una disminución evidente en el tiempo de secado y en el contenido de humedad final del producto. El contenido de humedad en equilibrio para las condiciones del proceso puede llegar a valores aceptables, incluso a 40°C.

Palabras Clave — polen apícola, deshidratación, cinética, isoterms de sorción.

I. INTRODUCCIÓN

El polen apícola es un producto de la colmena producido por las abejas mediante la aglomeración de granos de polen floral con néctar y secreciones salivares [1, 2]. Estos “granos” son recolectados por los apicultores por medio de trampas, consistentes en laminas perforadas, en el interior de la colmena [1,2]-[6]-[8].

El polen es consumido habitualmente como suplemento a la alimentación y es considerado una buena fuente de nutrientes como proteína, azúcares y lípidos. Posee un importante contenido de aminoácidos esenciales y adicionalmente es fuente de micronutrientes como minerales entre los que se

¹ aduranji@unal.edu.co, Magister en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Ingeniería – Ingeniero Químico. Universidad Nacional de Colombia.

² mcquicazand@unal.edu.co, Profesora asociada, Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos – ICTA. Universidad Nacional de Colombia

Este trabajo se desarrolló en el marco del proyecto “Establecimiento de procesos de conservación y transformación de polen apícola para la obtención de alimentos con características funcionales” financiado por el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología, e Innovación – COLCIENCIAS

encuentra K, Mg, Ca, Cu, Fe y Zn y vitaminas como provitamina A, tocoferol, niacina, tiamina y ácido fólico [3].

Se evidencia también en el polen la presencia de compuestos con propiedades antioxidantes, incluyendo carotenoides y compuestos fenólicos, a los que se atribuyen debido a sus características la prevención de enfermedades coronarias y cancerígenas [9-13]-[23]-[24].

En particular en el polen proveniente de las regiones productoras apícolas de Colombia se destaca el excelente contenido nutricional, teniendo niveles promedio de proteína del 24% y hasta de 3% de minerales e importantes contenidos de compuestos antioxidantes [5]-[7]-[15]-[16]-[17].

Debido al contenido de humedad y la riqueza de nutrientes presentes en el polen y las condiciones de recolección habituales, el polen es susceptible de deterioro microbiológico o químico, por lo que se hace necesario en la mayoría de casos utilizar un proceso de secado sobre el producto. Este proceso tiene como finalidad la disminución de la actividad de agua con el fin de evitar reacciones que afectan la calidad del polen [4]-[7]-[19]-[22].

La temperatura de secado tiene una influencia muy importante en las características finales del producto, influyendo en la estabilidad de los compuestos deseables, la aparición de compuestos indeseables y la conservación de propiedades nutricionales, de calidad e inocuidad. El uso de altas temperaturas sobre el producto durante el proceso de secado puede ocasionar la degradación de algunos compuestos y la aparición de otros que generan un cambio en el color del alimento, como en las reacciones de pardeamiento no enzimático (Maillard) [4]-[7].

Por otro lado una temperatura demasiado baja puede causar una deficiente inactivación de los microorganismos perjudiciales. Sin embargo, se observa que las temperaturas usadas tanto por los pequeños apicultores y por los grandes acopiadores y productores apícolas son poco tenidas en cuenta y en general son inapropiadas tanto para la eliminación o inactivación de microorganismos, como para la conservación de compuestos potencialmente beneficiosos presentes en el polen [22].

Para tener un mayor control sobre el proceso y las características finales del producto, se requiere del estudio detallado de las condiciones de deshidratación, incluyendo la cinética y comportamiento de sorción del producto deshidratado.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la influencia de la temperatura sobre el proceso de deshidratación del polen apícola con base en el comportamiento de las curvas de secado y sorción del producto. Esta evaluación permitirá identificar la temperatura más adecuada para el secado del producto bajo las condiciones dadas.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Para la experimentación se utilizó polen apícola proveniente del municipio de Viracachá en el departamento de Boyacá dentro de la región del altiplano Cundiboyacense; el polen fue recolectado y suministrado directamente por el apicultor, y posteriormente transportado a las instalaciones del Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos - ICTA de la Universidad Nacional de Colombia

En primer lugar se sometió el polen a un proceso de secado. Para este proceso se emplearon las temperaturas establecidas de 40, 50, 60 y 70°C. El polen se dispuso en bandejas metálicas de fondo plano, buscando una capa uniforme de menos de 1 cm de espesor, con una masa de aproximadamente 1 Kg por bandeja.

