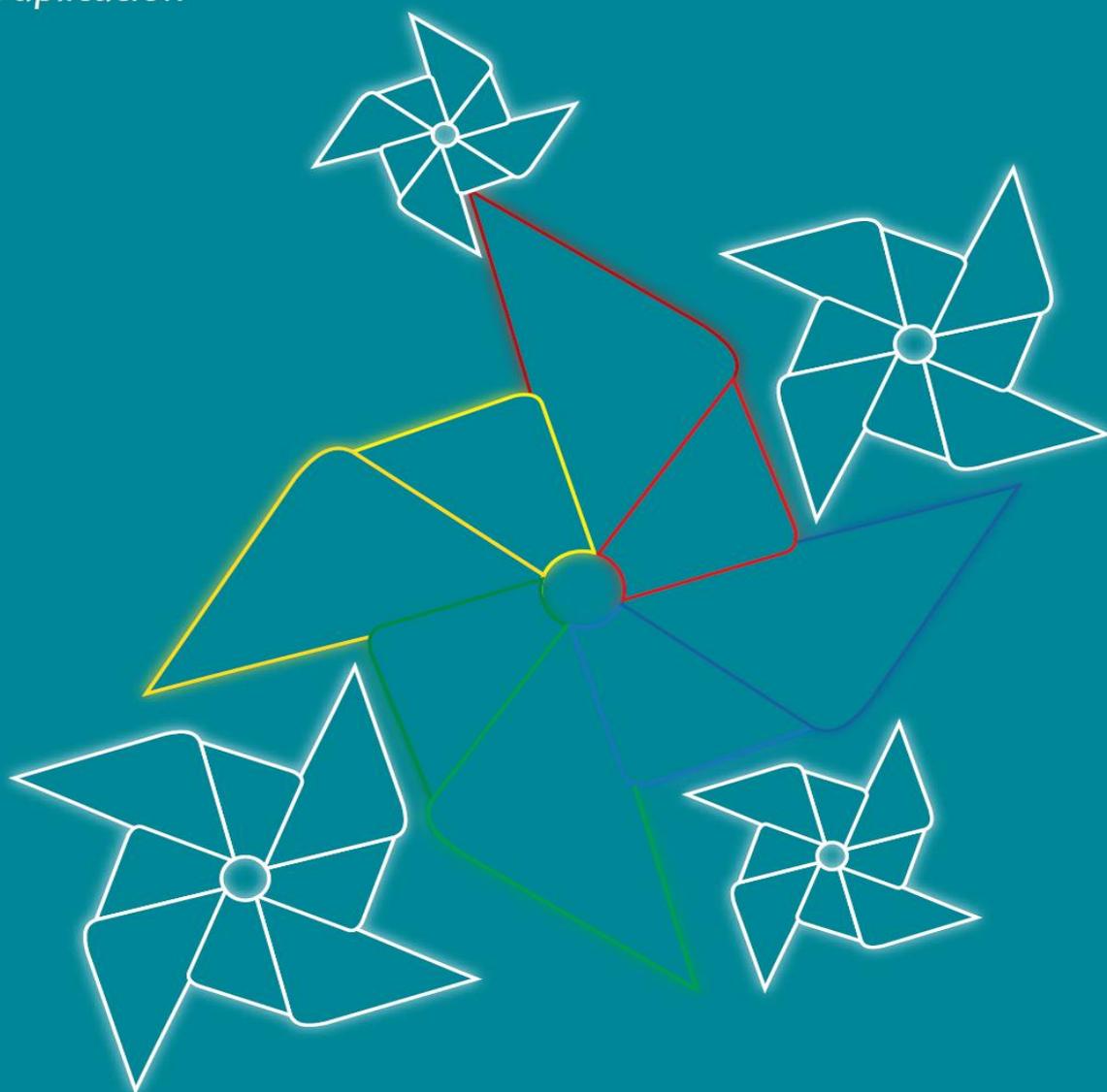


# Sustentabilidad Productiva Sectorial

*Algunas  
evidencias  
de aplicación*



*Coordinadores*  
DAVID IGLESIAS PIÑA  
FERMÍN CARREÑO MELÉNDEZ  
ALAN NOE JIM CARRILLO ARTEAGA

Primera edición 2015

*Sustentabilidad productiva sectorial. Algunas evidencias de aplicación*

David Iglesias Piña, Fermín Carreño Meléndez  
y Alan Noe Jim Carrillo Arteaga (coordinadores)

© Derechos reservados

Universidad Autónoma del Estado de México  
Av. Instituto Literario 100 Oriente, C.P. 50000,  
Toluca, Estado de México.  
<http://www.uaemex.mx/>

© Imágenes: propiedad intelectual de los autores

© Portada: Jorge Marcelino

Corrección de estilo

Manuel Encastin

Diseño y formación

Jorge Marcelino

Queda prohibida la reproducción parcial o total del contenido sin la previa autorización por escrito de la institución responsable de la edición en términos de la Ley Federal del Derecho de Autor y, en su caso, de los tratados internacionales aplicables.

El contenido de esta publicación es responsabilidad de los autores.

Dictaminado favorablemente conforme a los lineamientos editoriales vigentes a partir de 2009, del Consejo General Editorial UAEMéx.

ISBN: 978-607-422-648-5

Impreso México / *Printed in Mexico.*

# ÍNDICE

---

9 PRÓLOGO

11 INTRODUCCIÓN

## I

15 UTILIZACIÓN DEL MÉTODO *IDEA* PARA EVALUAR LA SUSTENTABILIDAD DE LA GANADERÍA DEL ESTADO DE MÉXICO

*Jovel Vences Pérez, Adriana de Lizt Nájera Garduño, Benito Albarrán Portillo, Carlos Manuel Arriaga Jordán, Samuel Rebollar-Rebollar y Anastacio García Martínez*

41 DISEÑO DE TRAMPAS PARA GRASAS CON FIBRAS NATURALES

*Arely Díaz Román, Miranda Italivy Jiménez Romero y Lucila Herrera Reyes*

## II

61 SUSTENTABILIDAD DE LA PIROTECNIA EN SAN MATEO TLALCHICHILPAN, ESTADO DE MÉXICO

*Ramón Calderón Contreras, Juan Carlos Sánchez Meza, Víctor Pacheco Salazar y Gonzalo Martínez Barrera*

