



Horno de Microondas: Sintetizando Materiales en el Laboratorio en Un Dos por Tres

Claudia Martínez Alonso,^{1*} Evelyn B. Díaz Cruz,² Dulce K. Becerra-Paniagua,³ Hailin Zhao Hu.⁴

¹ Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Universidad Autónoma de Guerrero, Iguala de la Independencia, Guerrero, México. 18757@uagro.mx

² Universidad del Istmo, Ciudad Universitaria S/N, Santa Cruz, Tehuantepec, Oaxaca, México. ebdc@ier.unam.mx

³ Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, Coyoacán, Ciudad de México, México. dkbp@ier.unam.mx

⁴ Instituto de Energías Renovables, Universidad Nacional Autónoma de México, Temixco, Morelos, México. hzh@ier.unam.mx

Cite este artículo así:

APA: Martínez-Alonzo, C. Díaz-Cruz, E. Becerra-Paniagua, D. Zhao-Hu, H. (2022). Horno de microondas: sintetizando materiales en el laboratorio en un dos por tres. *Quimiofilia*, 1, (2) 1-5.

DOI: <https://doi.org/10.56604/qfla20221215>

ACS: Martínez-Alonzo, C.; Díaz-Cruz, E.; Becerra-Paniagua, D.; Zhao-Hu, H. *Quimiofilia*, 2022, 1, 2, 1-5

DOI: <https://doi.org/10.56604/qfla20221215>

Recibido: septiembre 29, 2022

Aceptado: octubre 07, 2022

Publicado: noviembre 30, 2022

www.quimiofilia.com ISSN: 2683-2364 Registro IMPI: 2052060
QUIMIOFILIA Reserva de derechos al uso exclusivo 2022:
04-2019-062013201300-203

Resumen

Tal como en la cocina de nuestros hogares, en el laboratorio el uso de un horno de microondas nos simplifica la vida. Este método reduce los tiempos de reacción, permitiendo un ahorro de energía, por ejemplo: si una síntesis de materiales con algún método convencional es de 12 h, con el microondas unos cuantos minutos serán suficientes. Aquí explicamos la química detrás de los hornos de microondas en el laboratorio para la síntesis de materiales, cómo funcionan y las variaciones en el tamaño y forma de las partículas a través del efecto en la absorción de las microondas.

Palabras Clave

Horno de microondas; síntesis de materiales; absorción de microondas.

En la actualidad, el horno de microondas se ha convertido en un electrodoméstico indispensable en la casa, oficinas, restaurantes, etc. Al menos una vez en nuestra vida hemos usado un horno de microondas para calentar alimentos, calentar una taza de agua o bien hacer unas ricas palomitas de maíz, con mayor rapidez que con los hornos convencionales. Para conocer un poco más sobre esta maravillosa tecnología hablemos sobre su historia, ya que como muchos otros inventos que conocemos hoy en día, la tecnología de microondas se descubrió por accidente.

Esto comenzó en 1940, cuando en la Segunda Guerra Mundial, se fabricaban magnetrones que transformaban la energía eléctrica en energía electromagnética en forma de microondas, para dispositivos RADAR (acrónimo en inglés, *Radio Detecting and*

Ranging, cuya traducción es “detección y localización por radio”). El ingeniero Percy Spencer, quien trabajaba para una empresa de fabricación de radares, descubrió por incidente que la energía de microondas podía calentar alimentos, cuando una barra de chocolate que llevaba en su bolsillo se derritió mientras experimentaba con ondas de radio emitidas por un magnetrón. Esto despertó su curiosidad, y se preguntó si la energía de las ondas de radio podría usarse para cocinar alimentos, por lo que decidió colocar granos de palomitas de maíz cerca de un magnetrón y en cuestión de minutos ya estaban hechas las primeras palomitas de maíz para horno de microondas que comúnmente conocemos. Estos resultados condujeron a su invento patentado más popular, el primero horno de microondas comercial para uso doméstico en 1954.^{1,2}

1. Percy Spencer, *Inventor of Microwave Oven*, Born. <https://www.mass-moments.org/moment-details/percy-spencer-inventor-of-microwave-oven-born.html> (accessed 2022-07-31).

