

# ESPECTROS RAMAN E INFRARROJO DE $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_1\text{Cu}_2\text{O}_{8+\text{D}}$ DOPADO CON Fe Y Zn

**Nestor E. Massa**

*Departamento de Física y Departamento de Química, Facultad de Ciencias Exactas,  
Universidad Nacional de La Plata, C.C. 67, 1900 La Plata*

**Carlos Fainstein, Pablo G. Etchegoin**

*Centro Atómico Bariloche, Comisión Nacional de Energía Atómica, C.C. 439, 8400 San Carlos de Bariloche*

**Pedro J. Aymonino**

*Departamento de Química, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata,  
115 y 47, 1900 La Plata*

En esta comunicación discutimos espectros Raman e infrarrojo de los compuestos del título en función de la temperatura. Los espectros de reflectancia IR desarrollan una anomalía en el infrarrojo medio, explicable en términos de excitones extrínsecos al proceso superconductor pero permitidos por una reconfiguración de spines en el estado normal y a temperaturas cercanas al umbral de alta Tc. Las impurezas de  $\text{Fe}^{3+}$  y  $\text{Zn}^{2+}$  también perturban el espectro atribuido a pares de magnones detectables con espectroscopia Raman como una banda ancha centrada alrededor de  $2600\text{ cm}^{-1}$ .

La caracterización de superconductores de alta temperatura crítica (Tc) mediante espectroscopia Raman e infrarroja es de gran importancia debido a que la comprensión del comportamiento fonónico y de las fluctuaciones magnéticas así como también de la existencia de gaps puede llevar a entender el mecanismo superconductor. En esta comunicación presentamos los resultados del restudio del reemplazo de Cu por Fe o Zn, en concentraciones pequeñas. En principio, la introducción de  $\text{Zn}^{2+}$  produce defectos neutros en la red que afectarían la dinámica fonónica. La inclusión de impurezas de  $\text{Fe}^{3+}$  implica el agregado de spines no compensados que perturban el apareamiento antiferromagnético y su acoplamiento con campos de la red. En particular, aquí demostramos que estas impurezas generan una banda en el infrarrojo medio en frecuencias a las cuales se ha reportado un apartamiento del comportamiento Drude en otros cupratos superconductores nominalmente puros<sup>1</sup>.

Hemos caracterizado las pastillas cerámicas con medidas de resistividad a cuatro puntas sobre contactos de pintura de plata, realizadas en pequeños trozos de la misma muestra usada en las medidas de difracción de rayos-X y de espectroscopia. Las muestras, tanto puras como dopadas, discutidas en esta presentación tienen un comportamiento metálico en el estado normal y resistencia cero a 35 K. Los resultados que se reportan de las medidas de reflectividad son promedios de nueve barridos realizados con incidencia cercana a la normal con máxima resolución de  $2.3\text{ cm}^{-1}$  mediante un espectró-

metro Perkin-Elmer 580B con las pastillas montadas en el dedo frío de un crióstato Displex. Los espectros raman fueron obtenidos en incrementos de  $10\text{ cm}^{-1}$  en una configuración de retro-dispersión con un espectrofotómetro Spex-Rama log usando la técnica de conteo de fotones convencional y utilizando la línea  $5145\text{ \AA}$  del laser de argon con potencia de 40 mw.

La figura 1 muestra resultados típicos obtenidos en la región espectral donde se detecta la banda inducida por la introducción de impurezas. A  $3150\text{ cm}^{-1}$  y a temperaturas cercanas al umbral superconductor, aparece un "agujero" en el perfil plasmoidal que es fuertemente dependiente de la temperatura. Esta anomalía es detectable sólo a baja temperatura, por lo que puede descartarse una posible actividad fonónica debido a compuestos de partida que no hubieran reaccionado o a otras fases no superconductoras. Una transición estructural de fase inducida a bajas temperaturas por las impurezas puede también descontarse debido a que dicho efecto se produce aún a las mayores diluciones. Así, proponemos transiciones que se vuelven activas debido a la formación de estados ligados como consecuencia de un reordenamiento de spines en el estado normal ( $T > T_c$ ) en ciertos puntos de la red en los cuales se localizarían defectos de spin. Esto es, cuasipartículas constituidas por un agujero ("hole") ligado a un aceptor o un electrón ligado a un donador polarizarían impurezas magnéticas, como iones no apareados antiferromagnéticamente, creando una nube alrededor de