Las pruebas se realizaron en un sistema de secado con circulación forzada de aire caliente, con velocidad de flujo de 2 m/s, con arreglo de bandejas y control de temperatura en un rango de 50 – 270 °C.

Para la elaboración de las curvas de secado, se realizó el seguimiento de la variación de peso del polen a través del tiempo durante la operación. Adicionalmente, se determinó el contenido de humedad de la muestra de polen fresco (antes del proceso de secado), como el fin de establecer el punto base para la curva de secado del producto.

Posteriormente, fueron determinadas las isothermas de sorción del polen deshidratado a las diferentes temperaturas mediante el método estático gravimétrico [25].

En este método se utilizó un conjunto de soluciones saturadas de sales para crear una serie de atmosferas de humedad relativa de equilibrio (HRE) constante dentro de recipientes herméticos.

El producto es dispuesto en estos recipientes en donde entra en contacto con el microambiente creado artificialmente y luego de un tiempo pierde o gana humedad hasta equilibrarse con su entorno. Para el procedimiento se utilizaron 7 sales, cuyas características de a_w (HRE) y solubilidad son expuestas

en la tabla 1.

Tabla 1. Sales utilizadas en la obtención de las atmosferas controladas mediante la humedad relativa de equilibrio.

Compuesto (Sal inorgánica)		a_w (HRE)			Solubilidad en agua (g/100mL agua)
		20°C	25°C	45°C	
Cloruro de Litio	LiCl	0.1131	0.113	0.1128	63.7
Cloruro de Magnesio	MgCl ₂	0.3307	0.3278	0.3244	54.2
Carbonato de Potasio	K ₂ CO ₃	0.4316	0.4316	0.4317	112.0
Bromuro de Sodio	NaBr	0.5914	0.5757	0.5603	90.5
Cloruro de Sodio	NaCl	0.7547	0.7529	0.7509	35.9
Cloruro de Potasio	KCl	0.8511	0.8434	0.8362	34.4
Sulfato de Potasio	K ₂ SO ₄	0.9759	0.9730	0.97	24.0

Tomado de: [25]

Para llevar a cabo el procedimiento bajo una temperatura constante los recipientes con el producto se dejaron en una cámara de condiciones controladas.

Finalmente, se tomó el peso de las muestras periódicamente hasta estabilidad. En la figura 1 se muestra, de forma esquemática, el procedimiento para la construcción de las isothermas de sorción.

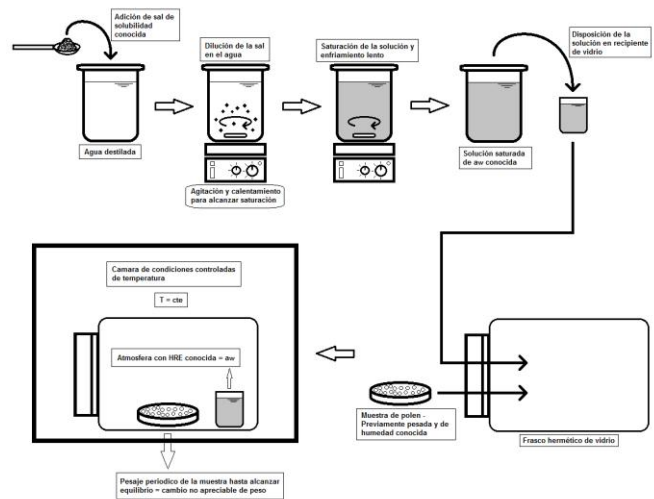


Fig. 1. Esquema del método utilizado para la obtención de isothermas de sorción del polen apícola.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Curvas de secado del producto

En las figuras 2 a 5 se muestra el contenido de humedad del producto con respecto al tiempo durante el proceso de secado en el sistema de aire caliente con arreglo de bandejas utilizado.