89 LA AGRUPACIÓN DE EMPRESAS VÍA PARQUES INDUSTRIALES. ¿ALTERNATIVA DE SUSTENTABILIDAD PRODUCTIVA?

*David Iglesias Piña, Fermín Carreño Meléndez y Alan Noe Jim Carrillo Arteaga*

# II

## SUSTENTABILIDAD DE LA PIROTECNIA EN SAN MATEO TLALCHICHILPAN, ESTADO DE MÉXICO

---

RAMÓN CALDERÓN CONTRERAS  
Gobierno del Estado de México  
Instituto Mexiquense de la Pirotecnia

JUAN CARLOS SÁNCHEZ MEZA  
VÍCTOR PACHECO SALAZAR  
GONZALO MARTÍNEZ BARRERA  
Universidad Autónoma del Estado de México  
Facultad de Química

### INTRODUCCIÓN

El origen específico del manejo del fuego con fines sociales se desconoce ya que existen muchos autores que lo atribuyen a la cultura egipcia (Lancaster, 1992), quienes arrojaban sales, obtenidas del río Nilo, al fuego en ceremonias religiosas, logrando con ello generar humo y flamas en tonalidades verdes; sin embargo, las culturas hindúes y persas (559 al 459 a.C.), se mostraban, en gran medida, interesados en el uso del fuego, pero la mayoría de los autores coinciden en señalar que el mayor avance fue logrado por la cultura China con el descubrimiento de la pólvora (Carranza, 2000; Lancaster, 1992; Manochio, 1992).

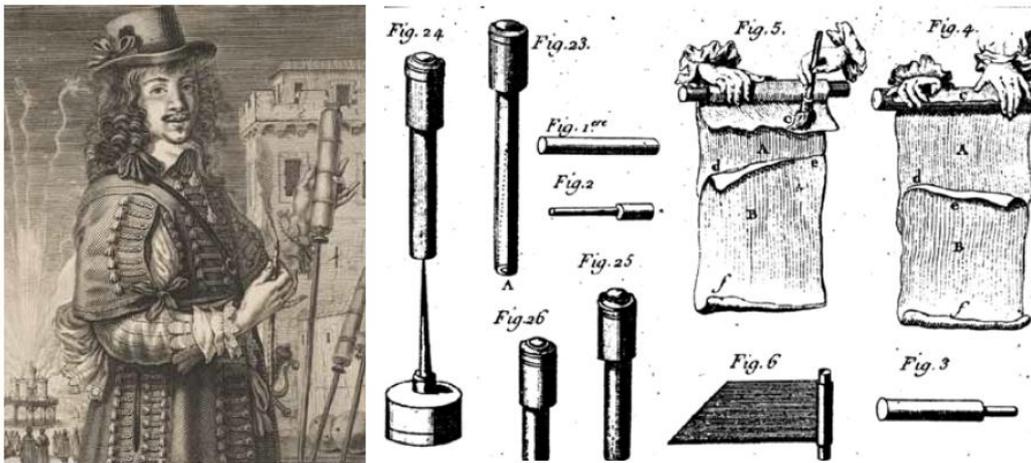
Como muchos de los grandes inventos se le imputa un origen accidental ya que los componentes para fabricarlos son materiales usados en la cocina tradicional china, el carbón como combustible, el azufre y la sal de nitrato, la cual se creía que tenía propiedades medicinales y era usada en cantidades no mayores a 1.3 g para conservar carne (Lancaster, 1992).

Entre los años 1275 a 1292, Marco Polo y su padre vivieron en China, aprendiendo el arte de la pirotecnia y llevándolo a Europa por el mar mediterráneo. Siendo Italia uno de los primeros países en adoptar este arte, por lo que la tradición se intensifica en estas zonas. Prueba de ello es la aparición de uno de los primeros libros de pirotecnia, escrito por la familia Valle en 1524, familia que actualmente figura en el sur de Italia como una de las de mayor tradición pirotécnica (Manochio, 1992).

Del siglo XIV al XVI la pirotecnia sufre un periodo de uso constante en festividades religiosas, sin embargo no hay cambios en los materiales y procesos de fabricación, incluso existe poca documentación que mencione la pirotecnia recreativa durante este periodo. En 1635 aparece uno de los primeros libros escritos en inglés donde se describían metodologías para la fabricación de pirotecnia, posterior a ello, no existen avances documentados en la elaboración de nuevos productos en casi un siglo.

Para 1739 la familia Ruggieri, de Bologna, Italia, presenta un espectáculo pirotécnico usando dispositivos móviles, nunca vistos hasta entonces, y genera la aparición de los primeros colores a base de clorato (clorato de amonio); sin embargo, no es sino hasta 1786 cuando Berthollet prepara clorato de potasio, producto que cambiaría radicalmente la forma de elaborar colores en pirotecnia. Fue hasta el primer cuarto del siglo XIX cuando se inició la etapa

moderna de la pirotecnia, gracias al francés Chertier, quien empleó dos nuevos agentes químicos en las composiciones de los fuegos artificiales: el clorato de potasio y el nitrato de estroncio (Cizza, 2007). En 1823 se publica en el *American Journal of Science* el uso de clorato de potasio para la elaboración de pirotecnia (Constestabile, 2007; Krone, 2009; Shimizu, 1981).



**Imagen 1.** Detalle de “Artificier” publicado en 1770 en Francia  
**Fuente:** Manochio (1992).

La carrera por la innovación de la pirotecnia tiene avances cada vez más constantes, en 1864 se patentan las primeras prensas especializadas en pirotecnia. En 1865 se descubren las propiedades del magnesio para la generación de chispas y trueno, el cual comienza su historia pirotécnica hasta 1880.

### 1. Pirotecnia en México

La pirotecnia, como la conocemos actualmente tiene su introducción en América con la conquista española donde el manejo de

la pólvora juega un papel bélico, con lo que se realizaría el ataque a los pueblos indígenas. Obtener los componentes para fabricar la pólvora no representaría ningún problema para los conquistadores, ya que podrían usar salitre conseguido de las orillas del lago de Texcoco, carbón de los bosques circundantes y azufre extraído del volcán Popocatepetl, con lo que Hernán Cortés llevaría a cabo su campaña. El cronista Baltasar Dorantes de Carranza, refiere que entre los conquistadores que subieron al volcán estaban Diego de Ordaz, Diego Hernández Nieto y Francisco Montaña, quienes posteriormente se establecerían como los primeros “polvoristas” (Córdova, 2000).