2. Prado-Gonjal, J.; Morán, E. Síntesis asistida por microondas de sólidos inorgánicos. *Quím* 2011, 8.

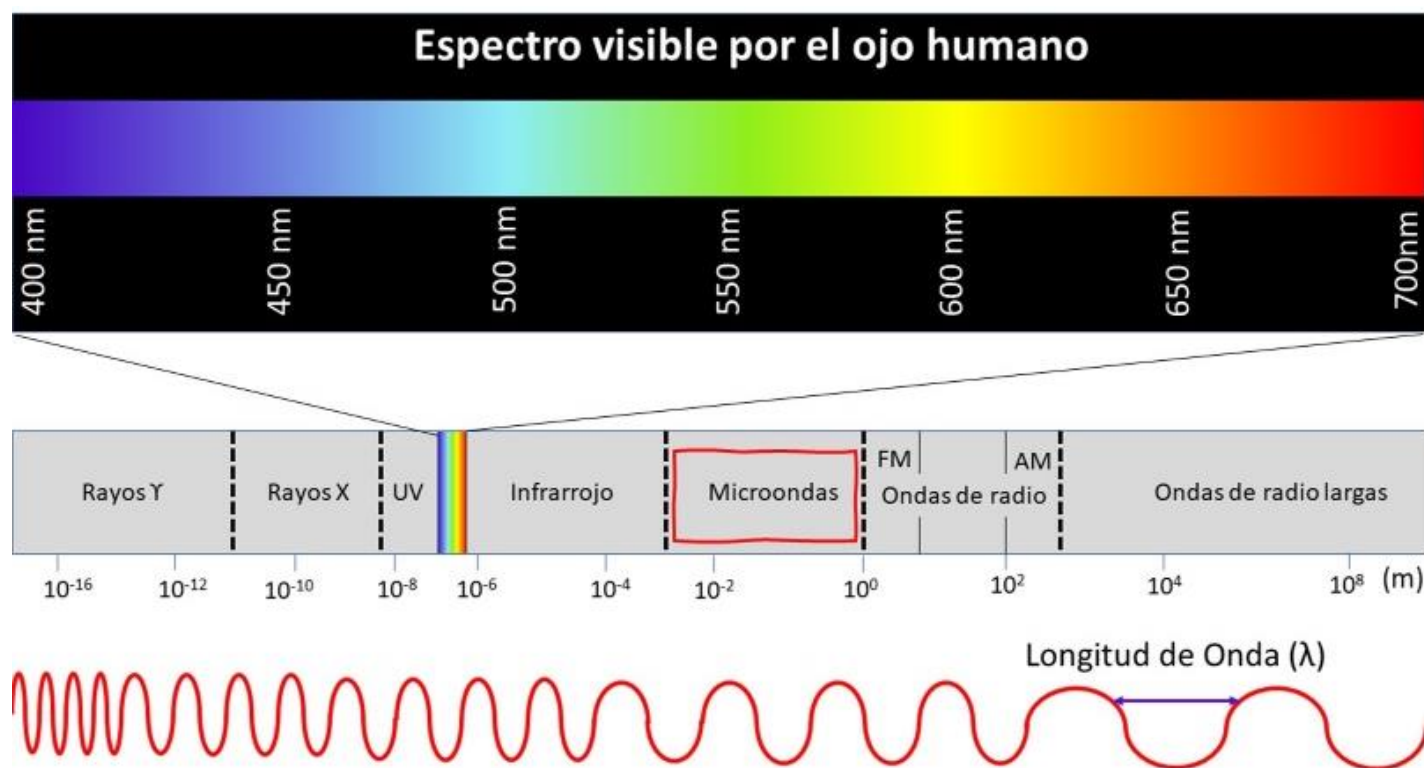


Figura 1. Radiación de microondas en el espectro electromagnético

¿Qué son las microondas?