Se pudo observar que mediante el proceso de secado a las temperaturas más bajas de 40°C y 50°C, cercanas a las alcanzadas por los sistemas de secado tradicionalmente

utilizados por los apicultores, no se llega a la estabilidad (humedad de equilibrio) al cabo de 6 horas de ensayo, obteniéndose contenidos de humedad de 9.34% y 5.29% respectivamente.

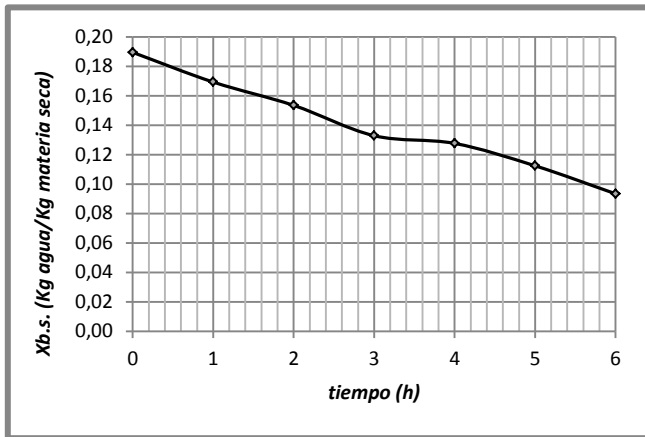


Fig. 2. Curva de secado experimental para polen a la temperatura de 40°C en el equipo de secado del laboratorio.

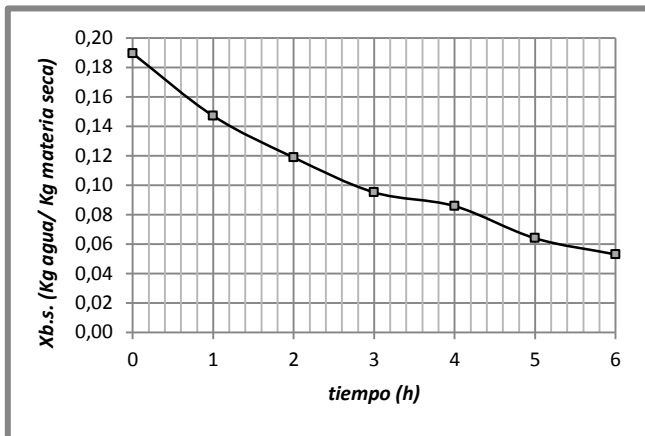


Fig. 3. Curva de secado experimental para polen a la temperatura de 50°C en el equipo de secado del laboratorio.

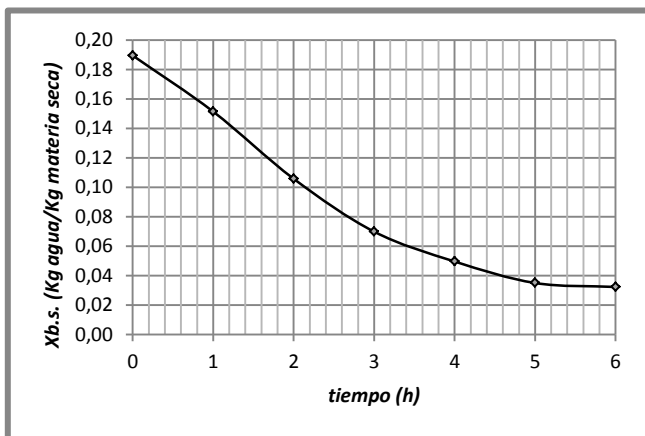


Fig. 4. Curva de secado experimental para polen a la temperatura de 60°C en el equipo de secado del laboratorio.