Una vez consumada la conquista española comenzaría la tarea de las diversas órdenes religiosas para la conversión de los pueblos, y para ello se utilizó de nuevo a la pirotecnia, esta vez en espectáculos que amedrentaban a los nativos, creando con ello una asociación de la pirotecnia con los festejos religiosos que a la fecha se conserva como uno de los principales usos de la pirotecnia. Por ello, para el siglo XVII la pirotecnia en México se desarrolla de formas cada vez más ingeniosas, y su avance es a tal grado que para el siglo XVIII se había difundido la tradición pirotécnica en medios rurales e indígenas de todo el país, ampliándose a festejos cívicos, religiosos y sociales (Carranza, 2000).

La producción de pólvora fue controlada por el Gobierno Virreinal desde los inicios de la Colonia, y monopolizada por la Corona Española desde 1590. La primera fábrica de pólvora se estableció en Chapultepec en 1600, y es trasladada fuera de la ciudad en 1776. Para Inés Carranza (2000), esto representa un estancamiento de esta actividad, al existir una única fábrica de pólvora, dirigiendo su uso principalmente en la guerra y la minería, y en segundo término para la manufactura de cohetes y fuegos de artificio; sin embargo,

comenta que estas acciones no alcanzaron a controlar la fabricación de este polvo, ya que para entonces se fabricaba y vendía en grandes cantidades de forma clandestina.

La tradición y uso de la pólvora se arraigó en el centro del país, donde se empezaron a formar los primeros pirotécnicos, ya que en esta zona se encontraban las materias primas para su fabricación, como el azufre en el cráter del volcán Popocatepetl y las sales que provenían de las costas de Guerrero o de la tierra de los purépechas de la costa del Pacífico y el carbón de los bosques que rodeaban al lago de Texcoco. Los primeros pirotécnicos se asentaron en la Ciudad de México y sus alrededores, en los barrios de Coyoacán, Xochimilco, Cuautitlán, Texcoco y Zumpango (ver imagen 2) (Martínez, 1983).

Durante el siglo XX, la pólvora encuentra un gran apogeo, asociada a las festividades religiosas, imprescindible en los festejos patrios y se consolida como una actividad de gran relevancia, principalmente para el Estado de México por la cercanía con la capital mexicana y por la accesibilidad a las materias primas.



**Imagen 2.** Pirotécnicos de Zumpango  
**Fuente:** Archivo IMEPI (2010)

En la actualidad, y por la gran demanda, existe producción pirotécnica en 28 Estados de la República, en donde cada zona tiene sus propias técnicas y fórmulas. Al ser considerada de alto riesgo laboral y riesgo de seguridad nacional, por el manejo de explosivos, se manifiesta como una actividad de ámbito federal y se le imputan a la Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA) las responsabilidades de vigilar y regular el consumo de materias primas, el transporte y la comercialización de producto pírlico terminado.

En la República, la única autoridad competente para sancionar, suspender y decomisar cualquier tipo de fuegos artificiales es la SEDENA, y en caso de proceder penalmente la Procuraduría General de la República; sólo estas autoridades están amparadas en la Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos para proceder.

Pese a la normatividad aplicable a este sector (figura 1), la SEDENA es quien maneja la única ley que regula directamente al gremio pirotécnico, por lo que se presentan dificultades diversas que en muchos casos tiene que ver con lagunas existentes en la Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos, ya que es una ley emitida en 1972 con diversas reformas, que no han cambiado de manera radical lo descrito desde su publicación, siendo la última reforma en 2004. Existen numerosas características que al no ser especificadas dentro de la ley cada zona militar interpreta de forma distinta este escrito, por lo que la milicia solicita características diferentes en las diversas regiones del país.

## *2. Pirotecnia en el Estado de México*

Actualmente el Estado de México concentra el mayor número de pirotécnicos, distribuidos en 62 municipios, entre los que destacan:



**Figura 1.** Pirámide de Kelsen aplicada a la pirotecnia  
**Fuente:** Elaboración propia.

Tultepec, Zumpango y Almoloya de Juárez; los cuales han podido elaborar artículos con efectos muy parecidos a los que se ven en otros países como China, España, Brasil e Italia. Tal vez sin la misma intensidad, debido a la falta de nuevas materias primas y de insumos, pero no hay duda que los artesanos mexicanos pueden desarrollar e innovar productos de primer nivel.

Estadísticamente, el Estado de México produce más del 50% de la producción nacional, pero a la vez es la entidad donde se suscitan más recurrentemente los accidentes relacionados en la materia.

Entre los municipios con mayor presencia de pirotécnicos se encuentra en primer lugar Tultepec, donde se asientan alrededor de 600 artesanos, divididos en un 30% de productores de castillos y un 70% de productores de juguetería pirotécnica, considerando a

permisionarios y no permisionarios (Calderón, 2012). Por la cantidad de artesanos que prevalece en este municipio, es conocida como la capital de la pirotecnia en nuestro país.

Otro municipio destacado es Zumpango, la relación es totalmente contraria, se asientan alrededor de 150 pirotécnicos, donde el 80% son “castilleros” y el 20% es “juguetero”. Mientras que en Almoloya de Juárez, de los 200 pirotécnicos el 100% se dedica a la elaboración de castillos. Otros municipios con gran presencia de productores de pirotecnia son: Ozumba, Texcoco, Chimalhuacán y Axapusco, donde su actividad es básicamente de “castillería” (Calderón, 2012).



**Imagen 3.** Pirotécnico de Almoloya de Juárez, Familia Martínez  
**Fuente:** Archivo propio (2012).

El mercado de “La Merced” es considerado el principal proveedor de diferentes productos, donde también se encontraba a la venta, hasta hace algunos años, gran cantidad de juguetería pirotécnica, siendo el principal abastecedor del resto del país. Hace más de 20 años se suscitó una explosión, provocando que los distribuidores emigraran al lugar de su producción: Tultepec. Donde se fundó el principal tianguis de distribución de juguetería pirotécnica del Estado de México, y con ello se incrementó el riesgo latente de alguna contingencia, la cual se suscitó en los de 2005 y 2006, con la destrucción total de dicho tianguis. A raíz de estos sucesos, el Gobierno del Estado de México, en su afán por crear una actividad económica importante para la región, se percató de la necesidad de impulsar, capacitar y adecuar la fabricación, distribución, venta y quema de fuegos artificiales, principalmente para disminuir los accidentes con los artesanos, por lo que fue fundado el Instituto Mexiquense de la Pirotecnia.

