

Importancia Estratégica de los Nuevos Materiales en el Desarrollo Sostenible y como Alternativa de Competitividad

*Wilken Rodríguez Escobar**
*Hernán Bejarano Barrera***
*Hernando Villazón Amarís****

Resumen

Los nuevos materiales tienen una creciente importancia en el desarrollo nacional, y la mayoría de los países industrializados están invirtiendo grandes sumas en el desarrollo de estos, debido a su gran papel estratégico en la interacción económica global. El presente artículo pretende dar una visión general de la participación de estos materiales en la economía mundial como factor alternativo de competitividad, teniendo en

cuenta primordialmente la conservación del medio ambiente y la búsqueda permanente de la calidad total.

2. Razón de nuevos materiales y tecnologías

Los nuevos materiales se obtienen a partir de distintas combinaciones de elementos químicos o aleaciones, obteniendo nuevas propiedades según los procesos a los que han sido sometidos. Dentro de las razones

* Licenciado en Física Universidad Distrital. Especialista en Administración Financiera, EAN. Especialista en Gerencia de Tecnología EAN, Diplomado en Docencia Universitaria UMNG, Catedrático de la Especialización en Informática Industrial, Docente T.C. Facultad de Ingeniería Mecatrónica UMNG, Catedrático Universidad Javeriana.

** Estadístico Universidad Nacional, Especialista en Gerencia de Tecnología EAN, Especialista en educación de matemáticas con énfasis en Sistemas Dinámicos

*** Ingeniero Químico Universidad Nacional de Colombia., Diplomado en Docencia Universitaria, Docente Programa de Ingeniería Mecatrónica, Universidad Militar "Nueva Granada".

que los países industrializados han tenido para desarrollarlos, se pueden mencionar la preservación y protección del medio ambiente, la reducción del consumo de materias primas estratégicas (obtenidas de los recursos renovables escasos y de los no renovables), el incremento de la competitividad en el mercado mundial, las mejoras en la productividad industrial (al reducir costos o hacer los procesos más controlables y con mayor grado de automatización), la caída de los precios de las materias primas, entre otras.

3. Los nuevos materiales

Los programas de investigación de nuevos materiales se dirigen en dos vías principales, que son:

- ◆ Materiales estructurales (construcción) como los metales y sus aleaciones, materiales cerámicos, vidrios (de naturaleza inorgánica).
- ◆ Materiales estructurales y funcionales como polímeros (orgánico-químicos).

Los nuevos materiales deben ofrecer propiedades superiores a los materiales tradicionales¹, obteniendo así mejor resistencia al desgaste, resistencia a altas temperaturas y presiones, gran dureza, gran resistencia mecánica, posibilidad de combinarse con otros materiales, alta resistencia a la corrosión, bajo peso y costo mínimo.

Las principales investigaciones en el campo de los materiales y de sus innovaciones, se centran en las siguientes áreas:

- ◆ Cerámicas avanzadas
- ◆ Polímeros
- ◆ Materiales compuestos
- ◆ Materiales superconductores
- ◆ Materiales metálicos

Cada uno de estos materiales presenta ciertas características y desarrollos que se describen a continuación.

3.1 Cerámicas Avanzadas

Son materiales basados en compuestos inorgánicos no metálicos, producidos a altas temperaturas y usados en componentes que soportan esfuerzos moderados, altas temperaturas y ambientes agresivos.

Sus desarrollos están destinados a motores de combustión interna, válvulas, elementos de control, purificación de gases etc. Es posible que sustituyan al cobalto, al níquel y a otros materiales utilizados en la fabricación de muchos componentes.

El campo de los cerámicos requiere todavía de intensa investigación para solucionar problemas de carácter estructural, tales como el estudio de las características de los polvos cerámicos en función de la calidad, la productividad y la fiabilidad de los

¹ Basado en el libro: COLCIENCIAS. Previsión del desarrollo e impactos mundiales de los nuevos materiales y estrategias para Colombia. Bogotá, septiembre de 1989.

componentes, el diseño y automatización de los procesos de producción en serie para las cerámicas de alta calidad, la generación de nuevos métodos de aglomeración de polvos cerámicos, el mejorar al máximo la compleja relación polvo/presión/temperatura, resistencia mecánica, densidad, el estudio de la superficie de contacto metal/cerámico (cermet), incluidos, dilatación, adhesivos, producción en serie, etc.