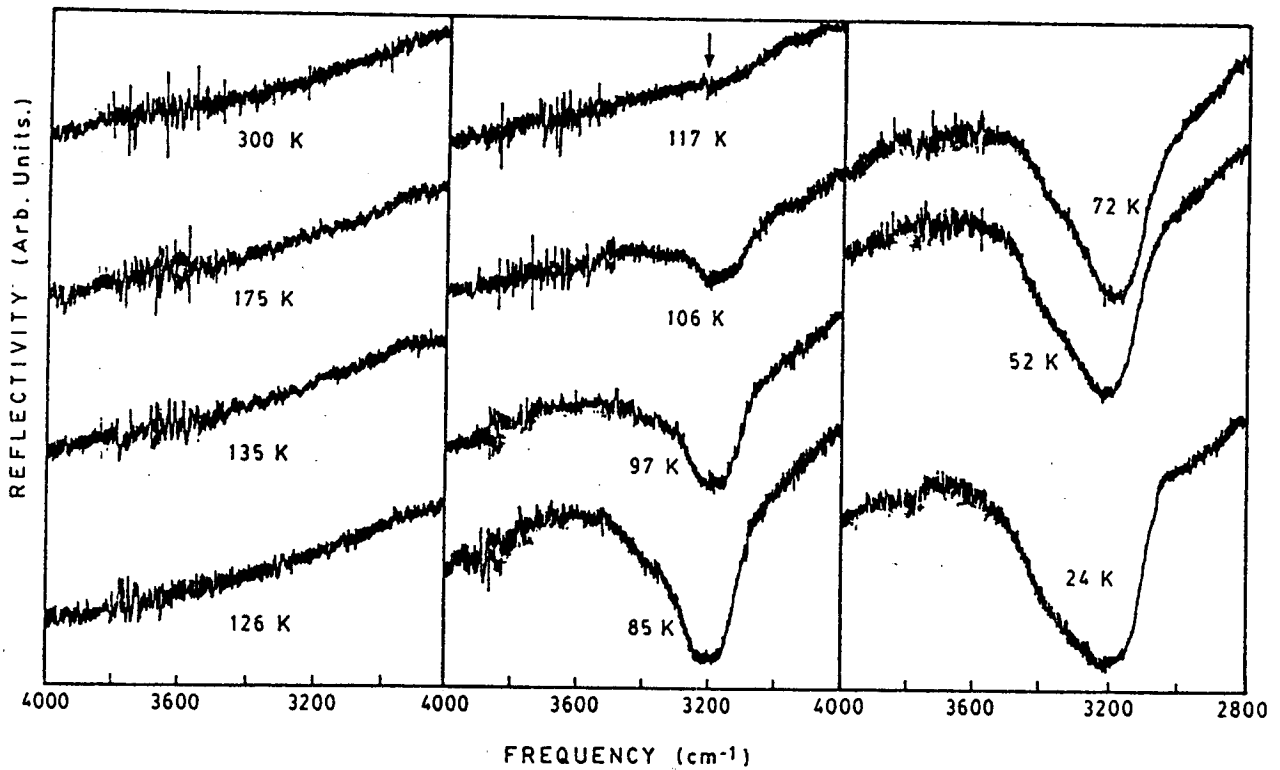


Figura 1: Reflectancia infrarroja media de  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}(\text{Cu}_{1-x}, \text{Fe}_x)_2\text{O}_{8+d}$ ,  $x = 0,007$ , en función de la temperatura.