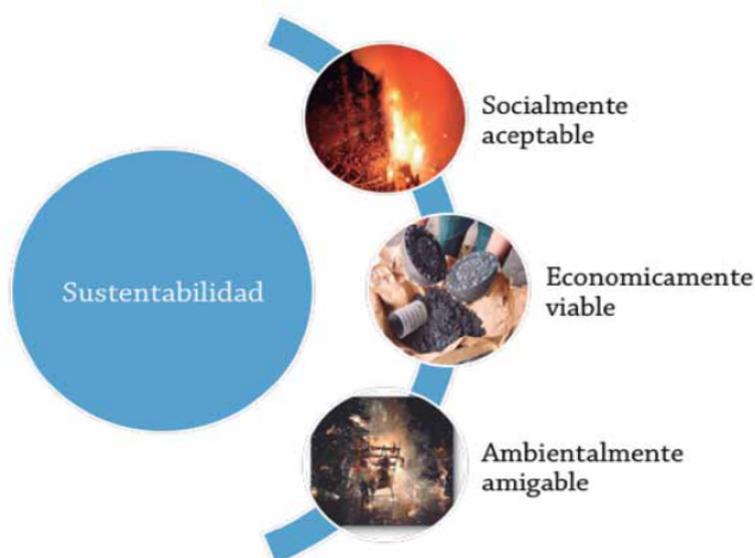
### 3. *Sustentabilidad*

Desde la publicación del *Informe Brundtland* en 1987, por la Comisión Mundial para el Medio Ambiente y el Desarrollo de la ONU, múltiples trabajos se han basado en el concepto de “desarrollo sustentable” para analizar las carencias de algunas regiones, la vulnerabilidad de los pueblos o para mostrar los grados de pobreza de los países; en ese mismo ámbito, esta definición ha sido manejada como discurso demagógico, restándole credibilidad, o como base para grupos ecologistas, alejándolo de la parcialidad necesaria para convertirse en una herramienta de análisis o un medio para la gestión de calidad, ambiental y seguridad de las nuevas instituciones que podrían aprovecharlo en su máximo significado.

Pese a ello Duran (2012), menciona que a partir de dicho informe, el mundo es concebido como un sistema global, cuyas partes están interrelacionadas, considerándose el concepto de “desarrollo sustentable” como un proceso multidimensional que afecta al sistema económico, ecológico y social.

Utilizando como parámetro el Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de recursos naturales incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS), el concepto de “sustentabilidad” en este trabajo, se define a partir de cinco atributos generales de los sistemas de manejo:

- 1) productividad;
- 2) estabilidad, confiabilidad y resiliencia;
- 3) adaptabilidad;
- 4) equidad, y;
- 5) autodependencia (autogestión).



**Figura 2.** Factores de estudio para la sustentabilidad  
Fuente: Elaboración propia.

#### 4. *Vulnerabilidad*

El trabajo del artesano pirotécnico involucra múltiples dificultades, que han propiciado un estancamiento en su crecimiento económico y social. Esto indica la existencia de factores que se consideran un riesgo o que pueden afectar de manera directa al crecimiento empresarial o familiar de dicho grupo, por lo cual es factible estudiar a este sector económico como un “grupo socialmente vulnerable”.

Un concepto de vulnerabilidad, encaminado a los propósitos de este trabajo, se encuentra en el escrito del Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas:

En esencia, la vulnerabilidad puede definirse como un estado de elevada exposición a determinados riesgos e incertidumbres, combinado con una capacidad disminuida para protegerse o defenderse de ellos y hacer frente a sus consecuencias negativas. La vulnerabilidad existe en todos los niveles y dimensiones de la sociedad y es parte integrante de la condición humana, por lo que afecta tanto a cada persona como a la sociedad en su totalidad (Durán, 2012: s.p.).

En el Estado de México, la zona con mayor elaboración de pirotecnia de tipo castillería se concentra en la comunidad de San Mateo Tlalchichilpan, municipio de Almoloya de Juárez.

Derivado de lo anterior, el propósito de esta investigación fue determinar si la actividad pirotécnica que se desarrolla en el municipio de Almoloya de Juárez, dedicada fundamentalmente a la producción de castillos, se maneja de forma sustentable, determinando los puntos de vulnerabilidad en sus sistemas sociales y productivos.

## 5. Metodología

Para la realización de este estudio se utilizaron diferentes técnicas de medición de los factores sociales, económicos y ambientales que intervienen en la actividad pirotécnica, todo esto para elaborar una descripción de las características de la sustentabilidad de la pirotécnica en una comunidad del Estado de México, y con ello evaluar el grado de vulnerabilidad de este sector económico (Gligo, 1987; Pizarro, 2001; Serageldin, 1993; Sojo, 2004).

Aunado a la búsqueda bibliográfica, en el proceso de esta investigación, se recurrió al sistema SAVER (Sistema de Análisis y Visualización de Escenarios de Riesgo) emitido por el CENAPRED, el cual permite visualizar un Sistema de Información Geográfica (SIG), con datos actualizados por el INEGI, y los atlas de riesgo de cada uno de los municipios a nivel nacional, con ello se generaron las estadísticas presentadas para la elaboración del análisis de riesgos.

Para contextualizar a la pirotecnia, dentro del esquema global, se utilizaron los datos recabados por la asistencia a tres simposios internacionales en fuegos artificiales (International Symposium on Fireworks) en Canadá (2002), México (2009) y Malta (2012).

Una vez planteado el contexto de la pirotecnia, desde un punto de vista externo, se llevó a cabo un análisis local, utilizando los conceptos de sustentabilidad planteados como base del análisis social, económico y ambiental (figura 2). Se utilizaron principalmente las características de sustentabilidad social descritas por Monterrosc (2009), para establecer los indicadores y acoplándolo al proyecto “Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de recursos naturales incorporando Indicadores de Sustentabilidad” (MESMIS) de la UAEM, se pudieron incorporar descripciones, metodologías y

propiedades más específicas que nutren la metodología del análisis de la sustentabilidad.

Utilizando como base el proyecto MESMIS (figura 3), para la determinación del grado de vulnerabilidad, se dividió la investigación en tres apartados principales:

- 1) plantear los atributos de la sustentabilidad;
- 2) elaborar los criterios de diagnóstico y;
- 3) realizar un estudio FODA.

Los atributos de la sustentabilidad que se toman en cuenta para esta metodología son: productividad; estabilidad, confiabilidad y resiliencia; adaptabilidad; equidad, y autodependencia (autogestión) (Monterroso, 2009).

