

Magnetic and structural behavior of $\text{La}_{1.5-x}\text{Ba}_{1.5+x-y}\text{Ca}_y\text{Cu}_3\text{O}_z$ system $0.3 \leq x \leq 0.4$ and $0.4 \leq y \leq 0.5$

Cesar Camilo Canara-Camargo ^a, Armando Sarmiento-Santos ^a & Carlos Arturo Parra-Vargas ^a

^a GSEC, GFM, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia. camilo6102@hotmail.com, asarmiento.santos@uptc.edu.co, carlos.parra@uptc.edu.co

Received: April 11th, 2016. Received in revised form: August 30th, 2016. Accepted: September 19th, 2016.

Abstract

In this paper we analyzed the $\text{La}_{1.5+x}\text{Ba}_{1.5+x-y}\text{Ca}_y\text{Cu}_3\text{O}_z$ system, based on the production of samples that are in the range of single phase, pure phase, proposed by West [1]. We report the production and characterization $\text{La}_{1.1}\text{Ba}_{1.4}\text{Ca}_{0.5}\text{Cu}_3\text{O}_z$, $\text{La}_{1.1}\text{Ba}_{1.5}\text{Ca}_{0.4}\text{Cu}_3\text{O}_z$, $\text{La}_{1.1}\text{Ba}_{1.6}\text{Ca}_{0.3}\text{Cu}_3\text{O}_z$, $\text{La}_{1.2}\text{Ba}_{1.3}\text{Ca}_{0.5}\text{Cu}_3\text{O}_z$, $\text{La}_{1.2}\text{Ba}_{1.4}\text{Ca}_{0.4}\text{Cu}_3\text{O}_z$, $\text{La}_{1.3}\text{Ba}_{1.2}\text{Ca}_{0.5}\text{Cu}_3\text{O}_z$, systems, in contrast to those reported in previous articles [2]. The material was produced by the solid state reaction method (SSR) with a sintered temperature between 820 and 850 °C. The morphological characterization with respect to the granular behavior using the Scanning Electron Microscopy (SEM) technique is showed; the structural characterization is obtained submitting the specimen to X Rays Diffraction (DRX) and the structural parameters are got implementing the Rietveld refinement method in software FullProf; the material results to possess tetragonal unitary cells type P4/mmm perovskite with $a \approx 3.89 \text{ \AA}$, $b \approx 3.89 \text{ \AA}$ and $c \approx 11.60 \text{ \AA}$. Systems have a pure phase, single phase as proposed by West. The critical temperature is compared with the parameters x and y .

Keywords: Superconductor; CLBCO; LaBaCaCuO; Pure phase.

Comportamiento magnético y estructural del sistema $\text{La}_{1.5-x}\text{Ba}_{1.5+x-y}\text{Ca}_y\text{Cu}_3\text{O}_z$ $0.2 \leq x \leq 0.4$ y $0.3 \leq y \leq 0.5$

Resumen

En este artículo analizamos el sistema $\text{La}_{1.5+x}\text{Ba}_{1.5+x-y}\text{Ca}_y\text{Cu}_3\text{O}_z$, basados en la producción de muestras que se encuentran en el rango de fase única, fase pura, propuesta por West [1]. Reportamos la producción y caracterización de los sistemas $\text{La}_{1.1}\text{Ba}_{1.4}\text{Ca}_{0.5}\text{Cu}_3\text{O}_z$, $\text{La}_{1.1}\text{Ba}_{1.5}\text{Ca}_{0.4}\text{Cu}_3\text{O}_z$, $\text{La}_{1.1}\text{Ba}_{1.6}\text{Ca}_{0.3}\text{Cu}_3\text{O}_z$, $\text{La}_{1.2}\text{Ba}_{1.3}\text{Ca}_{0.5}\text{Cu}_3\text{O}_z$, $\text{La}_{1.2}\text{Ba}_{1.4}\text{Ca}_{0.4}\text{Cu}_3\text{O}_z$, $\text{La}_{1.3}\text{Ba}_{1.2}\text{Ca}_{0.5}\text{Cu}_3\text{O}_z$, en contraste con los reportados en artículos previos [2]. Las muestras fueron producidas por el método de reacción de estados solido (SSR) con una temperatura de sinterizado de 850 °C. Se presenta la caracterización morfológica referente al comportamiento granular utilizando la técnica de Microscopía electrónica de barrido (SEM); La caracterización estructural, se determinó sometiendo las muestras a la técnica de Difracción de Rayos X (DRX) y los parametros estructurales a partir del metodo de refinamiento Rietveld en el software FullProf. Los materiales resultantes tipo perovskita poseen celdas unitarias tetragonal tipo P4/mmm con $a \approx 3.89 \text{ \AA}$, $b \approx 3.89 \text{ \AA}$ y $c \approx 11.60 \text{ \AA}$. Los sistemas tienen fase única, fase pura como lo propone West. La temperatura crítica es comparada con los parametros x e y .

