

Cabello Alvarado, Christian Javier; Sáenz Galindo, Aidé; Barajas Bermúdez, Leticia; Pérez Berumen, Catalina;
Ávila Orta, Carlos; Valdés Garza, Janeth A.
Cera de Candelilla y sus aplicaciones
Avances en Química, vol. 8, núm. 2, mayo-agosto, 2013, pp. 105-110
Universidad de los Andes
Mérida, Venezuela

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93328462007>



Avances en Química,
ISSN (Versión impresa): 1856-5301
clarez@ula.ve
Universidad de los Andes
Venezuela



Cera de Candelilla y sus aplicaciones

**Christian Javier Cabello Alvarado^{1*}, Aidé Sáenz Galindo¹, Leticia Barajas Bermúdez¹,
Catalina Pérez Berumen¹, Carlos Ávila Orta², Janeth A. Valdés Garza²**

- 1) Universidad Autónoma de Coahuila. Facultad de Ciencias Químicas. Departamento de Química Orgánica. Blvd. V. Carranza s/n, Col. República Oriente, Saltillo, Coahuila México, C.P.25280, Tel.: (844) 4169213.
- 2) Centro de Investigación en Química Aplicada, Depto. de Materiales Avanzados, Blvd. Enrique Reyna Hermosillo No.140, Saltillo, Coahuila México. C.P.25294, Tel.: (844)4389830.

(*) christian_cabello@uadec.edu.mx

Recibido: 22/07/2013

Revisado: 27/08/2013

Aceptado: 28/08/2013

Resumen

En este artículo se muestra información acerca de un material natural biodegradable, como lo es la cera de candelilla, presentando aspectos sobre algunas características como lo son sus propiedades, método de obtención, características físicas, aplicaciones y algunos estudios realizados sobre este material. Esto con el fin de dar a conocer lo que representa la cera de candelilla, la cual es uno de los productos naturales más apreciados en diferentes industrias, desde la cosmética hasta la electrónica, por sus características únicas de alta calidad, color amarillo transparente, teniendo también una mayor dureza frente otras ceras naturales, así como el brillo y la maleabilidad entre otras propiedades interesantes que presenta este tipo de cera.

Palabras clave: aditivo; cera de candelilla; películas comestibles.

Abstract

This paper shows information about biodegradable natural material, such as candelilla wax, presenting aspects of some features such as its properties, method of production, physical characteristics, applications and some studies regard to this material. This with the purpose to make known what is the candelilla wax, which is one of the most precious natural products in different industries, from cosmetics to electronics, for their unique features of high quality, transparent yellow color, taking also higher hardness, compared other natural waxes, as well as gloss and malleability among other interesting properties of this type of wax.

Keywords: additive; candelilla wax; comestible films.

Introducción

Las ceras son, químicamente, ésteres de los ácidos grasos con alcoholes de peso molecular elevado, moléculas que se obtienen por una reacción química entre un ácido y un alcohol. Físicamente son partículas altamente insolubles en medios acuosos, las cuales a temperatura ambiente se presentan en estado sólido y con dureza intermedia¹.

En los animales este material se encuentra en la piel y plumas, lo que las hace tener un carácter hidrofóbico. En vegetales las ceras recubren la epidermis de frutos y/o tallos, lo cual evita la pérdida de agua por evaporación²⁻³. En la tabla 1 se muestran las propiedades más utilizadas para caracterizar las ceras naturales⁴.

Tabla 1: Propiedades de la Cera de Candelilla

Punto de fusión (°C)	67-79
Valor de acidez (mg KOH/g)	12-22
Índice de Iodo(mg I ₂ /g)	14-27
Valor de saponificación (mg KOH/g)	35-87

En su forma cruda, la cera de candelilla es de color café y cambia a un color amarillo, una vez refinada, es de estructura indefinida y su dureza es de un grado intermedio entre la de la cera de carnauba y la de abeja. Sus usos en confitería y alimentos no tiene limitaciones más allá de las buenas prácticas de manufactura, también se utiliza en la elaboración de recubrimientos comestibles formulados⁵.