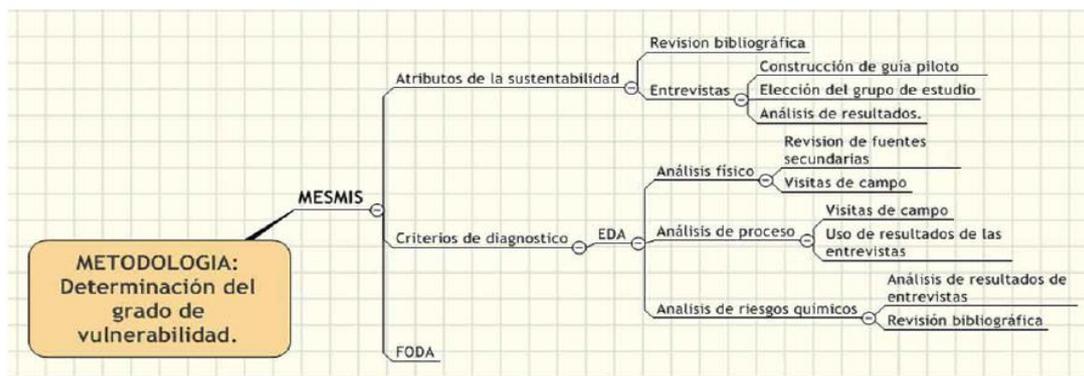
Conforme se realizaron estas actividades, se formuló un diagnóstico de la población a estudiar, analizando en primera instancia los factores físicos del terreno donde se asentaron los maestros pirotécnicos; para ello se revisaron fuentes secundarias (datos del INEGI, IMEPI y atlas de riesgo de P.C.), y se realizaron visitas a la zona pirotécnica. De igual forma se analizaron las sustancias químicas utilizadas para determinar los riesgos químicos existentes, esto mediante revisión bibliográfica y entrevistas. Con esta información se integró una matriz causa–efecto (estructurada a partir de la “Matriz de Leopold”), para identificar el impacto ambiental que se produce como resultado de las actividades propias de la pirotécnica en la zona de estudio (Camilleri y Vella, 2010).

Se realizó una visita a la zona de estudio y se llevaron a cabo entrevistas abiertas a 30 de los 106 artesanos pirotécnicos inscritos al padrón del IMEPI; se identificaron los elementos ambientales con

mayor degradación; se procedió a definir, con base en los factores ambientales establecidos en la “Matriz de Leopold”, aquellos que están presentes en el área de ubicación del proyecto y que pudieran resultar afectados por las actividades realizadas (Cizza, 2007).

Una vez identificadas las interacciones entre los elementos ambientales y las actividades a desarrollar dentro del proceso, mediante un grupo de expertos en diferentes áreas, se asignaron valores que permitirían ponderar el grado de afectación.

Finalmente, se incluyó un estudio de fortalezas y debilidades del sistema, para lo cual fue fundamental la recopilación de resultados de los pasos anteriores, de forma tal que fuera posible explicar el grado de vulnerabilidad del sector pirotécnico en la comunidad de San Mateo Tlalchichilpan, municipio de Almoloya de Juárez, Estado de México (Perona et al., 2001).



**Figura 3.** Metodología para la determinación del grado de vulnerabilidad  
**Fuente:** Elaboración propia.

6. Resultados

IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

En la tabla 1 se muestran los principales impactos y riesgos, identificados mediante la matriz modificada de Leopold. Debido a que el área se encuentra alterada de manera considerable por las actividades humanas, y que han ocasionado la degradación de la mayoría de los elementos ambientales, se considera que en general, el impacto ocasionado a la flora y fauna no es significativo, ya que al modificarse las condiciones naturales del espacio hubo un desplazamiento de los elementos bióticos a sitios que cuentan con las condiciones para su sobrevivencia.

Por otro lado, vale la pena resaltar que los efectos en el suelo por el manejo de la materia prima representa un impacto medio para la población, los animales y cultivos, ya que aunque algunos favorecen al crecimiento de la vegetación, otros resultan perjudiciales.

TABLA 1.  
Matriz de identificación de riesgos, basada en la matriz de Leopold

		Fabricación							Transporte y armado				Quema			
		M. P.	Molienda	Mezclado	Tamizado	Llenado	Estrellas	Secado	Armazón	Carga	Transporte	Estructuras	Mechado	Bombas	Castillos	Cohetón
Atmosfera	Físico	•		•	•	•	•	•		•				•	•	•
	Químico	•						•		•				•	•	•
	Sonoro		•			•				•				•	•	•

SUSTENTABILIDAD PRODUCTIVA SECTORIAL

Suelo	Propiedades Físicas	•	•	•	•	•	•	•	•			•	•	•	•	•	•
	Propiedades Químicas	•	•	•	•	•	•	•					•			•	•
Agua	Superficial							•									
	Subterránea																
Medio Biótico	Flora		•	•	•	•	•	•							•	•	•
	Fauna		•	•	•	•	•	•							•	•	•
Medio Perceptual	Visual		•					•	•	•		•	•		•	•	•
	Elementos singulares								•						•		
Socio-económico	Riesgos Sociales														•	•	•
	Riesgos a la Salud	•	•	•	•	•	•		•	•		•	•		•	•	•

**Fuente:** Elaboración propia.

Finalmente, dentro de los impactos ambientales positivos identificados se encuentran los relativos a los beneficios económicos que la actividad aporta a la comunidad, favoreciendo sus condiciones de vida.

### 7. Descripción del proceso productivo

La producción de material pirotécnico es considerada una actividad artesanal, ya que: no cuenta con sistemas de control de procesos establecidos; carece de normalización en sus actividades y; la producción no es en serie.

Los artificios son elaborados de forma manual con base en técnicas y conocimientos ancestrales, aprendidos de generación en generación mediante la inserción al rol de trabajo de los familiares de menor edad. En la figura 4, se muestra una descripción de las actividades pirotécnicas que se llevan a cabo en la zona de estudio.

La tecnología ha evolucionado, sin embargo pocos maestros pirotécnicos invierten en tecnología, pues consideran adecuados los equipos con los que cuentan para las necesidades de su labor.

Existen fundamentalmente cuatro etapas del proceso:

- 1) fabricación;
- 2) transporte;
- 3) armado del espectáculo y;
- 4) la quema del material pirotécnico.