Palabras clave: Superconductor; CLBCO; LaBaCaCuO; fase pura

1. Introducción

Dentro de los descubrimientos más representativos en el campo de los materiales en las últimas décadas del siglo XX e inicios del siglo XXI, los más destacables son los producidos en

el campo de los materiales cerámicos. Ello ha requerido el replanteo de conceptos, metodologas y el uso de nuevos y sofisticados procedimientos experimentales. Recíprocamente, el progresivo avance de la tecnología ha incrementado el interés en la búsqueda de nuevos compuestos con propiedades

How to cite: Canara-Camargo, C. C., Sarmiento-Santos, A. & Parra-Vargas, C. A. Comportamiento Magnético y Estructural del Sistema $\text{La}_{1.5-x}\text{Ba}_{1.5+x-y}\text{Ca}_y\text{Cu}_3\text{O}_z$ $0.2 \leq x \leq 0.4$ y $0.3 \leq y \leq 0.5$ DYNA 83 (199) pp. 108-113, 2016

potencialmente aplicables en la industria, con el fin de optimizar procesos, disminuir costos y preservar el medio ambiente. Los anteriores factores crean la impetuosa necesidad de buscar de forma continua nuevas técnicas de síntesis, técnicas de tratamiento térmico o aplicar las técnicas existentes para lograr compuestos con una colección de propiedades que permitan satisfacer las necesidades de nuestros días [3].

Lo que comúnmente se denomina proceso de síntesis, constituye la frontera permanente en el descubrimiento de nuevos materiales. Un concepto fundamental asociado al desarrollo de nuevos materiales establece que todo material es el resultado de un proceso de fabricación, en donde, partiendo de unas materias primas específicas, obtenidas a través de un estricto y controlado procedimiento, y haciendo uso de técnicas de sinterizado se llega a una estructura característica (Redes de Bravais). Esta estructura es la responsable de las propiedades del material que son las que le confieren su comportamiento y potenciales aplicaciones. Es por esto que en las últimas décadas la intensa actividad en el estudio de los materiales cerámicos con estructura tipo perovskita se ha intensificado y está justificada en la posibilidad de variar la posición de los átomos dentro de la red cristalina, originando innumerables propiedades eléctricas, magnéticas, ópticas, mecánicas, catalíticas y térmicas [4].

Dentro de este contexto la combinación de propiedades específicas en un compuesto permite alcanzar diversos grados de multifuncionalidad, lo cual es un reto dentro del campo de la físico-química del estado sólido. Diferentes propiedades físicas de los materiales tipo perovskita se relacionan con variables como la composición química, la pureza de sus fases, defectos superficiales, estructura cristalina, morfología, condiciones de sinterización, más aún, el control de estos parámetros es crítico dentro de los procesos de producción de este tipo de compuestos [4].

Dos características fundamentales de los óxidos superconductores de alta temperatura crítica (OSATc) son su pequeña longitud de coherencia y su alta anisotropía. Uno de los sistemas más extensamente estudiado es el sistema ortorrómbico $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ (YBCO). Este sistema presenta algunas características interesantes; el compuesto parece ser más anisotrópico cuando su estructura pasa de ortorrómbica a tetragonal. El sistema $CaLaBaCu_3O_{7-\delta}$ (CLBCO), es un sistema superconductor de tipo TR: 123 con $T_c = 78$ K. (cuando $7-\delta = 6.90$) que posee una estructura tetragonal para todos los valores posibles de oxígeno [2]. Estructuralmente similar al YBCO deficiente de oxígeno, el CLBCO se ha convertido en un excelente sistema para estudiar sus propiedades superconductoras y el efecto de las fluctuaciones superconductoras.

El CLBCO fue descubierto en 1988 por W. T. Fu [3] y D. M. De Leeuw [5] a través de estudios de sustitución y dopaje de los compuestos TR-123. Ellos observaron que el $LaBaCaCu_3O_x$ posee una estructura tetragonal isomorfa, tipo $YBaCu_3O_{7-\delta}$, con el Ca y el La localizados en los sitios de Y y de Ba, presentando una temperatura crítica de aproximadamente 80 K. La fase tetragonal representa simetría de grupo espacial $P4/mmm$. Este compuesto es denominado comúnmente de TR: 1113 o CLBCO y es un prototipo de TR: $Ba_2Cu_3O_7$, donde 40 % del sitio de TR es ocupado por el ion de Ca y el 60 % restante es ocupado por el ion de La. Uno de los sitios de Bario es ocupado por una distribución de iones de Ca y La. Esta distribución hace que los