Es igualmente importante el estudio de las cerámicas compuestas con fibras o microfibras, empleadas como refuerzo para aplicaciones industriales y el sector textil donde existe un gran potencial, así como el estudio del comportamiento de los materiales cerámicos para su uso a elevadas temperatura.

3.1.1 Estado del desarrollo en cerámicas

Una de las aplicaciones más importantes se da en el sector automotriz, cuya estructura de costos de producción tiene la siguiente relación: Materia prima: 53%. Producción: 30%. Desarrollo: 17%.

Los nuevos materiales cerámicos podrían reducir el peso (a la mitad, por ejemplo) con un incremento en el costo de desarrollo al 30% y disminución de costos de producción cerca de un 15%.

La producción y desarrollo de cerámicas con base en óxidos de Al-Mg-Zr, está concentrada hoy así:

a. Japón: 65% mercado mundial (200 patentes/año, 28% con base en SiNi,

19% SiC 12% ZrO₂), con aproximadamente 2000 investigadores. En 1981 el Ministerio de Industria y Comercio del Japón (MITI) comenzó programas de desarrollo. En 1991 invirtió Japón, cerca de US\$ 350 millones en investigación y desarrollo de materiales, de los cuales US\$ 200 millones, corresponden a cerámicas. La industria automotriz (Toyota, Isuzu Motores, etc.), ha reducido los costos del "motor cerámico", en cerca de 50% y el mercado de herramientas de corte llega en Japón hoy a US\$ 500 millones.

b. Estados Unidos tiene el 25% del mercado mundial (120 patentes/año), en cerámicas similares a las Japonesas. Los Estados Unidos invierten cerca de US\$ 1000 millones/año (30% en investigación básica, 70% en tecnología). El departamento de energía (DOE) invierte US\$ 340 millones/año en investigación de materiales. Cerca de US\$100 millones corresponden a cerámicas. El mercado de herramientas de corte cerámicas llegaría a unos US\$ 400 millones de la industria automotriz (General Motors), se concentra en el motor monolítico-cerámicos son todavía 1.5 veces más costosos que los bloques metálicos.

Las principales compañías y organizaciones en cerámicas en Estados Unidos, son: Departamento de Energía (DOE), Departamento de Defensa (DOD), Departamento de Comercio (DOC), NASA, Structural Ceramics Mv., Carborundum Co., CTE/Sylva-

nia, 3M Corp. Min., Westinghouse Electric Corp., General Motors, Ford Co., W.R., Grace, Garret Turbine engine Co., Allison Gas Turbine Div., National Science Foundation, General Electric Co., Duramic Products Inc., Norton/TRW Ceramics, Oak Ridge Nat. Laboratory (CTAHE), Bureau of Mines, Union Carbide Corp., Norton Industries, National Bureau F. Standards, MIT, Battelle Memor. Inst., Pennsylvania State Univ., University Illinois., University of Virginia.

- c. La República Federal de Alemania y Francia se encuentran en tercer puesto, después de Japón y Estados Unidos, en el desarrollo de cerámicos. Las bases principales de investigación son: Oxido de Al, Mg, Zr, Si-Ni, Si-C, Al-Ni, etc. El desarrollo europeo está atrasado entre 5 y 6 años respecto a Japón y Estados Unidos. La producción de cerámicas avanzadas en Europa alcanzó en 1987 un valor de US\$280 millones.

La República Federal de Alemania invirtió en materiales para el período 1985-1988: 940 millones de marcos alemanes (DM) y para el período 1989-1994: DM 700 millones.

Algunos centros de investigación y organizaciones en la República Federal Alemana son: BMFT (Ministerio de Investigación y Tecnología), Instituto Max Planck (DM60 millones/año), Fraunhofer-Geselleschatd (con la Universidad técnica de Berlin) (DM45

millones/año), BAM - Berlín (DM45 millones/año), KFA, KFK, DFVL, GKSS, HMI (DM85 millones/año), BMVg (Ministerio de Defensa) (DM 105 millones/año).

Las compañías con programas de investigación más avanzados son: Audi, AEG, BASF, Bayer/PK, Brown Boveri, Daimler Benz en unión de la Universidad Tecnológica de Karsruhe y Degussa, Hochst-Ceramtec, Feldmuhle AG, Kraftwerk Unión (Siemens), Krupp., Porsche, Volkswagen.