Las ondas se encuentran en todas partes; como en el agua, sonido y luz, por lo tanto, tienen energía. La luz y el sonido viajan por el aire en forma de ondas. La longitud de onda nos permite medir la energía de esas ondas y está relacionada con la distancia que existe entre cada onda. Por ejemplo, cuanto más larga es la longitud de onda de sonido, el sonido que se escucha será más bajo. Así pasa con la luz, cada longitud de onda de una onda de luz tiene un color diferente.

Las ondas de microondas son un tipo de radiación electromagnética, la cual tiene una longitud de onda mucho mayor que la luz visible (Figura 1). La longitud de onda de las microondas puede variar desde 1 mm hasta 1 m.³ Al igual que la luz visible, las microondas pueden ser reflejadas, transmitidas o absorbidas dependiendo del tipo de materiales con el que interactúen en su trayectoria (Figura 2).⁴

¿Cómo funciona el calentamiento por microondas?

Ahora bien, los metales (conductores) reflejan las microondas por ello no deben ser usados en los hornos de microondas. Por el contrario, los materiales plásticos (aislantes) son transparentes a ellas y por lo tanto no se calientan, de hecho los contenedores de alimento plásticos se calientan al estar en contacto con el alimento caliente (transferencia

de calor por convección), incluso puedes comprobarlo fácilmente al introducir un recipiente plástico con el 50% de su volumen ocupado por agua por ejemplo, al retirarlo después de 2 min de calentamiento notarán que la parte con el líquido estará muy caliente, sin embargo, la parte libre del líquido estará de una temperatura más baja. Entonces, para que un material sea capaz de calentarse al interactuar con las microondas, éstas deben ser absorbidas por el mismo

Tipos de materiales para interactuar con las microondas:

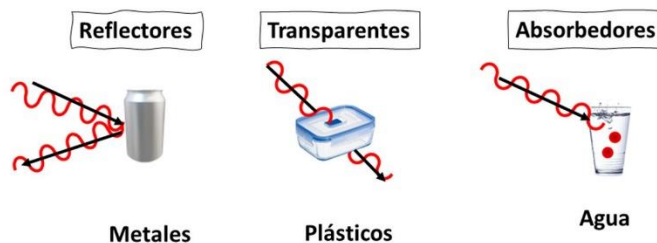


Figura 2. Materiales reflectores, transparentes y absorbentes de las microondas.

3. Loharkar, P. K.; Ingle, A.; Jhavar, S. Parametric Review of Microwave-Based Materials Processing and Its Applications. *J. Mater. Res. Technol.* **2019**, *8* (3), 3306–3326. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2019.04.004>.

4. Li, B.; Wang, F.; Wang, K.; Qiao, J.; Xu, D.; Yang, Y.; Zhang, X.; Lyu, L.; Liu, W.; Liu, J. Metal Sulfides Based Composites as Promising Efficient Microwave Absorption Materials: A Review. *J. Mater. Sci. Technol.* **2022**, *104*, 244–268. <https://doi.org/10.1016/j.jmst.2021.06.065>.



mismo material y para ello se requiere que los materiales sean polares, es decir, que estén conformados por moléculas con cargas eléctricas opuestas en ambos extremos, el ejemplo más conocido es el agua (Figura 3), que al estar contenida en todos los alimentos es posible lograr su calentamiento con las microondas.⁵

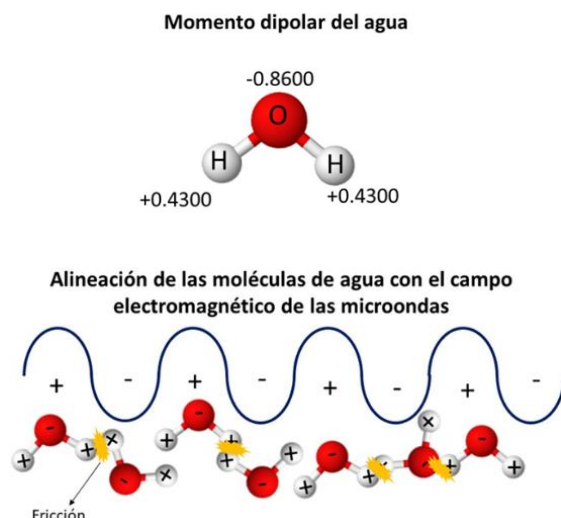


Figura 3. Momento dipolar de la molécula del agua y perturbación de las moléculas con el campo electromagnético de las microondas.