La proporción de sus componentes determina la dureza, impermeabilidad al agua, brillo y otras características propias de la cera como su temperatura de fusión. Una de las principales ventajas de la cera de candelilla en el uso de recubrimientos para frutos u hortalizas es su alta permeabilidad al O₂ y CO₂ lo que permite que los productos cubiertos posean adecuados niveles internos de O₂ y de CO₂, lo que reduce la tendencia al desarrollo de sabores extraños consecuencia del crecimiento de microorganismos⁶.



Fig. 1: Obtención de la cera de candelilla mediante la ebullición con ácido sulfúrico.

La cera de candelilla es un material que se encuentra en estado sólido a 20°C, al llegar a 80°C alcanza el máximo punto de viscosidad. En el entorno natural se deriva de las hojas del pequeño arbusto llamado planta de candelilla nativo del norte de México y suroeste de Estados Unidos, se obtiene hirviendo las hojas (figura 1) y los tallos de la planta con ácido sulfúrico diluido, después se retira el material que flota en la superficie y se lleva a enfriamiento⁷⁻⁸.

El refinado de la cera se lleva a cabo en plantas especialmente diseñadas para su procesamiento. Esta industria comenzó en 1913 en los alrededores de Monterrey, México donde la cera se funde con agua y se lava con ácido fosfórico. Para eliminar impurezas sólidas tales como fibras vegetales o minerales. Después la cera se decanta y se calienta a 130°C para eliminar el agua restante. El siguiente paso es una filtración con arcilla y carbón activado, como fase adsorbente de impurezas, el producto refinado se le conoce como: "cera de candelilla refinada doble". Sin embargo esta etapa de refinado, no contribuye al rendimiento global de la cera. Por otra parte es mucho más eficaz el blanqueo químico de la cera, esto se puede hacer con ayuda de peróxido de hidrógeno o ácido fosfórico y permanganato de potasio. El blanqueo de la cera de candelilla también se puede realizar con ácido crómico pero por razones de toxicidad estas rutas se han dejado de utilizar. El blanqueo de cera de candelilla se realiza preferiblemente con peróxido de Hidrógeno al 30%. Sin embargo, el peróxido de Hidrógeno no sólo podría atacar a las especies de colores presentes en la cera, sino también los componentes funcionales presentes. Por lo tanto, este tipo de blanqueo es considerado una artesanía. Para blanquear la cera sin poner en peligro las propiedades de la cera y su estructura química, el blanqueo con ácido fosfórico es utilizado con mayor frecuencia que los demás tipos de blanqueo, debido a que la cera de candelilla fácilmente entra en emulsión y se produce la hidrólisis de los ésteres. El peróxido de Hidrógeno se convierte en agua, que tiene que ser eliminada de la cera antes de solidificar.

Cuando la cera extraída alcanza un color marrón es más adecuada para la producción de cosméticos y productos de cuidado personal, tales como barras de labios, cremas de color, productos químicos, betunes en el área de confitería, etc. Además es utilizada para plasmar colorantes como "toners" para fotocopadoras e impresoras⁹.

En cuanto a los esfuerzos que se requieren para obtener una buena cera de candelilla, de alta calidad y alto potencial de aplicación, se deben tener en cuenta los altos rendimientos y el precio altamente favorable, que dan gran importancia a este material natural¹⁰.

Se ha estudiado el efecto de la adición de ácido elágico a la cera de candelilla, para mejorar la vida útil y la calidad de ciertos frutos y vegetales, un ejemplo de ellos son los aguacates enteros, existen reportes en la literatura en donde se han realizado algunos tratamientos de control donde los aguacates fueron recubiertos con cera de candelillas con ácido elágico y se compararon con aguacates sin recubrimiento. Los frutos fueron elegidos por su madurez, tamaño, libre de infecciones y defectos físicos. El uso de ácido elágico como parte de la película comestible tiene un efecto importante para mejorar la calidad y la vida útil del aguacate¹¹.

En la actualidad, la Comisión Técnica de Aditivos Alimentarios y Fuentes de Nutrientes añadidos a los Alimentos (ANS) emitió un dictamen científico referente a la evaluación de la seguridad de la cera de candelilla, la cual está autorizada en la Unión Europea como aditivo alimentario, para utilizarse como agente de recubrimiento. La cera de candelilla ha sido evaluada por el Comité Científico de la Alimentación Humana (SCF), por el Comité Mixto FAO/OMS, Comité de Expertos en Aditivos Alimentario (JECFA). El JECFA y el SCF establecieron una Diaria Admisible Aceptable (IDA), estas organizaciones consideran el uso de cera de la candelilla como agente de recubrimiento aceptable.