Gran Bretaña tiene programas similares a la República Federal Alemana, pero con más interés en la industria aeronáutica (rolls Royce, Change Pilkington, Atomic Lac., Harwell, Universidad Londres, Carborundum Co., GEC Ceramics Ltd., Norton Refractories Ltd.).

3.1.2 Futuro de las Cerámicas Avanzadas

El potencial de aplicación de las cerámicas avanzadas es grande, sin embargo, el espectro comercial es reducido debido a problemas técnicos en su producción. Además, la estructura química, que imparte propiedades térmicas y mecánicas superiores a las cerámicas avanzadas, no es apropiada bajo ciertas condiciones de trabajo y conlleva a problemas de seguridad, altos costos de producción y mano de obra especializada.

3.2 Polímeros

Los polímeros son en general, materiales orgánicos constituidos por grandes molé-

culas, basados en moléculas discretas unidas de manera repetitiva. Dentro de los principales polímeros se encuentran las fibras, el caucho, el PVC, el polietileno, el polipropileno, etc. Por lo general, los polímeros poseen una alta resistencia a la corrosión y al ataque químico, al igual que escasa resistencia a las temperaturas elevadas.

Los polímeros presentan aplicaciones en diversos campos, tales como en la Construcción, la electrónica, la industria química, automotriz, los empaques, etc. Las metas de desarrollo para este tipo de materiales, se enfocan hacia polímeros con nuevas estructuras moleculares, logrando así mejores propiedades térmicas, mecánicas, químicas, al igual que hacia polímeros funcionales con propiedades ópticas, magnéticas, electrónicas, etc.

3.2.1 Nuevos desarrollos de los materiales poliméricos

Las diversas aplicaciones de los polímeros, son muestra de su alto potencial de innovación, existiendo muchas opciones de investigación y desarrollo en torno a los polímeros de extrema resistencia (altas temperaturas), polímeros compuestos, copolímeros re-ordenados, polímeros portadores de información, polímeros con propiedades eléctricas, electrónicas, magnéticas y ópticas, polímeros portadores de información, polímeros dotados de memoria.

3.2.2 El Mercado de los Polímeros

Los nuevos polímeros tienden a reemplazar diferentes metales y otros materiales

con aplicaciones estructurales (utilizados en la industria automotriz y de la construcción). Las principales organizaciones de investigación en el campo de los polímeros, están en Japón, Alemania, Estados Unidos, Canadá, Inglaterra, Francia, Brasil, Suiza, etc.

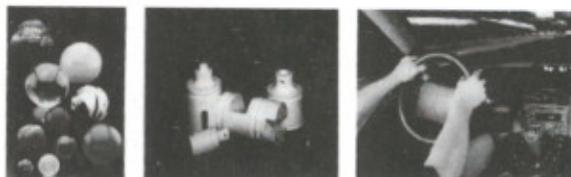


Figura 1. Tomadas de la página INTERNET de *Plastics distributors and fabricators magazine* y de *General Motor Company*.

3.3 Los materiales compuestos

Estos materiales se caracterizan por estar hechos de varios materiales discretos, por ejemplo: fibra y láminas compuestas. Resultan de la dispersión de partículas o fibras de una sustancia en una matriz o aglutinante que depende del nivel de temperatura a que trabaja el compuesto.

Elementos como el carbono, aluminio, silicio, nitrógeno, oxígeno, etc., forman compuestos en los cuales los átomos están sólidamente unidos y son resistentes al calor y a las reacciones químicas; sin embargo, la estructura de tales compuestos es frágil. A través de la combinación de los compuestos en forma de fibras o los llamados *Whikers* (diminutas agujas de carburo de silicio y óxido de aluminio), se llega a materiales compuestos, tales como: fibras artificiales de matriz polimérica, combinaciones laminares con láminas artificia-

les, fibras metálicas reforzadas, fibras cerámicas reforzadas.

3.3.1 Aplicaciones de los materiales compuestos

El uso de compuestos de matriz carbono-carbono se concentra actualmente en Francia, Inglaterra y Estados Unidos en los campos de la industria espacial militar, militar y aeronáutica. Los costos de producción son altos y para minimizarlos, las investigaciones buscan reducir los tiempos de producción.