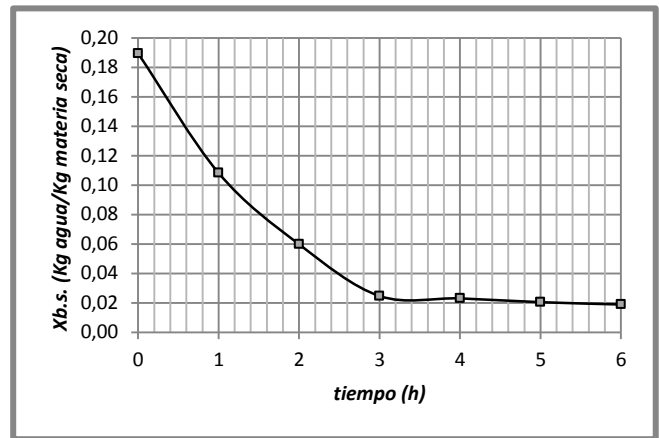


Fig. 5. Curva de secado experimental para polen a la temperatura de 70°C en el equipo de secado del laboratorio.

Estos niveles de humedad son insuficientes para la conservación adecuada del polen posterior al proceso de secado. Por otro lado a una temperatura de 60°C se alcanza un contenido de humedad final alcanzado de 3.23%, siendo más bajo con respecto a las temperaturas inferiores cumpliéndose las 6 horas de proceso.

Este comportamiento es esperado de acuerdo al favorecimiento de la transferencia de masa con un gradiente de temperatura más elevado que permite una mayor difusión de la humedad.

Lo mismo ocurre a la temperatura de 70°C en donde se observa un descenso acelerado hasta una humedad final de 1.89%, alcanzándose valores cercanos a esta desde la tercera hora de la prueba. Un descenso tan rápido en el contenido de humedad puede favorecer fenómenos de formación de costra externa (shrinkage) y pardeamiento en el producto lo cual se ve reflejado en el color más oscuro del grano mostrado en el polen seco a esta temperatura y la textura menos cohesiva del mismo.

Adicionalmente, el contenido de humedad final alcanzado a las temperaturas de 60°C y 70°C es demasiado bajo y puede ocasionar la degradación de grasas en el producto por oxidación.

Con el fin de establecer más detalladamente el comportamiento en la deshidratación del polen apícola en el rango establecido de temperaturas para el proceso de secado se evaluaron las isotermas de desorción del mismo.

En la figura 6 se observan las isotermas de sorción para el producto en las que se relaciona la humedad en base seca del producto con la actividad de agua del mismo, que puede estar dada como la relación entre la presión de vapor de agua en el alimento con respecto a la humedad relativa del entorno.

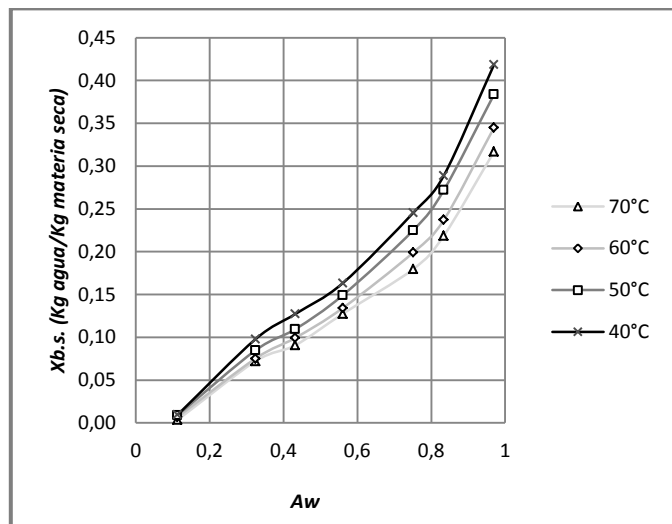


Fig. 6. Isotermas de desorción del polen apícola a las diferentes temperaturas de secado experimentalmente evaluadas en el equipo de secado del laboratorio.