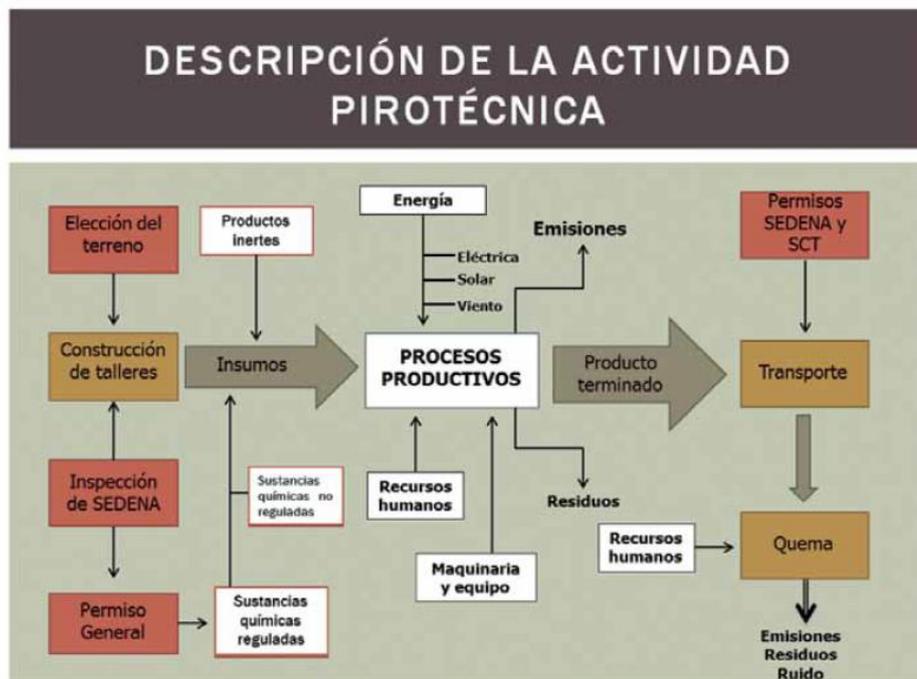


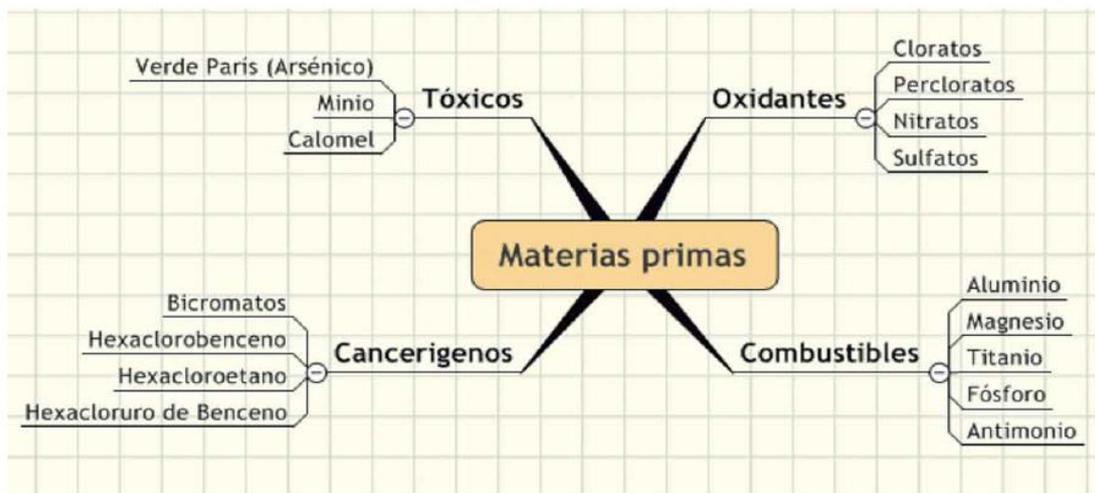
Figura 4. Diagrama de la actividad pirotécnica  
Fuente: Elaboración propia.

La primera se lleva a cabo en las instalaciones del taller pirotécnico, son embargo, las otras etapas varían de lugar, por lo que evaluarlas se torna complejo.

### 8. Identificación de los contaminantes

Todos los materiales se encuentran en polvo finamente dividido, por lo que su dispersión se facilita hacia el ambiente. El tipo de explosión que se generaría es el correspondiente a “explosión por ignición de polvo combustible en suspensión”.

De los materiales combustibles se presentan metales como: el Mg, el Al o el Ti; por lo que el riesgo de explosión por chispa electrostática se incrementa. Aunado a ello, existen componentes químicos agresivos a la salud humana (ver figura 5), los cuales son manejados sin las precauciones adecuadas.



**Figura 5.** Sustancias químicas peligrosas usadas regularmente  
**Fuente:** Elaboración propia.

Durante los procesos de tamizado, elaboración y armado se genera fricción entre materiales. De manera, igualmente riesgosa, encontramos golpeteo en la molienda y cargado de cartuchos, por lo que las probabilidades de explosión se centran en tres factores: electrostática, fricción e impacto (Coonkling, 1992; Jiang et al. 2009). En la tabla 2, se muestran las rutas de exposición predominantes, ligadas a las sustancias empleadas en la actividad pirotécnica.

TABLA 2.  
Tabla de identificación de receptores y rutas de exposición

Fuente	Sustancia	Ruta de exposición	Poblacion expuesta	Via de ingreso
Taller de pirotecnia	Oxidantes	Manejo en polvo de materiales, permanencia en ropa, ingestión por contacto con alimentos.	Trabajadores y familiares en forma directa.	Ingesta, Respiratoria y Dérmica
	Sales minerales			
	Metales en polvo			
	Combustibles			
	Aglutinantes	Sustancias líquidas, exposición principal por contacto dérmico	Población de Tlalchichilpan, en forma indirecta.	Dérmica

**Fuente:** Elaboración propia.

La actividad pirotécnica en San Mateo Tlalchichilpan se realiza de manera artesanal entre los límites municipales de Almoloya de Juárez y Zinacantepec, la zona primordial se encuentra en las faldas del “Cerro del Molcajete”; esto conlleva diversos problemas, ya que

las escorrentías de agua, en tiempo de lluvia, pasan por la calle principal de dicha comunidad, transportando materiales químicos de la zona de producción a la zona urbana (tabla 2).

La localización de los talleres representa un severo problema, ya que al estar en los límites municipales las autoridades no tienen una adecuada comunicación, por lo que existen problemas como la invasión de la mancha urbana hacia los talleres pirotécnicos, incumpliendo lo estipulado por la ley.

Las sustancias utilizadas para la fabricación de material pírco presentan características que ponen en riesgo la salud de la población, por su reactividad; además, es de gran importancia destacar el uso de productos tóxicos y cancerígenos.

Debido a las características de la zona, ésta se puede considerar de marginación media. Debido a la falta de servicios, existe un constante contacto, directo e indirecto, de las sustancias químicas con la población.

#### *9. Sustentabilidad pirotécnica en la comunidad de San Mateo Tlalchichilpan*

La pirotecnia de San Mateo Tlalchichilpan atraviesa severos problemas que la alejan de ser una actividad sustentable, ya que no cubren las características sociales, ambientales y económicas requeridas para catalogarla positivamente.