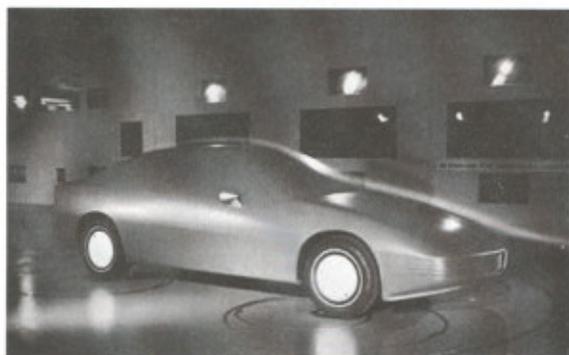


Figura 2. Tomada de la página de INTERNET de General Motor Company

3.3.2 Materiales Compuestos de Matriz Metálica

Las principales matrices metálicas son: matriz de aluminio, de magnesio, de carbono-carbono. Las investigaciones giran en torno a problemas de calidad/precio; densidad/resistencia; temperatura de operación, resistencia al calor, a la corro-

sión y otras más. Es igualmente importante el estudio de los biomateriales, empleados en la fabricación de prótesis para reemplazar partes humanas, dada su compatibilidad con los tejidos naturales y especialmente con el sistema óseo.

3.4 Materiales superconductores²

Con estos materiales se busca conducir la corriente eléctrica con la menor resistencia posible. Los electrones de valencia, encargados de conducir la corriente, colisionan entre sí y con los átomos del material, perdiendo una parte de su energía en calor. Como resultado, se pierde energía eléctrica y el conductor se calienta. En el caso de bajas temperaturas, los electrones "vuelan" sin colisiones y en zig-zag a través de los cristales del átomo sin perder energía. De esta manera, el material se convierte en superconductor y las pérdidas energéticas desaparecen.

Los investigadores A. Muller y G. Bednorz (IBM, Zurich) usaron en 1986 un óxido cerámico en vez de metales, a una temperatura crítica de 35°K, entre tanto, se ha llegado a 150°K y 100°K mediante enfriamiento con Helio o Nitrógeno Líquido, pero resulta demasiado costoso.

Si bien a comienzos de 1988 Japón había logrado 2000 patentes relacionadas con superconductores, no existe aún una teoría que explique las propiedades electromagnéticas de los superconductores de óxidos

² Basado en el libro: COLCIENCIAS. Previsión del desarrollo e impactos mundiales de los nuevos materiales y estrategias para Colombia. Bogotá, septiembre de 1989.

cerámicos ($Ba_2 YCu_3 O_{7-x}$, 93K). Tampoco se sabe con claridad, el comportamiento de los compuestos: cobre, oxígeno, o flúor, Ytrio, Bario y otros elementos.

3.4.1 *Desarrollos en marcha*

Actualmente existen cuatro rangos principales de temperaturas de transición para superconductores de óxido de cobre: **40, 93, 80-110, 80-120** (grados Kelvin).

El material superconductor se prepara en muchas formas: polvo policristalino, cristales sencillos, cerámicas, compuestos, alambres y películas finas. En general, los superconductores actuales son frágiles y químicamente inestables (perovskites) y reaccionan con la humedad y el gas carbónico perdiendo sus propiedades.

3.4.2 *Posibles aplicaciones y su mercado*

Un estudio japonés (Nippon Kezai Schimbun), estima que el mercado potencial de materiales superconductores al año 2000 puede ser de US\$20.000 a US\$34.000 millones. Otro estudio americano (High-Tech Alert), predice solo US\$1.800 millones de dólares. El caso es que su aplicación demandaría muchos millones de toneladas de Bario o Ytrio (actualmente se producen unos miles de toneladas) y su mercado podría llegar a US\$1.000 millones.

Las compañías US-Montafirma Molycorp y la francesa Rhone Poulenc se reparten la producción mundial de Ytrio que es de 600 toneladas, con aplicación en tubos de T.V. y en vidrios especiales. Un gramo de

Ytrio cuesta aproximadamente US\$1.50. El mercado para 1990 se estima así:

Medicina	US\$350 millones
Energía	US\$ 10 millones
Transporte	US\$ 10 millones
Electrónica	US\$150 millones
Nuevos materiales	US\$100 millones
Alta energía	US\$300 millones
TOTAL	US\$900 millones

Japón ha avanzado en investigación de superconductores, con una inversión de US \$100 millones/año en investigación básica, igual que Estados Unidos, y 900 investigadores (mientras en Estados Unidos hay 625 investigadores en este campo).