Esto se produce cuando las moléculas del agua (o cualquier molécula polar) bajo la influencia de las microondas comienzan a rotar rápidamente, cambiando su dirección a una velocidad increíblemente rápida, al estar en movimiento las moléculas generan choques conocidos también como fricción y así se produce la liberación de calor, esto genera a su vez puntos de calor localizado, transmitiéndolo de adentro hacia afuera, como se observa en la Figura 4. Es importante mencionar que el agua y demás moléculas polares (generalmente líquidos, denominados solvente) poseen una propiedad llamada tangente de pérdida ($\tan \delta$), la cual consiste en la capacidad de absorber las microondas y poder convertirlas en calor. De manera general, la $\tan \delta$ se clasifica como baja ($\tan \delta < 0.1$), media ($0.1 < \tan \delta < 0.5$) y alta ($\tan \delta > 0.5$); los solventes con $\tan \delta$ baja se comportan como reflejantes o transparentes, ver Tabla 1. Conocer la $\tan \delta$ permite elegir el solvente adecuado para una síntesis en el horno de microondas.²

Sin embargo, las microondas solo penetran de 2 a 3 cm, por lo que en un recipiente cuyo diámetro es mayor a 3 cm, seguramente te preguntarás ¿cómo se calienta el contenido del recipiente?, pues bien, el resto del calentamiento se da por convección. La convección es un tipo de transferencia de calor donde las moléculas se van calentando por contacto una con otra, hasta lograr una temperatura uniforme en el material. A diferencia del calentamiento

convencional el calentamiento por microondas puede lograr una uniformidad en la temperatura de todo el sistema y además reduce los tiempos de calentamiento considerablemente, estas propiedades hacen al calentamiento por microondas muy prometedor para ser utilizado en diferentes campos.² Aun así, existen mitos en torno al uso del horno de microondas, principalmente en los hogares. Uno de los mitos es que las microondas pueden provocar un cambio en la estructura de los alimentos y en consecuencia estos pueden perder su valor nutricional. Ahora bien, los tratamientos térmicos ya sea por calentamiento con microondas o el calentamiento convencional de alguna manera pueden afectar la pérdida de su contenido nutricional. No obstante, se recomiendan el uso de microondas para el ablandamiento de algunos alimentos como vegetales, ya que conservan más su valor nutricional.⁶ En cambio, para la cocción o calentamiento de carnes el estudio es un poco más complejo, ya que el calentamiento de grasas y proteínas conlleva a la formación de otros compuestos que pueden ser cancerígenos; no solo por el uso de microondas, sino depende más de la temperatura a la cual son sometidos, incluso con calentamiento convencional.⁷

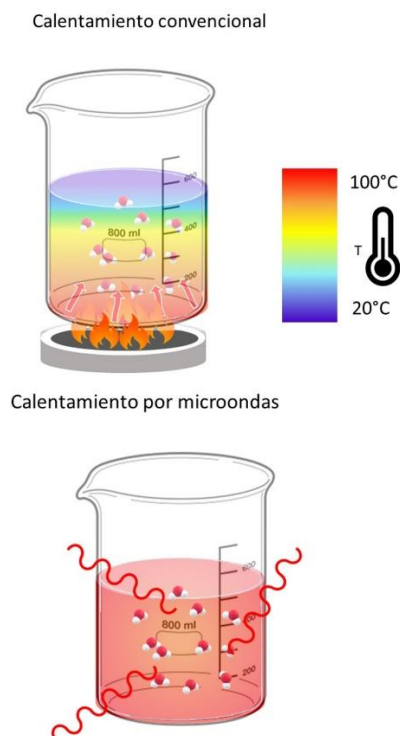


Figura 4. Diferencia entre calentamiento convencional y calentamiento por microondas

5. Xiong, G.; Jia, J.; Zhao, L.; Liu, X.; Zhang, X.; Liu, H.; Zhou, W. Non-Thermal Radiation Heating Synthesis of Nanomaterials. *Sci. Bull.* **2021**, 66 (4), 386–406. <https://doi.org/10.1016/j.scib.2020.08.037>.
6. Koszucka, A.; Nowak, A. Thermal Processing Food-Related Toxicants: A Review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* **2019**, 59 (22), 3579–3596. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1500440>.