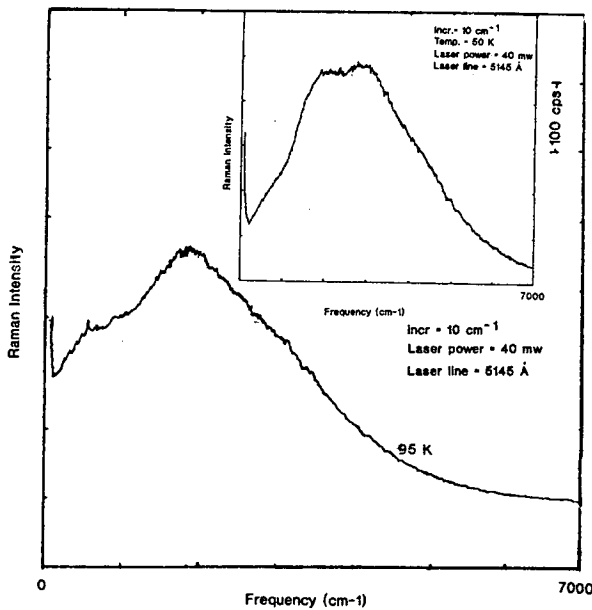


Figura 2: Espectro Raman atribuido a la excitación de pares de magnones de una pastilla de  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_1(\text{Cu}_{1-x}, \text{Fe}_x)_2\text{O}_{8+d}$ ,  $x = 0,007$ , a 95 K. Insertado se muestra la respuesta de una pastilla del mismo compuesto nominalmente pura.

dichos centros de una manera similar a los detectados en semiconductores semimagnéticos<sup>2</sup>. Es decir que estaríamos en presencia de un polarón magnético. Los portadores de spin son partículas que

no forman los pares superconductores. Así, también se explicaría que este fenómeno es detectable, aunque más debilmente, no sólo con la introducción de  $\text{Fe}^{3+}$  sino con  $\text{Zn}^{2+}$  cuya presencia dejaría un ión cobre de la red antiferromagnética sin su correspondiente pareja.

Como en la discusión arriba señalada está implicada una perturbación en las correlaciones magnéticas del cobre, es también de interés estudiar la respuesta Raman de excitaciones de pares de magnones<sup>3</sup> en las muestras dopadas. El espectro insertado en la figura 2 corresponde a una pastilla nominalmente pura en la que se delinea la banda triangular truncada atribuida a dicha excitación, la que implica una interacción de intercambio con  $J \cong 820 \text{ cm}^{-1}$ , si se toma como referencia el centro de gravedad de la banda. Por otro lado, la figura 2, muestra el espectro que se obtiene para una pastilla dopada con 0.7% de hierro, en la que se observan los efectos perturbadores introducidos por la impureza. Nosotros entendemos que las diferencias entre los espectros Raman se deben primordialmente a que en el cerámico dopado la interacción de intercambio sufre modificaciones debido a que las desviaciones de spin en el defecto y en el sitio magnéticamente vecino contribuyen a que el valor difiera de aquel esperado. Es de hacer notar que, además, se puede observar que existe una estructura débil,

sobreamortiguada, en la zona espectral donde se detecta la anomalía infrarroja lo que sugiere algún posible rol del spin y la carga del portador en la aparición de superconductividad de alta  $T_c$ , que en nuestro trabajo sería expuesto indirectamente por la presencia de defectos localizados como consecuencia de la formación de impurezas magnéticas además de las que normalmente se puedan encontrar como defectos intrínsecos en los cupratos superconductores de alta  $T_c$ .

## REFERENCIAS

1. Y. Watanabe, Z. Z. Wang, S. A. Lyon, D. C. Tsui, N. P. Ong, J. M. Tarascon y P. Barbour. Enviado para publicación al Phys. Rev. B.
2. D. Heiman, P. A. Wolfy J. Warnock, Phys. Rev. B 27, 4848 (1983).
3. K. B. Lyons, P. A. Fleury, C. F. Schneemeyer y J. V. Waszczak, Phys. Rev. Lett. 60, 732 (1988).