Las principales aplicaciones de los superconductores, son: «Levitación Kits» para trabajos de laboratorio, Cavidades de radio frecuencia (rf) en aceleradores de alta energía (mesones, etc.), Computadores, chips, magnetos, almacenamiento de energía, magneto-óptica, transporte magnético, Motores eléctricos y conducción eléctrica, generadores, transformadores, redes de distribución, fusión nuclear, magneto-hidrodinámica, computadores (sistemas memorización), encefalografía magnética, sistemas de interferencia cuántica (SQUID's), Armas (SDI, detectores infra-rojos, láser, etc.)

Algunos grupos industriales y de investigación avanzados son: **Estados Unidos** (IBM, General Electric, Seracon-Ca, Argonne Nat., Lab. Bellcore, Du Pont, ATT-Bell Laboratories, Brookhaven Nat. Lab., Battelle Inst., Univ. Houston, US-Montan

Molycorp), **Japón**(Nippon Telegraph & Tel. Corp., Asahi, Nippon Steel Corp., Osaka Univ., Tokio Univ., Association Future Electronics), **Inglaterra** (Univ. Cambridge, Univ. Warwick (Coventry), Oxford Instrum, Rutherford Appleton Laboratory), **Alemania** (Max Planck-Institut, Kernforschungszentrum Karlsruhe, Siemens Keybold-Degussa, Daimler-Benz, Philips-Aache, MAN, VAC), **India** (Council of Scientific & Ind. Research., National Physical Laboratory (New Delhi), **Francia** (Rhone-Poulenc, C.E.A., CGE., Marcoussis, CNRS), **Unión Soviética** (Lebedev Institute, Institute Physical Studies (FIAN), LanduInst., Inst. Of Solide State Physics, Univ. Moscow), **China**, **Corea del Sur**, **Canadá**, **Brasil**, **México** (Universidad Nacional Autónoma).

3.5 Materiales metálicos

Estos materiales han sido y continuarán siendo importantes. Sus propiedades son bien conocidas; su utilización, reciclaje y disposición final son manejables. Muchos de los materiales metálicos son únicos y ofrecen un gran potencial de mejoramiento y nuevos usos a mediano plazo. Uno de los programas más interesante es el de la Comunidad Económica y Europa (EURAM).

Este programa se desarrolla en dos etapas: EURAM-I (1986-1989), que cubre las tecnologías de acabado y maquinaria con tecnología láser (215 proyectos) y EURAM-II (1989-1992), que cubre materiales metálicos, cerámicos, compuestos, etc., (85 proyectos). A continuación se presenta el

resumen del programa de materiales metálicos EURAM.

3.5.1 Aleaciones de aluminio

El aluminio y sus aleaciones, pese a que son materiales bastante conocidos, presentan todavía un importante potencial de desarrollo en sectores como los transportes (aeronáutica, industria automovilística), en los que la relación propiedades mecánicas/peso específico desempeña un importante papel.

Desarrollo de las aleaciones de aluminio:

En este tipo de aleaciones, lo que se pretende es mejorar las características mecánicas como la resistencia a la fatiga, a la rotura, a la abrasión y a la capacidad de ser soldadas, al igual que la resistencia a la corrosión mediante tratamientos de la superficie.

3.5.2 Aleaciones de magnesio

Se trata, principalmente, de mejorar la resistencia mecánica y química (corrosión) de las aleaciones de Mg. Además, habría que incrementar el límite de deformación de los metales hasta 200° C, buscar la adaptación de las nuevas aleaciones de Mg a las modernas técnicas de vaciado (rheocasting o thixo-casting).

Se han realizado avances en revestimientos de superficie y mejoras de los procesos de tratamiento de superficies y automatización de los equipos; al igual que estudios sobre el deterioro de las aleaciones de Magnesio por solidificación rápida (RSR), mejoras en los procedimientos de

configuración: prensado, vaciado, extrusión, e incremento del límite térmico de empleo de los componentes de Mg.

3.5.3 Aleaciones del Titanio

Alrededor de este tipo de aleaciones, se han estudiado los diferentes métodos de producción, solucionando los problemas de ingeniería para la configuración de polvos de aleación (comprensión, sinterización, extrusión, laminado, etc.) y logrando reducción de los costos.

Los métodos de producción de componentes de Ti, con bajo costo, se basan en la metalurgia de polvos y en nuevas composiciones de aleaciones de Ti de alto rendimiento. Las nuevas aleaciones de Ti, más económicas, con dispersantes de óxidos para mejorar sus características («dispersión hardening»), buscan el desarrollo de los procedimientos de solidificación rápida para la producción de polvo de aleaciones de Ti y entender la formación de aleaciones superplásticas de Ti, para producir componentes ("near net shape").