sitios de oxígeno O(4) y O(5), en las cadenas, estén aleatoriamente ocupados, formando así una estructura tetragonal independientemente del contenido de oxígeno [6]. Al contrario de la estructura de los elementos TR-123 el CLBCO presenta una estructura siempre tetragonal independientemente del contenido de oxígeno con $a = b = 3.8655 \text{ \AA}$ y $c = 11.6354 \text{ \AA}$, el contenido de oxígeno en ese compuesto es de aproximadamente 7.0. West y colaboradores propusieron el diagrama de fase para el sistema $La_{1.5-x}Ba_{1.5+x-y}Ca_yCu_3O_z$ en condiciones normales de presión a una temperatura de $950 \text{ }^\circ\text{C}$ con $0 < x < 0.5$ y $0 < y < 0.5$ [7]. West observó que la estructura del sistema $La_{1.5-x}Ba_{1.5+x-y}Ca_yCu_3O_z$ puede coexistir con pequeñas cantidades de $BaCuO_2$, Ca_2CuO_3 y CuO y que para ser obtenida una estructura monofásica es preciso usar $x \leq 0.5$ y $0.2 < y < 0.5$, obteniendo una temperatura crítica de 77 K. con parámetros $x=0.5$ y $y=0.5$. Los resultados se esquematizan en la Fig. 1, ampliando la escala de la zona de fase Fig. 2 donde se puede observar los sistemas de estudio.

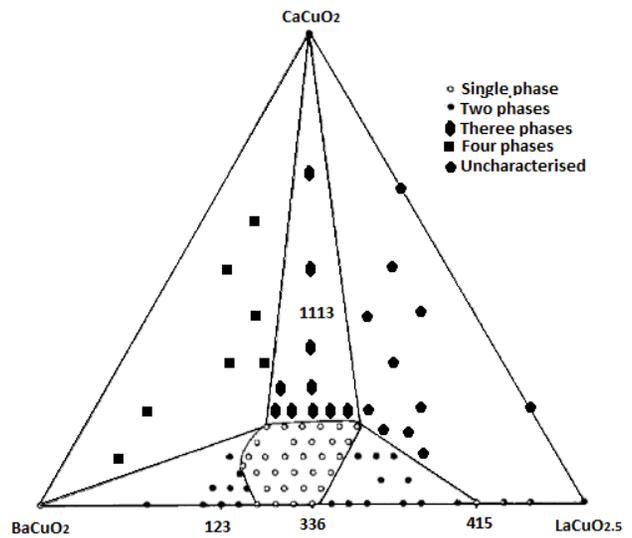


Figure 1. Diagrama de fase del sistema $La_{1.5-x}Ba_{1.5+x-y}Ca_yCu_3O_z$. Fuente: J. M. S. Skakle, A. R. West, 1994.

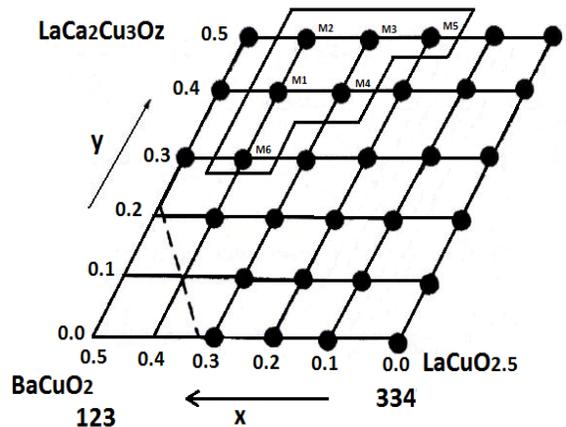


Figure 2. Diagrama de fase pseudo-ternario ampliado para el sistema $La_{1.5-x}Ba_{1.5+x-y}Ca_yCu_3O_z$. Fuente: Los autores.

2. Metodología

Las muestras superconductoras de $La_{1.5-x}Ba_{1.5+x-y}Ca_yCu_3O_z$ fueron preparadas a través del método de reacción de estado sólido. Los óxidos utilizados La_2O_3 (Aldrich, 99.999%), $BaCO_3$ (Aldrich 99.999%) CaO (Aldrich, 99.999%), y CuO (Aldrich, 99.999%). Para poder ser utilizados el La_2O_3 y CuO se secaron a 600 °C, el $BaCO_3$ y CaO a 250 °C, durante 4 h. Cantidades apropiadas de dichos óxidos se maceraron y fueron colocados en crisoles llevados a un horno de mufla a 750 °C durante 24 h para el descarbonatado. Las muestras fueron nuevamente maceradas y llevadas a temperaturas entre 800 °C y 850 °C. Las muestras se maceraron y se llevaron al horno hasta obtener productos monofásicos. En los casos en que las muestras no eran de una sola fase, se les dio un tratamiento de calor adicional a una temperatura algo superior hasta obtener una fase pura. Un último tratamiento térmico (oxigenación) fue realizado con flujo de oxígeno disminuyendo la temperatura desde 850 °C a temperatura ambiente y una disminución gradual con una razón de 20 °C. por hora.