La humedad relativa del entorno en el que se deshidrata el material tiene una relación directa con la medida de actividad de agua obtenida como se mencionó anteriormente; con una menor humedad relativa del ambiente un aumento leve de la temperatura implica una disminución acelerada de este parámetro, lo que a su vez permite una mayor y más acelerada transferencia de humedad, desde el polen en este caso, hacia el aire de secado circundante. La actividad de agua al ser una relación entre la humedad presente en el alimento y la humedad relativa del entorno, se ve favorecida bajo las condiciones encontradas en la mayor parte del altiplano Cundiboyacense.

Se puede observar que bajo las condiciones de humedad relativa ya establecidas, que para la región en la que se realiza el proceso de beneficio del polen, localizada en el sureste del departamento de Boyacá, en las cercanías del municipio de Viracachá, presenta un rango de 65 a 75%, se puede llevar el proceso de secado hasta valores de humedad por debajo de 5% incluso con la temperatura de 40°C siendo la más baja del rango evaluado, y adicionalmente, se alcanzan valores apropiados de actividad de agua en todos los casos. Esto indica un potencial de la región para el proceso de deshidratación, dado el bajo contenido de humedad total del aire, comparativamente con otras regiones del país.

Sin embargo, deben tenerse en cuenta las características microbiológicas del producto, que a temperaturas tan bajas no lograrían llegar a los límites establecidos, lo que obligaría a usar un valor más alto de este parámetro.

IV. CONCLUSIONES

La velocidad de secado del polen apícola se ve incrementada de manera directa por el aumento de la temperatura de proceso. A las temperaturas más elevadas de

60 y 70°C el tiempo de secado hasta un porcentaje de humedad aceptable para la conservación del producto cae aproximadamente hasta 4 y 2 horas respectivamente.

Las temperaturas más altas pueden influir en un deterioro de la calidad del producto, debido a una disminución exagerada del contenido de humedad, mientras que las más bajas no permitirían alcanzar una disminución aceptable de la actividad microbiológica del producto final.

Se puede decir, según lo observado en las curvas de secado y el comportamiento de sorción del producto deshidratado observado en las isotermas, expresado en las isotermas experimentales encontradas, que la temperatura más adecuada para la deshidratación del polen bajo las condiciones establecidas está entre 50 y 60°C.

V. AGRADECIMIENTOS

Al apiario Los Cerezos en Viracachá, Boyacá por brindar la materia prima y las instalaciones para el desarrollo de este trabajo.

Al Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos – ICTA de la Sede Bogotá por la colaboración prestada en el procesamiento y análisis de las muestras.

A Colciencias por el apoyo financiero al proyecto dentro del cual se encuentra enmarcado este trabajo.

REFERENCIAS

- [1] L. B. Almeida-Muradian, *et al.*, "Chemical composition and botanical evaluation of dried bee pollen pellets," *Journal of Food Composition and Analysis*, vol. 18, pp. 105-111, 8 October 2003 2005.
- [2] M. G. R. Campos, *et al.*, "Pollen composition and standardisation of analytical methods," *Journal of Apicultural Research and Bee World*, vol. 47, pp. 156-163, 17 February 2008 2008.
- [3] M. G. R. Campos, *et al.*, "What is the future of bee-pollen?," *Journal of ApiProduct and ApiMedical Science*, vol. 2, pp. 131-144, 8 September 2010 2010.
- [4] J. P. Barajas-Ortiz, *et al.*, "Evaluación del efecto de la temperatura en el secado de polen apícola procedente de dos zonas de Cundinamarca," *DYNA*, vol. 78, pp. 48-57, 18 June 2010 2010.
- [5] C. A. Fuenmayor, *et al.*, "Desarrollo de un suplemento nutricional mediante la fermentación en fase sólida de polen de abejas empleando bacterias ácido lácticas probióticas," *Alimentos Hoy*, vol. 20, pp. 17-23, 2011.
- [6] Departamento-de-Salud-Pública-Veterinaria-Argentina, "Codigo Alimentario Argentino," vol. Decreto 2126, ed. Buenos Aires, Argentina: DSP Republica de Argentina, 2005.
- [7] D. I. Hernández and J. Figueroa, "Calidad microbiológica del polen apícola seco recolectado en los departamentos de Boyacá y Cundinamarca," Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, 2012.
- [8] Mexico and Comité-Técnico-de-Normalización-Nacional-de-Productos-Agrícolas-y-Pecuarios, "Norma mexicana NMX-FF-094-SCFI-2007," in *Productos alimenticios no industrializados para consumo humano - Polen - (pollinis). Especificaciones* vol. NMX-FF-094-SCFI-2007, ed. Mexico D.F., Mexico: DNN - Mexico, 2007.
- [9] S. T. Mayne, "Beta-carotene, carotenoids, and disease prevention in humans," *The FASEB Journal*, vol. 10, pp. 690-701, 1996.
- [10] R. S. Parker, "Absorption, metabolism, and transport of carotenoids," *The FASEB Journal*, vol. 10, pp. 542-551, 1996.