En cuanto a lo social, se vuelve claro el “clandestinaje” de productos, la falta de seguridad en la producción, la invasión de uso de suelos, la carencia de normatividad propia y los procesos tradicionales no documentados. En lo ambiental, destaca la carencia de sistemas de salud, incremento de accidentes, desinterés por el sano

ambiente laboral y el uso de agentes químicos agresivos con la salud y el medio ambiente. Sin embargo, económicamente, y pese a las quejas de los productores, la actividad permite el sustento de más de 200 familias y genera el 80% de los trabajos en la comunidad; solventando problemas como la extorsión, la falta de tecnificación de procesos, los costos de accidentes, la disminución de contratos por competencia desleal o por la entrada de empresas extranjeras.

Productivamente la pirotecnia tiene un rezago importante con respecto a otros países, por lo que falta la tecnificación y el diseño de procesos que permitan optimizar tiempo y recursos.

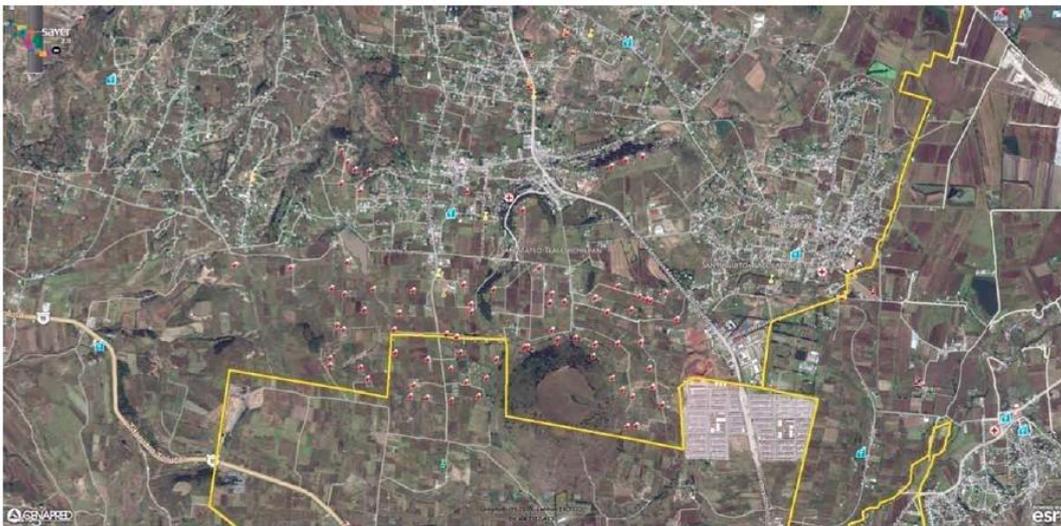
Se observa que después de un accidente la resiliencia es alta, ya que se apoyan mutuamente para cumplir con los compromisos; sin embargo, esto influye directamente en la confiabilidad, ya que es considerada una actividad de alto riesgo, y al no haber una legislación adecuada, la estabilidad se pierde. En muchos casos se ocultan datos referentes al desempeño de la actividad o a los accidentes, por lo que se obstruye la información que podría llevar a realizar un análisis más profundo de esta actividad.

Las nuevas generaciones de pirotécnicos se están adaptando a los cambios del mercado y a los comportamientos del propio sector, lo que ha provocado una separación drástica entre los productores, abriéndose brechas en la equidad; pues conforme se implementan nuevas acciones para disminuir costos, los pirotécnicos que no las adoptan son desplazados y pierden mercado.

La adaptabilidad va en función de situaciones traumáticas, ya que prefieren no realizar cambios en sus formas laborales a menos que sufran accidentes, en cuyo caso son obligados a realizar mejoras a los procesos o cambios de la estructura de los talleres; sin embargo, pocos lo hacen por iniciativa propia.

Debido a la entrada, cada vez más mayor, de artificios de procedencia extranjera (de forma ilegal), se han perdido grandes oportunidades de empleo, ya que los que acceden a estos productos pueden vender sus espectáculos hasta una tercera parte más baratos, generando con ello una competencia desleal, que produce un deterioro de la artesanía pirotécnica.

En cuestión de permisos, la pirotecnia seguirá necesitando el apoyo del gobierno para facilitar el proceso burocrático de la obtención de firmas para “la opinión favorable”, por lo que la ubicación de los permisionarios se facilita, como se muestra en la imagen 4. Sin embargo, existen grandes dificultades para localizar a los talleres pirotécnicos que laboran de forma clandestina dentro de casas habitación.



**Imagen 4.** Ortofoto de la zona de estudio y la ubicación de los talleres pirotécnicos

\* La línea amarilla muestra el límite municipal

**Fuente:** Sistema SABER.

En general la pirotecnia en San Mateo Tlalchichilpan sufre un estancamiento producido por las malas prácticas de elaboración y administración, esto se traduce en una falta de conciencia ambiental, una desgastada imagen social y una economía que únicamente se mantiene, por lo que podemos concluir que es una actividad sostenible económicamente pero no sustentable.

#### 10. *Vulnerabilidad*

Derivado de la información recabada en las encuestas, se puede señalar que la comunidad de San Mateo Tlalchichilpan se considera vulnerable, ya que no tiene la capacidad de mantener el crecimiento del sector pirotécnico a la par de las mejoras sociales que implicaría dicho crecimiento, destacando las situaciones siguientes:

- 1) Desempleo, ocasionado por la compra de productos de procedencia ilegal y por el aumento de la competencia desleal, lo que origina menor número de contrataciones.
- 2) Precariedad laboral, ya que no existen niveles escolares mínimos para la clase trabajadora y por lo mismo no hay una capacitación ni adiestramiento adecuado para las funciones que desempeña un trabajador de la pirotecnia.
- 3) Los bajos niveles formativos van de la mano con la precariedad laboral y por supuesto con el desempleo.
- 4) El aumento de la población y la permanencia de la infraestructura, ocasionan que menos personas tengan acceso a los servicios propios de una población en sano desarrollo.

Estos factores indican una creciente necesidad de legislar adecuadamente en torno al rubro pirotécnico, para normalizar su

situación y evitar el creciente grado de vulnerabilidad que aqueja la población estudiada.

La resiliencia posterior a los accidentes pirotécnicos se da con relativa rapidez, debido al apoyo entre los pirotécnicos locales, ya que habitualmente el fabricante cobra por adelantado el 50% del dinero acordado para una quema; sin embargo, al verse involucrados en accidentes (imagen 5), se pierde este material y se tiene obligado el cumplimiento del contrato, por lo que pese a la destrucción del material e incluso a las pérdidas humanas, los productores se ven en la necesidad de terminar el trabajo usando para ello permisos de familiares o amigos. Al verse envueltos en incidentes, la SEDENA cancela automáticamente el permiso propio.