Las medidas de difracción fueron realizadas utilizando un difractómetro comercial de rayos X con radiación K_{α} , de Cu con longitud de onda 1.5406 Å de la Universidad Nacional. Todas las muestras fueron analizadas a través de la técnica de Difracción de Rayos X (DRX) con un paso $\Delta\theta=0.02$, en el rango de 20 a 90 grados y un tiempo de conteo de 2 s. El análisis de Microscopia Electrónica de Barrido se realizó con un equipo JOEL, modelo JSM 6490-LV de la Universidad de los Andes. En todas las muestras se realizó un procedimiento similar, observándolas a diferentes aumentos: 3000X y 6000X por medio de los métodos de electrones secundarios (referenciado en las micrografías como ETD). Igualmente se estudiaron las muestras a partir de la técnica EDX con el fin de detectar la presencia de los elementos constituyentes de las muestras de $La_{1.5+x}Ba_{1.5+x-y}Ca_yCu_3O_z$.

3. Resultados y discusión

El sistema $La_{1.5+x}Ba_{1.5+x-y}Ca_yCu_3O_z$ fue analizado a partir de bases de datos cristalográficas tales como la ICSD, comparándolo con el modelo propuesto por West [1] y otros [5], el modelo teórico utilizado para comparar las muestras superconductoras se encuentra en la Tabla 1. El resultado de los difractogramas obtenidos para las muestras de $La_{1.5+x}Ba_{1.5+x-y}Ca_yCu_3O_z$, en la Fig. 4, se observa que es muy consistente con lo esperado, pues evidencia la estructura tetragonal predicha por West [1].

Los difractogramas experimentales fueron comparados con el modelo estructural propuesto por West [2]. A partir de este modelo se generó la celda unitaria del CLBCO, la cual fue comparada con cada difractograma y finalmente se concluyó, al igual que West, que el modelo consistente correspondía al de los datos consignados en la Tabla 1. En esta tabla se consigna el grupo espacial, que corresponde a la estructura tetragonal, los parámetros de red, la posición atómica de cada uno de los iones en la celda y su factor de ocupación. A partir de estos datos fue posible modelar la estructura ideal en el programa PowderCell, denominado modelo teórico, para efectos del refinamiento de los datos de

difracción. La estructura ideal del sistema $La_{1.5+x}Ba_{1.5+x-y}Ca_yCu_3O_z$, así como su difractograma más probable Fig. 3. Una primera inspección a los difractogramas experimentales permite afirmar que las muestras producidas sí corresponden a una estructura con las características esperadas. En la Fig. 4 se presentan todos los difractogramas obtenidos experimentalmente, y se diferencia cada muestra con un color diferente.

Una comparación más estricta de todas las muestras se presenta en la Fig. 5, en ella se representa en diferente color las muestras de acuerdo con la simbología manejada. El análisis de esta imagen permite concluir que las muestras son de fase pura pues presentan las mismas características de otras muestras del mismo sistema $La_{1.5-x}Ba_{1.5+x-y}Ca_yCu_3O_z$.

Tabla 1. Modelo propuesto por West para el sistema $La_{1.5-x}Ba_{1.5+x-y}Ca_yCu_3O_z$.

Parámetros de Red			Grupo espacial	
a (Å)	b (Å)	c (Å)		
3.8742	3.8742	11.7138	P4/mmm	
Átomo	X	Y	Z	FO
La	0.5	0.5	0.500	0.50
Ca	0.5	0.5	0.500	0.50
Ba	0.5	0.5	0.181	0.75
La	0.5	0.5	0.181	0.25
Cu1	0.0	0.0	0.000	1.00
Cu2	0.0	0.0	0.345	1.00
O1	0.0	0.5	0.000	0.50
O2	0.0	0.5	0.389	1.00
O3	0.0	0.0	0.155	1.00

Fuente: Los autores.

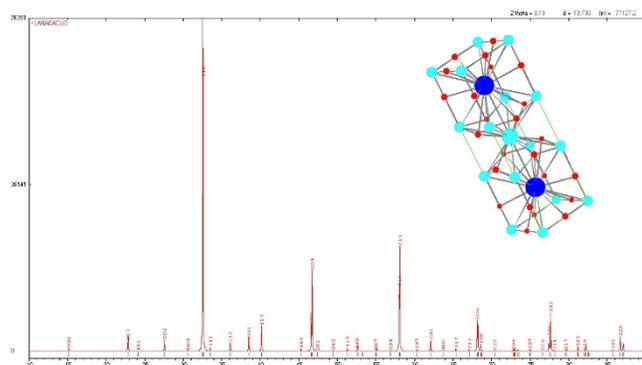


Figure 3. Modelo teórico utilizado para comparar los difractogramas experimentales.

Fuente: Los autores.