7. Chen, X.; Jia, W.; Zhu, L.; Mao, L.; Zhang, Y. Recent Advances in Heterocyclic Aromatic Amines: An Update on Food Safety and Hazardous Control from Food Processing to Dietary Intake. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* **2020**, 19 (1), 124–148. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12511>.



Tabla 1. Valores de $\tan \delta$ de algunos disolventes utilizados en la síntesis por microondas.

Disolvente	$\tan \delta$ baja (<0.1)
Cloroformo	0.091
Acetona	0.054
Tolueno	0.040
Hexano	0.020
$\tan \delta$ media ($0.1 < \tan \delta < 0.5$)	
Ácido Acético	0.174
Dimetilformamida	0.161
1,2-dicloroetano	0.127
Clorobenceno	0.101
$\tan \delta$ alta (>0.5)	
Agua	9.880
Etilenglicol	1.350
Metanol	0.856
Etanol	0.941

Aplicaciones de las microondas en la síntesis de materiales

La síntesis de materiales consiste en obtener compuestos químicos a nivel de laboratorio, estos pueden ser líquidos o sólidos. Uno de los objetivos de la síntesis en un laboratorio, es buscar nuevos materiales con propiedades específicas o mejorar las propiedades de los que ya existen.⁸ Por ejemplo, en los últimos años la búsqueda de materiales no contaminantes al ambiente y con propiedades similares a los plásticos se está haciendo tendencia, debido a que se pretende sustituir o disminuir el consumo de los productos que tardan largos periodos en degradarse. Además, de buscar

métodos de síntesis que permitan obtener materiales en tiempos de reacción más cortos, que consuman menos energía, por lo tanto, que se consideren ecológicos, que permitan obtener crecimientos homogéneos y nanoestructuras altamente cristalinas para diversas aplicaciones energéticas y ambientales. Por lo que, la síntesis por calentamiento asistida por microondas es una alternativa muy prometedora, ya que se ha demostrado que reduce el tiempo de síntesis, con tiempos de reacción que van desde 2 minutos hasta 60 minutos como máximo,^{9,10} aumenta el rendimiento del producto,¹¹ y se obtienen productos con mayor pureza.^{12,13}

En comparación con otros métodos de síntesis convencional, como el hidrotermal/solvotermal donde los tiempos de reacción son prolongados que van desde unos pocos minutos hasta 24 horas,^{14,15} lo que complica su implementación en la síntesis a gran escala y genera un alto consumo de energía.

En la década de los años 80 se inició la aplicación de las microondas en el área de investigación científica. En 1986 se publicó el primer trabajo donde se utilizó un horno de microondas de cocina para sintetizar materiales orgánicos, la reducción en el tiempo fue relevante, dado que una síntesis de horas con métodos convencionales fue obtenida en solo minutos,^{16,17} este parámetro fue el principal atractivo del método. A partir de ahí, el calentamiento por microondas se ha aplicado en la síntesis de numerosos materiales, al inicio la ventaja principal era el ahorro de tiempo, posteriormente diversos estudios mostraron mejoría en una o varias de sus propiedades dependiendo el tipo de material y el campo de aplicación, por ejemplo, medicina, alimentos, cosméticos, agricultura, electrónica, etc.^{18,19,20,21} Dentro de los cambios que pueden sufrir los materiales sintetizados por microondas, destacan la forma (esferas, varillas, cubos, estrellas, etc.), tamaño, propiedades ópticas-eléctricas, entre otros, como se muestra en la Figura 5.^{12,13,21} Por otro lado, es importante conocer el comportamiento de los reactivos: como la concentración (cantidad) y polaridad de los reactivos