Cabe destacar que este producto natural, la *Euphorbia antisyphilitica*, se encuentra en las regiones semi-desérticas de los estados del norte de la República Mexicana y del Sur de Estados Unidos. Es una mezcla compleja compuesta de hidrocarburos de cera, ésteres de resina, lactonas, alcoholes de resina libre de cera y cera libres, entre otros componentes. Se ha considerado que la ingestión de la cera de candelilla es de baja toxicidad, y que después de la absorción de los componentes los cuales se incorporarían en las vías metabólicas normales no presentan ningún riesgo para el ser humano¹².

Diferentes estudios han señalado que no existen datos adversos referentes al consumo humano de cera de candelilla, aprobado con la especificación, a éste aditivo

alimentario. En general, los estudios realizados actualmente sugieren que la cera de candelilla no es genotóxica. Algunos reportes hacen referencia que no han surgido efectos negativos asociados con el consumo de los principales componentes que constituyen la cera de candelilla¹³.

Los candelilleros se enfrentan a grandes riesgos en el futuro, destacando la sobreexplotación, en algunos lugares de extracción donde se ha observado una importante disminución en la densidad de plantas de candelilla (Figura 2). Como se extrae con todo y raíz, es necesario esperar entre dos y cinco años para que la planta se recupere y crezcan nuevos tallos¹⁴.



Fig. 2: a) Planta de candelilla¹⁵ y b) Candelilla refinada¹⁶

En varios sitios se han establecido programas de reforestación y cultivo de la planta de candelilla. Sin embargo, desde 1999 los candelilleros requieren permisos de explotación aprovechamiento, sustentados en un estudio técnico donde se evalúan las posibilidades de cosecha y se plantean estrategias para realizar un manejo sustentable de la especie.

Varios ejidos ya cuentan con los permisos, para el aislamiento de la cera de candelilla; la falta de capacitación y los altos costos para la extracción limitan el proceso de obtención.

Otro problema lo constituye el limitado acceso al comercio justo. Los candelilleros dependen de los compradores externos y reciben pagos muy bajos por su producción. La Unión Nacional de Ejidos Productores de Candelilla pretende cambiar esta situación, comprando la cera directamente a los candelilleros y ofreciendo beneficios sociales, como atención médica y capacitación para su extracción, mediante métodos menos agresivos y más verdes para el candelillero y el medio ambiente¹⁷.

Aplicaciones

Aunque la cera de candelilla tiene un gran número de aplicaciones industriales, algunos de sus componentes hacen que las propiedades eléctricas y térmicas tengan bajas magnitudes¹⁸. Estudios realizados mostraron que es posible gelificar la cera de candelilla y algunas olefinas, y así generar un aumento en las propiedades eléctricas. La cera de candelilla tienen una constante dieléctrica de valor bajo la cual evidencia de que se trata de un material de muy alta resistencia¹⁹. Los organogeles son sistemas coloidales bi-continuos que coexisten en forma de sólido micro heterogéneos (gelificantes) y fases líquidas orgánicas, son un prometedor método alternativo para utilizarse en la modificación de las propiedades físicas de los aceites vegetales, sin el uso de productos químicos. También éstos organogeles han mostrado buenas propiedades termomecánicas utilizando cera de candelilla.

Los compuestos que se utilizan para modificar físicamente los aceites, son generalmente conocidos como compuestos orgánicos de bajo peso molecular de masa gelificante, como son los ácidos grasos y los *n*-alcanos, la cera de

candelilla tiene como su componente principal hidrocarburos, abriendo la posibilidad de el desarrollo de geles orgánicos comestibles a través de dispersiones de la cera de candelilla en aceite vegetal²⁰.

La parafina y la cera de candelilla son algunas de las ceras preparadas y usadas en tales aplicaciones; ellas también son usadas como agentes de microencapsulación, específicamente para sustancias con olores y sabores a condimento, empleadas en recubrimientos de frutas tales como limas, manzanas, guanábana entre otros frutos.