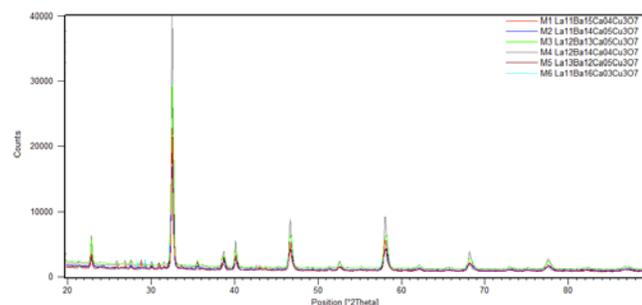


Figure 4. Resultados experimentales para las muestras de $La_{1.5-x}Ba_{1.5+x-y}Ca_yCu_3O_z$.

Fuente: Los autores.

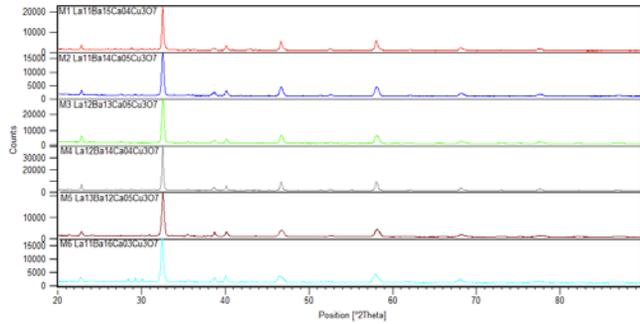


Figure 5. Contraste de los difractogramas de las muestras de $La_{1.5-x}Ba_{1.5+x-y}Ca_3Cu_3O_z$.
Fuente: Los autores.

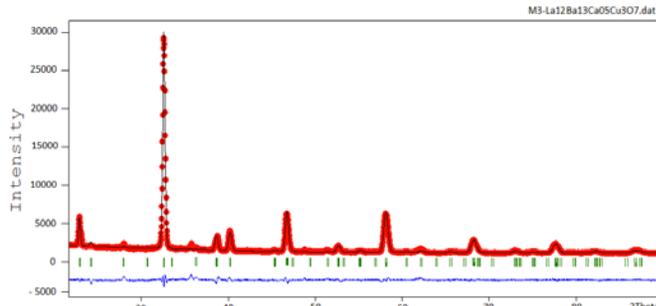


Figure 6. Refinamiento Rietveld para la composición $La_{1.2}Ba_{1.3}Ca_{0.5}Cu_3O_7$.
Fuente: Los autores.

De las muestras producidas, la única que presenta picos de impureza que no corresponden a la estructura ideal es la composición $La_{1.1}Ba_{1.6}Ca_{0.3}Cu_3O_7$. Las fases minoritarias fueron determinadas a partir del software DRXwin y RunCreafit, estableciendo que las impurezas presentes corresponden a fases minoritarias de Ba_2CuO_3 , $BaCuO_2$, CuO .

En la Fig. 6 se muestra el resultado del refinamiento Rietveld para la composición $La_{1.2}Ba_{1.3}Ca_{0.5}Cu_3O_7$, donde la línea roja corresponde al patrón experimental, la línea negra el patrón teórico ajustado en el programa FullProf, las líneas verdes representan las reflexiones de Bragg de la fase utilizada y la línea azul la diferencia entre el patrón ajustado y el patrón experimental.

En la Tabla 3 se muestran los resultados obtenidos para los parámetros de red y los parámetros χ^2 y $R(F^2)$ del refinamiento Rietveld para el sistema $La_{1.5-x}Ba_{1.5+x-y}Ca_3Cu_3O_z$. Se observa que la variación de La, Ba y Ca en el sistema no afecta de forma notable los parámetros de red, lo cual es un indicio de la estabilidad estructural del sistema y de su alta anisotropía planar $a \ll c$.

De los análisis de las micrografías, y a partir de los difractogramas de las mismas, se puede establecer que el sistema $La_{1.5-x}Ba_{1.5+x-y}Ca_3Cu_3O_z$, presenta una fase superconductor pura; lo cual comprueba las afirmaciones realizadas anteriormente. En las Figs. 7 y 8 se puede ver una representación típica de las características morfológicas de este tipo de muestras. De estas figuras se puede establecer que la fase superconductor se conformó de una manera similar en cada muestra [8,9]. Igualmente se corrobora que

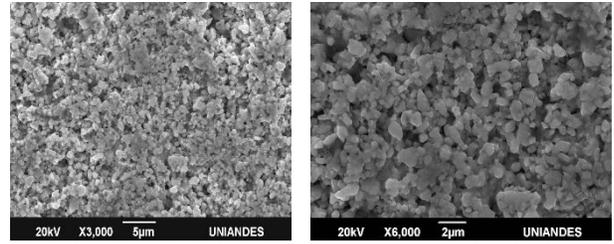


Figure 7. Micrografías obtenidas para el sistema $La_{1.1}Ba_{1.4}Ca_{0.5}Cu_3O_z$.
Fuente: Los autores.