8. Santos, L. Métodos de síntesis de nuevos materiales basados en metales de transición. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, **2004**, 32, 51-61.
9. Butala, M.; Perez, M.; Armon, S.; Göbel, C.; Preefer, B.; Seshadri, R. Rapid Microwave-Assisted Preparation of Binary and Ternary Transition Metal Sulfide Compounds. *Solid State Sci.* **2017**, 74, 8-12. <https://doi.org/10.1016/j.solidstatesciences.2017.09.010>
10. Jiang, Y.; Zhu, Y.; Xu, Z.; Rapid Synthesis of Bi₂S₃ Nanocrystals with Different Morphologies by Microwave Heating. *Mater. Lett.* **2006**, 60, 2294-2298. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2005.12.127>
11. Robinson, J.; Kingman, S.; Irvine, D.; Licence, P.; Smith, A.; Dimitrakakis, G.; Obermayer, D.; Kappe, C. O. Understanding Microwave Heating Effects in Single Mode Type Cavities—Theory and Experiment. *Phys. Chem. Chem. Phys.* **2010**, 12, 4750. <https://doi.org/10.1039/b922797k>
12. Díaz-Cruz, E. B.; Castelo-González, O. A.; Martínez-Alonso, C.; Montiel-González, Z.; Arenas-Arocena, M. C.; Hu, H. Morphology Control in Microwave Synthesized Bismuth Sulfide by Using Different Bismuth Salts. *Mater. Sci. Semicond. Process.* **2018**, 75, 311-318. <https://doi.org/10.1016/j.mssp.2017.10.042>
13. Martínez-Alonso, C.; Olivios-Peralta, E.; Sotelo-Lerma, M.; Sato-Berrú, R.; Mayén-Hernández, S.; Hu, H. Purity and Crystallinity of Microwave Synthesized Antimony Sulfide Microrods. *Mater. Chem. Phys.* **2017**, 186, 390-398. <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2016.11.010>
14. Zhu, G.; Liu, P. Low-Temperature Urea-Assisted Hydrothermal Synthesis of Bi₂S₃ Nanostructures with Different Morphologies. *Cryst. Res. Technol.* **2009**, 44, 713-720. <https://doi.org/10.1002/crat.200900137>

15. Liu, Z.; Liang, J.; Li, S.; Peng, S.; Qian, Y. Synthesis and Growth Mechanism of Bi₂S₃ Nanoribbons. *Chem. - Eur. J.* **2004**, 10, 634-640. <https://doi.org/10.1002/chem.200305481>
16. Gedy, R.; Smith, F.; Westaway, K.; Ali, H.; Baldiser, L.; Laberge, L.; Rousell, J. The Use of Microwave Ovens for Rapid Organic Synthesis. *Tetrahedron Lett.* **1986**, 27 (3), 279-282. [https://doi.org/10.1016/S0040-4039\(00\)83996-9](https://doi.org/10.1016/S0040-4039(00)83996-9)
17. Giguere, R.; Bray, L.; Duncan, S.; Majetich, G. Application of Commercial Microwave Ovens to Organic Synthesis. *Tetrahedron Lett.* **1986**, 27 (41), 4945-4948. [https://doi.org/10.1016/S0040-4039\(00\)85103-5](https://doi.org/10.1016/S0040-4039(00)85103-5)
18. Afsheen, S.; Naseer, H.; Iqbal, T.; Abrar, M.; Bashir, A.; Ijaz, M. Synthesis and Characterization of Metal Sulphide Nanoparticles to Investigate the Effect of Nanoparticles on Germination of Soybean and Wheat Seeds. *Mater. Chem. Phys.* **2020**, 252, 123216. <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2020.123216>
19. Ajiboye, T. O.; Onwudiwe, D. C. Bismuth Sulfide Based Compounds: Properties, Synthesis and Applications. *Results Chem.* **2021**, 3, 100151. <https://doi.org/10.1016/j.rechem.2021.100151>
20. Albulym, O.; Hussien, M. S. A.; Kilany, M.; Zahran, H. Y.; Eid, R. A.; Yahia, I. S.; Abutalib, M. M. 5-Minute Synthesis of Gelatinous Silver Nanoparticles Using Microwave Radiation: Plasmonic Optical Spectroscopy and Antimicrobial Activity. *Optik* **2021**, 228, 166139. <https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2020.166139>
21. Díaz-Cruz, E.; González-Espinoza, L.; Regalado-Pérez, E.; Castelo-González, O.; Arenas-Arocena, M.; Hu, H. Tuning Optoelectronic Properties of SnS Thin Films by a Kinetically Controllable Low Temperature Microwave Hydrothermal Method. *J. Alloys Compd.* **2019**, 797, 537-547. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2019.05.002>