**Imagen 5.** Deflagración en taller pirotécnico de San Mateo Tlalchichilpan  
**Fuente:** Archivo propio (2012).

## CONCLUSIONES

San Mateo Tlalchichilpan es una comunidad con arraigada tradición pirotécnica, cuyos productores se consideran artesanos de este oficio, por lo que el crecimiento industrial o tecnológico se encuentra estancado.

La normatividad se encuentra relegada a la Ley Federal de Explosivos y Armas de Fuego, por tal motivo los productores desconocen las otras normas que interfieren con su trabajo, ello permite el abuso por parte de algunas autoridades incrementando la extorsión.

Existe un claro desinterés en la toxicología de los materiales utilizados, por lo que muchos de los trabajadores presentan problemas médicos sin que cuenten con acceso a servicios de seguridad social o tengan afiliación a alguna institución pública de este rubro.

El aumento poblacional, en contraste con la permanencia del mismo número de instalaciones de servicios, produce un bajo nivel de formación escolar, esto a su vez genera precariedad laboral y, por ende, desempleo en aumento. Características que hacen considerar a esta comunidad como vulnerable.

Socialmente la pirotecnia atraviesa una crisis, ya que la normatividad es carente, y es atacada por los medios de comunicación, debido a los accidentes durante el uso de estos materiales. Por su parte, “el clandestinaje” está en aumento, por lo que como actividad artesanal no alcanza la aceptación social, y únicamente se mantiene por usos y costumbres.

Ambientalmente, no se consideran los riesgos de manufactura presentes en los talleres, incrementándose los problemas de salud y careciendo de afiliaciones al sector salud.

Económicamente, se tienen problemas severos por el aumento de los productores y la competencia desleal; sin embargo, continúa

siendo redituable para el productor, aunque las condiciones económicas de los trabajadores son críticas, ya que durante los tres años que duró el presente estudio no hubo aumentos de sueldos a estos últimos.

La actividad pirotécnica en la comunidad de San Mateo Tlalchilpan, Estado de México, es sostenible económicamente, con grados altos de vulnerabilidad en los factores sociales y ambientales, por lo cual no es considerada una actividad sustentable.

## BIBLIOGRAFÍA

- Ayuntamiento Constitucional de Almoloya de Juárez (2010) *Atlas de Riesgos el Municipio de Almoloya de Juárez y Programa Interno de Protección Civil en los Inmuebles del Ayuntamiento*, México.
- Ayuntamiento Constitucional de Tultepec 1997-2000 (1999) *Memori del 2 foro internacional de pirotecnia*, 99, México.
- Calderón, R. et al. (2012) *Pirotecnia, arte de fuego*, Instituto Mexiquense de la Pirotecnia, Gobierno del Estado de México.
- Camilleri, R. y A. Vella (2010) "Effect of fireworks on ambient air quality in Malta" en *Atmospheric Enviroment*, núm. 44. Consultado en: [www.elsevier.com/locate/atmosenv](http://www.elsevier.com/locate/atmosenv)
- Carranza, I. (2000) "La pólvora. Un elemento cultural en la vida social de México" en *La pirotecnia en Tultepec*, Tultepec, México.
- Cizza, L. (2007) "Fireworks and the environmental impact" en *International Symposium on Fireworks*, Montreal, Canadá.
- Contestabile, E. (2007) "Review of some instrumentation used in fireworks research at CERL and its contribution" en *Canadian Explosives Research Laboratory. Natural Resources*, Montreal, Canadá.
- Coonkling, J. (1992) "Ignition sensitivity of fireworks compositions" en *American Pyrotechnics Association*, Chestertown, USA.
- Córdoba, L. (2000) "Los coheteros de la ciudad de México en la época colonial" en *La pirotecnia en Tultepec*, Tultepec, México.
- Durán, G. (2012) *Medir la Sostenibilidad: Indicadores Económicos, Ecológicos y Sociales*, Departamento de Estructura Económica y Economía del Desarrollo, Universidad Autónoma de Madrid. Consultado en: [www.ucm.es/info/ec/jec7/pdf/com1-6.pdf](http://www.ucm.es/info/ec/jec7/pdf/com1-6.pdf) 2012
- Gligo, N. (1987) "Política, sustentabilidad ambiental y evaluación patrimonial" en *Pensamiento Iberoamericano*, núm. 12.

- Jiang, F. et al. (2009) "Research on pretreatment to determine content of chemical components in pyrotechnic compositions" en *11° International Symposium on Fireworks*.
- Krone, U. (2009) "Potassium perchlorate- must it really be substituted?" en *11° International Symposium on Fireworks*.
- Lancaster, R. (1992) "Fireworks principles and practice: thirty years" en *International Symposium on Fireworks*, Cambridgeshire, England.
- Manochio, D. (1992) "A history of fireworks, a review of recreational fireworks development" en *International Symposium on Fireworks*, Cambridgeshire, England.
- Martínez, C. (1983) *La pirotecnia: de las bellas y exquisitas invenciones del fuego*, Instituto de Investigaciones Estéticas-UNAM, México.
- Monterroso, N. (2009) *Espoleando la esperanza: evaluación social de la sustentabilidad en dos comunidades rurales del Estado de México*, Colección Las ciencias sociales, Facultad de Ciencias Políticas y Sociales-UAEM.
- ONU-Departamento de Asuntos Económicos y Sociales (2003) *Informe sobre la situación social del mundo 2003. Vulnerabilidad social: fuentes y desafíos*, United Nations Publications, Nueva York.
- Perona, N., C. Rocchi, et al. (2001) *Vulnerabilidad y Exclusión social. Una propuesta metodológica para el estudio de las condiciones de vida de los hogares*. Consultado en: <http://www.ubiobio.cl/cps/ponencia/doc/p15.4.htm>
- Pizarro, R. (2001) *La vulnerabilidad social y sus desafíos: una mirada desde América latina*, CEPAL, Santiago de Chile.
- Serageldin, I. (1993) "Cómo lograr un desarrollo sostenible" en *Finanzas y desarrollo*, vol. 30, núm. 4.
- Shimizu, T. (1981) "Fireworks the art, science and technique" en *Pyrotechnica publications*, Austin. Texas, USA.
- Sojo, A. (2004) *Vulnerabilidad social y políticas públicas*, CEPAL, México.