El programa EURAM-I, cuesta 60 millones ECU (aproximadamente US\$80 millones), la mitad se financia por la Comunidad Económica Europea. El programa EURAM-II cuesta 500 millones ECU, en cuatro años (US\$600 millones).

Una comparación de inversiones en nuevos materiales a fines de 1986, mostró las siguientes inversiones:

Estados Unidos	1.100	millones ECU
Eruopa-12	500-600	millones ECU

Japón	300	millones ECU
Francia	230	millones ECU
Alemania Federal	190	millones ECU (450 millones ECU, 1998)
Inglaterra	72	millones ECU
TOTAL	2.492	millones ECU (US\$2990 millones)

El programa japonés de metales estuvo en etapa de estructuración (1985-1992), bajo la coordinación del «Research and Development Center for Metals-JRCM» con la participación de 15 grandes acerías.

Otras áreas de investigación y desarrollo son: aleaciones de aluminio-litio para aplicaciones aero-espaciales, aplicación de metales raros, superconductores, partículas ultra-finas, desarrollo de metales semisólidos, etc.

4. Impacto de los nuevos materiales

El desarrollo actual y futuro de los nuevos materiales, así como el perfeccionamiento de los actuales, conducen a innovaciones tecnológicas importantes, capaces de desplazar industrias tradicionales, reducir la dependencia en materias primas y estratégicas y monopolizar sectores industriales completos. Esto implica aspectos económicos importantes, especialmente con respecto a la financiación y a la deuda externa. Muchos países han invertido grandes sumas en industrialización ligera y mediana, las cuales pueden ser impactadas a mediano plazo en menor grado.

El desarrollo de los nuevos materiales se encuentra en las etapas de investigación, experimentación y fabricación; se trata de materiales costosos, con requerimientos de un amplio mercado y grandes inversiones de desarrollo, así como el manejo de varios problemas inherentes a su uso (por ejemplo, producción en ambientes especiales debido a su carácter tóxico (en algunas cerámicas), nuevas pruebas de control de calidad, disposición de los materiales de desecho, su posible reutilización). La participación internacional aumenta continuamente (Estos Unidos, Japón, Hong Kong, Singapur, Corea, Taiwan, China, Europa Occidental, la Unión Soviética, los países de Europa Oriental, etc.). El reto más importante es entre Japón y Estados Unidos, en segundo lugar, entre Europa y el Japón.

El impacto más relevante se da en las materias primas convencionales y estratégicas: cobre, níquel, bauxita, hierro, plomo, platino, molibdeno, vanadio, cobalto, samario, petróleo, gas, etc.

Uno de los impactos mayores se da en el sector automotriz (carrocerías, motores, partes), electrónica y microelectrónica, en textiles (materiales compuestos, polímeros), en química (polímeros, superplásticos), metalmeccánica (aleaciones metálicas nuevas y procesos de producción competitivos, solidificación, herramientas de cortes,

maquinaria, vaciado de paredes delgadas, etc.), industria eléctrica (turbinas, compresores, motores, componentes varios), industria agrícola (tractores, arados combinadas, herramientas, sistemas de riego, etc.), industria petrolera (innovación y reducción de costos en diferentes procesos). Simultáneamente, los nuevos materiales aumentan el potencial y desarrollo de nuevas tecnologías tales como la micro y optoelectrónica, láseres, medicina electrónica, construcción-compuesta, etc.

Bibliografía

ASKELAND, Donald R. *"La Ciencia e Ingeniería de los materiales"*. 3ª Edición, Editorial Educativa, 1998. México, D.F., 790 p.

KITAZAWA K. *"Superconductivity: Materials Research Society International Symposium Proceedings Iman. T. Ishiguri Editores. Agosto 28 al 31 de 1988, Nagoya. 234 p.*

NORTON, F.H. *"Refractarios"*, Blume Editores, 6ª Edición, 1994. Editorial Mc Graw Hill. New York, 1297 p.

COLCIENCIAS. *"Previsión del desarrollo e impactos mundiales de los nuevos materiales y estrategias para Colombia, Bogotá"*. Septiembre de 1989.

www.biomateriales.com
www.Geocities/bellezaintegra/biopolim.htm