- [11] G. Britton, "Structure and properties of carotenoids in relation to function," *The FASEB Journal*, vol. 9, pp. 1551-8, December 1, 1995 1995.
- [12] Y. Garcia-Mayea, *et al.*, "Potencial acción ateroprotectora de algunos productos apícolas," *Revista CENIC. Ciencias Biológicas*, vol. 43, pp. 1-9, Marzo 14 2012.
- [13] M. Morais, *et al.*, "Honeybee-collected pollen from five Portuguese Natural Parks: Palynological origin, phenolic content, antioxidant properties and antimicrobial activity," *Food and Chemical Toxicology*, vol. 49, pp. 1096-1101, January 25 2011.
- [14] C. M. Zuluaga, "Análisis quimiométrico para diferenciar la huella digital de los productos de las abejas en Colombia," M.Sc. en Ciencia y Tecnología de Alimentos Tesis de Investigación, Ingeniería Agrícola y Alimentos, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Antioquía, 2010.
- [15] C. Y. Salazar, *et al.*, "Contenido mineral de polen apícola proveniente del altiplano Cundiboyacense," presented at the Encuentro Nacional de Investigación y Desarrollo - ENID 2012, Bogotá, 2012.
- [16] N. A. Pulido, *et al.*, "Evaluación del efecto de la temperatura de secado sobre el contenido total de compuestos fenólicos en polen apícola," presented at the Seminario Internacional: Secado de Productos Agrícolas, Bogotá, 2012.
- [17] A. C. Diaz-Moreno, *et al.*, "Special features of pollen production in Colombia," presented at the Apimondia, Montpellier (France), 2009.
- [18] J. S. Bonvehí and R. E. Jordà, "Nutrient composition and microbiological quality of honeybee-collected pollen in Spain," *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 45, pp. 725-732, 1 January 1997 1997.
- [19] Y. Puig-Peña, *et al.*, "Comparación de la calidad microbiológica del polen apícola fresco y después de un proceso de secado," *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, vol. 43, pp. 23-27, 4 November 2012 2012.
- [20] A. S. Mujumdar, *Handbook of Industrial Drying*, 3rd ed. vol. I. Boca Raton (FL), USA: Taylor & Francis, 2006.
- [21] Y. H. Hui, Ed., *Handbook of food science, technology and engineering* (Food Science and Technology. Boca Raton (FL), USA: Taylor & Francis - CRC Press, 2006.
- [22] A. Durán-Jiménez, "Estrategias para la implementación de buenas prácticas en la cadena productiva de polen apícola en Colombia," in *Encuentro Nacional de Investigación y Desarrollo - ENID 2012*, Bogotá D.C., 2012, p. 26.
- [23] W. Brand-Williams, *et al.*, "Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity," *LWT - Food Science and Technology*, vol. 28, pp. 25-30, 1995.
- [24] P. Stratil, *et al.*, "Determination of total content of phenolic compounds and their antioxidant activity in vegetables--evaluation of spectrophotometric methods," *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 54, pp. 607-616, 2006.
- [25] N. Martínez-Navarrete, *et al.*, *Termodinámica y cinética de relaciones alimento entorno*, 1ª ed. vol. I. Valencia, España: UPV - Repraval, S.L., 1998.