La cera de candelilla se utiliza en la industria cosmética como emoliente y agente formador de películas. En general, el mercado es impulsado por la preferencia del consumidor por un cosmético "natural"; de esta manera, hay un aumento en la demanda de ceras naturales, sobre algunos productos como lo son: el rímel, uno de los productos cosméticos más utilizados, seguido por el lápiz labial y lápiz cosmético. Barras de labios o labiales son producidos con cera de candelilla, los cuales muestran menor tendencia a la sudoración, debido a un fenómeno de la excreción de aceite en la superficie de la barra de labios.

La cera de candelilla mejora de la estabilidad del producto frente al aumento de la temperatura y prolonga la vida útil del producto sin ningún cambio químico. Además se utiliza en otros productos como son delineadores de ojos y sombras para párpados.

La candelilla no puede ser sustituida por otras sustancias como micas y ceras vegetales, debido a sus características especiales y únicas. Esto puede ser demostrado por 16 patentes de productos cosméticos en las que se utiliza en su formulación cera de candelilla y otros ingredientes obtenidas por una sola empresa Schwan-Stabilo de Alemania²¹.

En los alimentos tienen distintas clases de funciones como

- Antiaglutinante (agente de liberación)
- Agente de carga
- Emulsificante
- Agente de recubrimiento

Se utiliza en algunos alimentos como lo son:

- Goma de mascar
- Café, substitutos del café, té, infusiones de hierbas, cereales calientes y bebidas que contengan gran contenido de cacao
- Dulces, incluidos los caramelos duros y blandos, los turrónes.
- Decoraciones (por ejemplo, decoraciones de pasteles y galletas)
- Productos de panadería fina (dulces, salados, aromatizados)

- Productos de imitación de chocolate o substitutos de chocolate
- Para bebidas azucaradas artificialmente
- En la superficie de frutas frescas
- En la superficie de vegetales, legumbres y leguminosas, algas marinas, nueces y semillas
- En bebidas aromatizadas a base de agua, como sueros y bebidas electrolíticas²².

Los principales países consumidores de cera de candelilla son los EE.UU., Japón, Alemania, Francia y el Reino Unido. Estos cinco países exigieron más del 96% del total de la cera de candelilla de las exportaciones de México (SEMARNAT). El mercado internacional de candelilla actualmente es principalmente en la Unión Europea, EE.UU. y Japón²³.

Se ha reportado que las ceras fueron las primeras cubiertas comestibles empleadas en frutas y en el año 1930, donde se disponía comercialmente de ceras de parafina, empleando altas temperaturas para su aplicación como recubrimiento de manzanas y peras. En años recientes, se ha reportado que es posible conseguir efectos similares de barrera al vapor de agua y gases en productos tropicales utilizando diferentes mezclas de aceites, ceras y celulosa²⁴.

Una película comestible es una delgada capa continua formulada con materiales comestibles, que se utiliza como una barrera protectora para los alimentos, lo que retrasa los procesos de degradación derivados de la maduración al proporcionar una barrera contra el oxígeno, solutos y la humedad. Para desarrollar estas películas, es necesario tener en cuenta la mecánica, física y factores químicos involucrados en el almacenamiento de frutas. Además, estas películas pueden conferir propiedades nutricionales y organolépticas a los alimentos si se añade como antioxidantes, colorantes o sabores artificiales²⁵.

Se han utilizado distintos tipos de ceras para los recubrimientos de frutos de la guanábana 'Morada' de las plantas de una zona comercial, ubicada en Brasil²⁶, así mismo en México, específicamente en Coahuila se realizan estudios relacionados con cubierta a base de cera de candelilla para la manzana.

Las películas comestibles elaboradas con cera de candelilla natural extraídas de *Euphorbia antisiphilitic*, actualmente son complementadas con un potente antioxidante como lo es el ácido gálico, ácido elágico y *Aloe vera* los cuales extienden la calidad de vida de anaquel y aumentan el potencial antioxidante, así como la calidad nutricional de las frutas y verduras recién cortadas. Las aplicaciones potenciales de estas películas son muy atractivas (Figura 3) porque los componentes son naturales y no tóxicos, recomendados por su bajo costo, disponibilidad y sobre

todo su facilidad de manejo. Además cuentan con la posibilidad de utilizar estas películas en otros productos alimentarios, no necesariamente de origen vegetal²⁷. La cera de candelilla se utiliza también para mejorar la dureza de algunas ceras más suaves, así como un complemento para la cera de abeja y la carnauba.