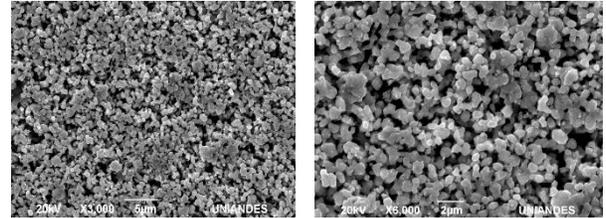


Figure 8. Micrografías obtenidas para el sistema $La_{1.3}Ba_{1.2}Ca_{0.5}Cu_3O_z$.
Fuente: Los autores.

Tabla 2.

Resultados obtenidos por la técnica EDX para el sistema $La_{1.5-x}Ba_{1.5+x-y}Ca_3Cu_3O_z$.

M	SISTEMA	% La	% Ba	% Ca	% Cu	% O
M1	$La_{1.1}Ba_{1.5}Ca_{0.4}Cu_3O_z$	6.21	13.63	2.95	18.93	58.28
M2	$La_{1.1}Ba_{1.4}Ca_{0.5}Cu_3O_z$	7.76	12.16	4.85	22.05	53.19
M3	$La_{1.2}Ba_{1.3}Ca_{0.5}Cu_3O_z$	10.27	13.47	3.54	26.27	46.44
M4	$La_{1.2}Ba_{1.4}Ca_{0.4}Cu_3O_z$	6.91	12.21	2.04	20.39	58.45
M5	$La_{1.3}Ba_{1.2}Ca_{0.5}Cu_3O_z$	10.59	9.19	2.67	27.49	50.07
M6	$La_{1.1}Ba_{1.6}Ca_{0.3}Cu_3O_z$	9.64	14.39	1.96	22.43	51.59

Fuente: Los autores.

no hay presencia de impurezas y que estas muestras cumplen con la estequiometría esperada. La técnica EDX permitió establecer el porcentaje de los elementos químicos en cada muestra, estos resultados pueden ser vistos en la Tabla 2.

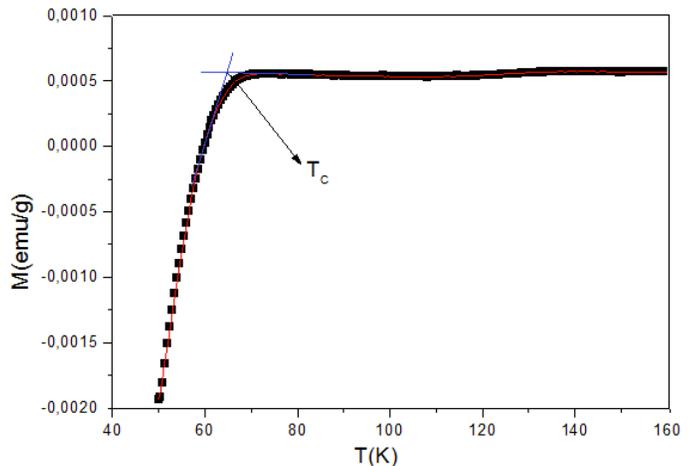


Figure 9. M Vs T para el sistema $La_{1.2}Ba_{1.4}Ca_{0.4}Cu_3O_z$.
Fuente: Los autores.

Tabla 3.

Resultados del refinamiento Rietveld para el sistema $\text{La}_{1.5-x}\text{Ba}_{1.5+x-y}\text{Ca}_y\text{Cu}_3\text{O}_z$.

Sistema	χ^2	$R(F^2)$	a (Å)	b (Å)	c (Å)	α	β	γ	R_{wp}	R_{exp}
$\text{La}_{1.1}\text{Ba}_{1.4}\text{Ca}_{0.5}\text{Cu}_3\text{O}_z$	1.503	0.1450	3.889(8)	3.889(8)	11.650(3)	90	90	90	12.60	8.38
$\text{La}_{1.1}\text{Ba}_{1.5}\text{Ca}_{0.4}\text{Cu}_3\text{O}_z$	2.036	0.1112	3.891(8)	3.891(8)	11.634(0)	90	90	90	16.00	7.86
$\text{La}_{1.1}\text{Ba}_{1.6}\text{Ca}_{0.3}\text{Cu}_3\text{O}_z$	2.185	0.0747	3.903(6)	3.903(6)	11.611(2)	90	90	90	17.20	7.87
$\text{La}_{1.2}\text{Ba}_{1.3}\text{Ca}_{0.5}\text{Cu}_3\text{O}_z$	1.651	0.1702	3.887(9)	3.887(9)	11.651(2)	90	90	90	10.60	6.42
$\text{La}_{1.2}\text{Ba}_{1.4}\text{Ca}_{0.4}\text{Cu}_3\text{O}_z$	2.702	0.0466	3.890(0)	3.890(0)	11.668(6)	90	90	90	16.40	6.07
$\text{La}_{1.3}\text{Ba}_{1.2}\text{Ca}_{0.5}\text{Cu}_3\text{O}_z$	1.642	0.1700	3.891(3)	3.891(3)	11.602(9)	90	90	90	12.40	7.55

Fuente: Los autores.