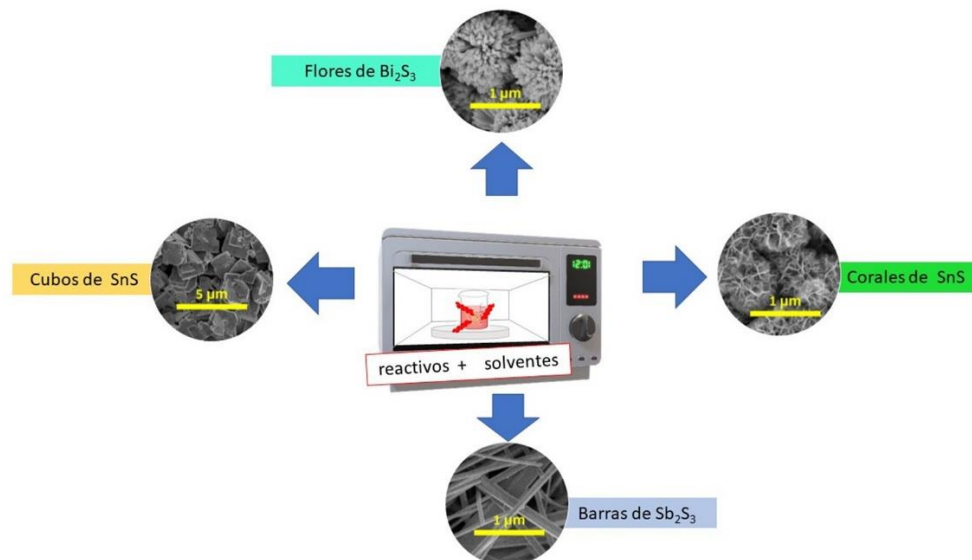


Figura 5. Materiales con diferentes formas y tamaños fabricados por síntesis química con calentamiento por microondas.

y/o solventes; o bien otros factores como temperatura, tiempo y presión durante la reacción.¹² Para lograr la obtención de los nanomateriales se utilizan sustancias estabilizadoras o se manipulan los diversos factores antes mencionados, para controlar el crecimiento de las partículas.¹³ En la actualidad, se ha observado una aplicación potencial de las microondas en la síntesis de materiales nanométricos o nanomateriales (materiales con dimensiones muy pequeñas, 1 nanómetro = 0.000000001 m; es como dividir el grosor de un cabello humano en 50,000 partes, una de estas partes equivale a un nanómetro).⁵

Conclusión

El horno de microondas es un excelente aliado tanto en nuestros hogares como en los laboratorios de síntesis de materiales, destaca la ventaja de disminuir considerablemente el tiempo de calentamiento o reacción, así como mejorar las propiedades de los materiales sintetizados. Además, el método de síntesis con calentamiento por microondas es considerado amigable con el ambiente. Por lo antes mencionado, es ampliamente utilizado en la síntesis de nanomateriales, que posteriormente se aplican en diversas áreas.

Esta publicación llega a ti gracias a los amables donativos de:



EQUIPOS DE LABORATORIO

División Latinoamérica

www.buchi.com



Consultoría analítica, regulatoria e industrial

<https://grupoidaii.com>



Dra. Berenice Rivera Ramirez
cardiólogo pediatra Ecocardiografista
draberenicerivera.com