Existen muchas otras aplicaciones en donde la cera de candelilla se utiliza actualmente, incluyendo recubrimientos de cartón, fabricación de crayones, pinturas, tintas, velas, lubricantes, adhesivos, papel, impermeabilizantes, anticorrosivos y fuegos artificiales.



Fig. 3: Algunas aplicaciones de la cera de candelilla.

Los consumidores de hoy en día exigen comidas rápidas de alta calidad formuladas con ingredientes naturales. Sin embargo, algunas operaciones de traslado o de distribución del producto, pueden provocar diversos efectos negativos, tales como agentes enzimáticos (una reacción de oxidación en la que interviene como sustrato el oxígeno molecular), el crecimiento microbiano, cambio textural y la sensibilidad a la deshidratación²⁸.

La cera de candelilla retarda los efectos que produce la descomposición de los alimentos, debido a que contiene taninos, los cuales son metabolitos secundarios presentes en estas plantas. Algunos de los componentes principales de estas sustancias son los ácidos elágico y gálico. Además, tiene aplicaciones medicinales tales como antitumorales, antioxidantes, antimicrobianos, antivirales y anti-inflamatorios²⁹.

Se ha encontrado que la cera de candelilla junto con goma de mezquite mejora significativamente la permeabilidad al vapor de agua de la formulación. Se encontró que hay una relación estrecha entre las propiedades de barrera al vapor de agua y la microestructura de los recubrimientos, ya que los recubrimientos con morfología superficial menos

defectuosa (fracturas y poros) exhibe valores bajos de permeabilidad al vapor de agua³⁰.

Conclusiones

La cera de candelilla es extraída de la planta de la candelilla, la cual crece en forma silvestre en el norte de México y el sur de Estados Unidos; su proceso de extracción y refinación es compleja, en diverso aspectos. Existen distintas aplicaciones en las que se utiliza la cera de candelilla, este material natural se considera un compuesto de gran interés en la industria cosmética, alimentaria, medica, entre otras. Debido a su naturaleza química, que se traduce en propiedades únicas, puede interactuar con diferentes materiales, tanto naturales como sintéticos, para la formación de materiales compuestos con importantes aplicaciones.

Referencias

1. E Bosquez Molina. Desarrollo de recubrimientos comestibles formulados con goma de mezquite y cera de candelilla para la conservación de frutas. **Mundo alimentario**, 1, 28-31 (2008).
2. M Kuznesof Paul. Candelilla Wax. **Chemical and Technical Assessment 65th JECF** (2005).
3. Brasil Resolução RDC no. 43, de 1 de Março de 2005; **Diário Oficial: 2 de Março** (2005).
4. JC Barbosa, J Dutra, MC Nucci-Mascarenhas, D Barrera Arellano, M Ricardo Guerreiro, R Lopes da Cunha. Thermal and rheological properties of organogels formed by sugarcane or candelilla wax in soybean oil. **Food Research International**, 50, 318–323 (2013).
5. JM Krochta, JC De Mulder. Edible and Biodegradable Polymer Films: Challenges and Opportunities. **Food Technol**, 51(2), 61-74 (1997).
6. E Domínguez, V Cortés, RM Ávila, L Olvera, J Vernon, E Bosquez, J Domínguez. Aumento de la vida postcosecha del limón mexicano (*Citrus aurantifolia*) producido en Apatzingán, Mich., mediante el uso de recubrimientos naturales a diferentes temperaturas. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, 5(2), 128-133(2003).
7. J Morales, E Alvarado, M A.Charó-Alonso, G Weiss, JF Toro-Vazquez. Thermo-mechanical properties of candelilla wax and do tria contain organogel sin saf flower oil. **A. Eur. J. Lipid Sci. Technol**, 111, 207–215 (2009).
8. E Ochoa-Reyes, S Saucedo-Pompa, DG De la Garza, R Rodríguez, Aguilar, C González. Extracción tradicional de cera de candelilla *Euphorbiaantysiphilitica*. **Revista Acta Química de la Universidad Autónoma de Coahuila**, 2, 3(2010).
9. M Gaytan-Martínez. Proceso Para la Elaboración de Crayones a Base de Cera de Candelilla, **No. Patente: MXPA031106A** (2005)