Tabla 4.

Resultados obtenidos para las temperaturas críticas.

M	Sistema	x	y	Tc (K)
M2	$\text{La}_{1.1}\text{Ba}_{1.4}\text{Ca}_{0.5}\text{Cu}_3\text{O}_z$	0.4	0.5	68.55
M1	$\text{La}_{1.1}\text{Ba}_{1.5}\text{Ca}_{0.4}\text{Cu}_3\text{O}_z$	0.4	0.4	66.75
M6	$\text{La}_{1.1}\text{Ba}_{1.6}\text{Ca}_{0.3}\text{Cu}_3\text{O}_z$	0.4	0.3	65.85
M3	$\text{La}_{1.2}\text{Ba}_{1.3}\text{Ca}_{0.5}\text{Cu}_3\text{O}_z$	0.3	0.5	65.90
M4	$\text{La}_{1.2}\text{Ba}_{1.4}\text{Ca}_{0.4}\text{Cu}_3\text{O}_z$	0.3	0.4	65.86
M5	$\text{La}_{1.3}\text{Ba}_{1.2}\text{Ca}_{0.5}\text{Cu}_3\text{O}_z$	0.2	0.5	64.22

Fuente: Los autores.

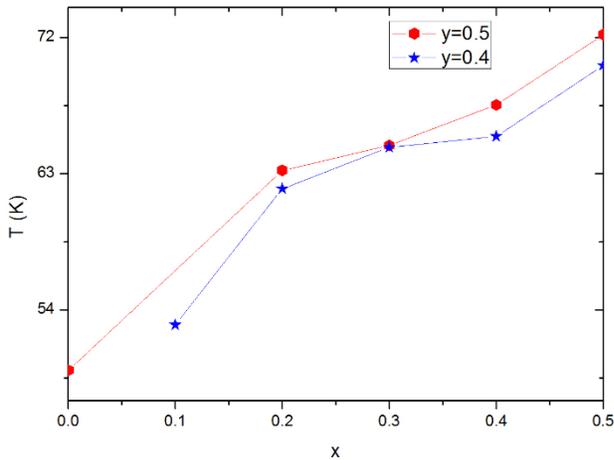


Figure 10. Temperatura crítica en función del parámetro x para el sistema $\text{La}_{1.5-x}\text{Ba}_{1.5+x-y}\text{Ca}_y\text{Cu}_3\text{O}_z$.

Fuente: Los autores.

La Fig. 9 se muestra la curva de magnetización ZFC en función de la temperatura, la cual es típica de un material superconductor; se muestra la forma como se calculó la temperatura crítica en cada una de las muestras.

En la Tabla 4 se consigna los resultados obtenidos para los valores de la temperatura crítica todas con un campo aplicado de 200 Oe.

En la Fig. 10 se representa la T_c Vs x , se evidencia que al variar los parámetros x e y del sistema $\text{La}_{1.5-x}\text{Ba}_{1.5+x-y}\text{Ca}_y\text{Cu}_3\text{O}_z$ se presenta un cambio en la temperatura crítica; comparando [1,8,10], con los resultados obtenidos se ve claramente como la T_c crece con el incremento de x e y .

4. Conclusiones

El método de reacción de estado sólido permitió producir las muestras del sistema $\text{La}_{1.5-x}\text{Ba}_{1.5+x-y}\text{Ca}_y\text{Cu}_3\text{O}_z$ demostrando que efectivamente todas las muestras sinterizadas poseen la estructura cristalina esperada.

Los análisis de Microscopía electrónica de barrido permitieron ver una representación típica de las características morfológicas de materiales superconductores. Estableciendo que la fase superconductor se conformó de una manera similar en cada muestra. Igualmente se corroboró que no hay presencia de impurezas en las mismas y que estas muestras cumplen con la estequiometría. La técnica EDX permitió establecer el porcentaje de los elementos químicos en cada muestra, esta nos mostró una aproximación de las estequiometrías de las muestras y ver su coherencia.

El refinamiento Rietveld de las medidas de Difracción de rayos X, así como las de microscopía electrónica de barrido permitieron inferir de manera indudable que las muestras producidas del sistema $\text{La}_{1.5-x}\text{Ba}_{1.5+x-y}\text{Ca}_y\text{Cu}_3\text{O}_z$ son efectivamente de fase pura. Corroborando que todas las muestras corresponden a una estructura tetragonal con grupo espacial P4/mmm. Los resultados permitieron establecer que los sistemas de $\text{La}_{1.5-x}\text{Ba}_{1.5+x-y}\text{Ca}_y\text{Cu}_3\text{O}_z$, se ajustan a los parámetros estructurales, corroborando su alta anisotropía.

Se observa que al variar los parámetros x e y del sistema $\text{La}_{1.5-x}\text{Ba}_{1.5+x-y}\text{Ca}_y\text{Cu}_3\text{O}_z$ la temperatura crítica cambia; se presenta una disminución de la temperatura crítica a medida que los parámetros x e y disminuyen.

Referencias

- [1] Skakle, J.M.S. and West, A.R., Physica C, 227, pp. 336-342, 1994. DOI: 10.1016/0921-4534(94)90090-6
- [2] Skakle, J.M.S. and West, A.R., Physica C, 220, pp.187-194, 1994. DOI: 10.1016/0921-4534(94)90900-8
- [3] Boudali, A., et al., First - principles study of structural, elastic, electronic, and thermal properties of SrTiO3 perovskite cubic. Physics Letters A, 373(8-9), pp. 879-884, 2009. DOI: 10.1016/j.physleta.2008.12.017
- [4] Goldschmidt V.M., Lunde, B.T. and Zacharias, G., en W.H., Geochemical distribution law of the elements, ed. S.N.V. Akad. Vol. 1, 1926, 117 P.
- [5] Sholtz, J.J., Von Einige, E.N., Wijngaarden, R.J., Griessen, R. and Leeuw, D.M., Pressure dependence of Tc and Hc2 of CaLaBaCu 3O 7 up to 50 GPa Physica C, 198(3), pp. 231-236, 1996. DOI: 10.1016/0921-4534(92)90196-J

- [6] Schilling, A., Cantoni, M., Guo, J.D. and Ott, H.R., Superconductivity above 130 K in the Hg–Ba–Ca–Cu–O system. *Nature*, 363, pp. 56-58(1993). DOI: 10.1038/363056a0
- [7] Dong, C., Liang, J.K., Che, G.C., Xie, S.S., Zhao, Z.X., Yang, Q.S. Ni Y.M. and Liu, G.R., Superconductivity and crystal structure in the La-Ba-Cu-O system. *Phys. Rev. B*. 37(10), pp. 5182-5185, 1988. DOI: 10.1103/PhysRevB.37.5182
- [8] Supelano, I., Sarmiento-Santos, A., Parra-Vargas, C., Landínez, D. y Roa, J., Síntesis y propiedades estructurales del sistema superconductor $La_{1.5+x}Ba_{1.5+x-y}Ca_yCu_3O_z$. *Ciencia en Desarrollo* 4(2), pp. 27-32, 2013. DOI: 10.19053/01217488.2632
- [9] Wada, T., Suzuki, N., Maeda, A., Yabe, T., Uchinokura, K., Uchida, S. and Tanaka, S., Preparation and properties of superconducting $La_{1+x}Ba_{2-x}Cu_3O_y$ ($0 \leq x \leq 0.5$) ceramics sintered in N_2 gas atmosphere. *Phys. Rev. B* 39(13), pp. 9126-9138, 1989. DOI: 10.1103/PhysRevB.39.9126
- [10] Parra-Vargas, C.A. Pimentel Jr., J.L., Pureur, P., Landínez-Téllez, D.A. and Roa-Rojas, J., Behavior of the irreversibility line in the new superconductor $La_{1.5+x}Ba_{1.5+x-y}Ca_yCu_3O_z$, *Physica B*, 407, pp 3128-3130, 2012. DOI: 10.1016/j.physb.2011.12.043

C.C. Canaría-Camargo, completó su pregrado en Física Pura en el 2012 en la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia; Tunja, Colombia, actualmente es estudiante tesista de la maestría en Ciencias Física de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Se desempeña desde el 2013 como docente en la Universidad de Boyacá, Colombia y como Joven Investigador para los grupos GFM y GSEC de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

ORCID: 0000-0001-6347-4674

A. Sarmiento-Santos, realizó sus estudios de Pregrado y Maestría en Física en la Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia y de Doctorado en Ciencia e Ingeniería de Materiales en la Universidad Federal de Santa Catarina, Brasil. Desde el 2008 es profesor de la Escuela de Física de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia donde también es Coordinador del Grupo de Superficies Electroquímica y Corrosión - GSEC, donde realiza sus trabajos en el campo de la Ciencia de Materiales.

ORCID: 0000-0003-3382-0104

C.A. Parra-Vargas, terminó sus estudios de Pregrado en Licenciatura en Ciencias de la Educación en Física y Matemática en la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, su Maestría y Doctorado en Ciencias Física en la Universidad Nacional de Colombia. Desde 1997 es profesor de la Escuela de Física de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia donde también es Coordinador del Grupo de Física de Materiales - GFM, donde realiza sus trabajos en el campo de la Ciencia de Materiales.

ORCID: 0000-0001-8582-3337



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

SEDE MEDELLÍN
FACULTAD DE MINAS

Área Curricular de Ingeniería
Química e Ingeniería de Petróleos

Oferta de Posgrados

Maestría en Ingeniería - Ingeniería Química
Maestría en Ingeniería - Ingeniería de Petróleos
Doctorado en Ingeniería - Sistemas Energéticos

Mayor información:

E-mail: qcaypet_med@unal.edu.co
Teléfono: (57-4) 425 5317