10. R Télles-Pichardo, R Rojas-Molina, J Buenrostro-Figueroa, K Cruz-Aldaco, F Hernández-Campos, N Aguilar-Cristóbal. Formulación y Funcionalidad de una Cubierta Comestible de Cera de Candelilla Aplicada en Fresa. Edition: XXXIII, Publisher: XXXIII Encuentro Nacional y II Congreso Internacional AMIDIQ, Editor: AMIDIQ 05 (2012).
11. S Saucedo-Pompa, RA Rojas-Molina, A Saenz-Galindo, N Aguilar Cristóbal, D Jasso-Cantú, Edible film based on candelilla wax to improve the shelf life and quality of avocado, **Food Research International**, **42**, 511–515 (2009).
12. Anon, Product Information Bulletin Candelilla Wax, Retrieved from the Liberon/Star **Wood finish Supply**, **9**, 9-88 (2004).
13. EFSA Panel on Food Additives and Nutrient Sources added to Food, Scientific Opinion on the reevaluation of candelilla wax (E 902) as a food additive, **EFSA Journal**, **10(11)**, 2946 (2012).
14. R Bye, R Mata, R Pereda-Miranda. Programa del International Cooperative Biodiversity, Avance Group en México. **Noticiero de Biología**, **5**, 41-45 (1997).
15. <http://www.britannica.com/EBchecked/media/114147/Candelilla-shrub>. Fecha de consulta 30/06/2013.
16. <http://www.granelada.com/es/parafinas-ceras-para-hacer-velas-fanales/573-comprar-cera-candelilla.html#.UdZLsZyI4hk>. Fecha de consulta 30 de junio del 2013
17. E Canales, V Canales-Martinez, E M Zarron. Candelilla del Desierto Mexicano hacia el Mundo. Conabio. **Biodiversitas**, **69**, 1-5 (2006).
18. V Dossetti-Romero, JA Méndez-Bermúdez, E López-Cruz. Thermal conductivity and resistivity of candelilla wax, **J. Phys.: Condens. Matter**, **14(2)**, 37, 533-537 (2002).
19. RN Tharanathan. Biodegradable films and composite coatings: past, present and future. **Trends in Food Science & Technology**, **14**, 71–78, (2003).
20. RD Hagenmaier, Evaluation of a polyethylene candelilla coating for Valencia. **Postharvest Biology and Technology**, **19**, 147-154 (2000).
21. N Mazgareanu. Cosmetic pencil simple and complicated. **KOSMETIK INTERNATIONAL magazine**, **6** (2004), <http://cosmalux.ru/eng/press2.htm>, 15/05/2013
22. RD Hagenmaier, E Baldwin. Coating selection for Delicious and other apples. **Postharvest biology and technology**, **28**, 381-390 (2003).
23. <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/18/1156El%20comercio%20internacional%20de%20Candelilla.pdf>. Fecha de consulta: 09/09/2013
24. GI Olivas, GV Barbosa-Canovas, Alginated calcium films: Water vapor permeability and mechanical properties as affected by plasticizer and relative humidity. **LWT**, **41**, 359–366 (2008).
25. M Miranda. Comportamiento de películas de Quitosán compuesto en un modelo de almacenamiento de aguacate. **Revista de la Sociedad Química de México**, **47(4)**, 331 336 (2003)
26. MA Coêlho de Lima. Uso de Cera de 1-metilciclopropeno na conservação refrigerada de graviola. **Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal**, **26 (3)**, 433-437 (2004).
27. K Andz-Ustunol. Sensory Attributes of Whey Protein Isolate and Candelilla Wax Emulsion Edible Films. **Journal of Food Science**, **66(6)**, 909-911 (2001).
28. J Ventura, Fungal Biodegradation of Tannins. **Food Technol. Biotechnol**, **46(2)**, 213–217 (2008).
29. E Ochoa, **American Journal of Agricultural and Biological Sciences**, **6(1)**, 92-98 (2011).
30. E Bósquez Molina. Elaboración de recubrimientos comestibles formulados con goma de mezquite y cera de candelilla para reducir la cinética de deterioro en fresco del limón persa. Universidad Autónoma Metropolitana. Tesis México, D.F. (2003).