

Medida del espectro de muones atmosféricos de 20 a 3000 GeV.

J. Alcaraz, A. Bajo, B. De la Cruz, P. García, M.I. Josa, P. Ladrón de Guevara, E. Sánchez

Instituto de Investigación Básica, División de Física Experimental de Altas Energías. CIEMAT. 28040 Madrid.

I. EL EXPERIMENTO L3+COSMICS

El experimento L3+C¹ fue una actualización del detector L3, en el colisionador LEP en el CERN/Ginebra. Usó el espectrómetro magnético de muones de L3 para medir el momento y la carga de los muones atmosféricos a una profundidad de 69 w.m.e. El tiempo de llegada t^0 de los muones se midió con un conjunto de centelleadores (202 m² en total) sobre el imán de L3 y se instaló un sistema de lectura dedicado para funcionar con independencia de L3. L3+C recogió $1,2 \times 10^{10}$ “triggers” en los años 1999 y 2000.

II. EL ESPECTRO DE MUONES ATMOSFERICOS

El flujo de muones atmosféricos y su espectro de momentos depende del flujo de nucleones que entra en la atmósfera y de las secciones eficaces inclusivas de producción de mesones en las interacciones hadrónicas de altas energías. El cociente entre los flujos de muones positivos y negativos (μ^+/μ^- , a partir de ahora) refleja la relación protón/neutrón en el comienzo de la atmósfera, convolucionada con los espectros de producción y desintegración de piones cargados y kaones. Puesto que los muones y neutrinos atmosféricos de alta energía se producen en las mismas desintegraciones mesónicas, se pueden controlar los cálculos de flujo de neutrinos por comparación entre su flujo asociado de muones y el flujo de muones medido en el detector.

Gracias a su tiempo de exposición y a su excelente resolución, L3+C ha proporcionado un momento preciso del espectro de momentos de muones atmosféricos. Los detalles del análisis se dan en ². El flujo de muones está medido en ocho intervalos de ángulo cenital entre 0^0 y 58^0 . (figura 1, izquierda) μ^+/μ^- se determinó dentro del mismo rango de cénits pero, debido a las incertidumbres sistemáticas de alineación, se ha calculado en un rango de momentos más reducido (20 a 500 GeV). A la derecha de la figura 1 se muestra una comparación entre el flujo vertical de muones (arriba) la relación μ^+/μ^- promediada sobre los cénits (abajo) con las predicciones teóricas (HKKM95³, Bartol96⁴, CORT01⁵ y HKKM04⁶). Sólo los flujos asociados a HKKM95 y Bartol96 describen bien nuestros datos. Es interesante señalar que HKKM04, que utiliza los últimos flujos primarios de AMS y BESS queda corto en un 15 % en la normalización y que esta diferencia es del mismo orden que se ha descrito en los experimentos de neutrinos atmosféricos ^{11,12}. Se hicieron cálculos basados en cascadas y el código de transporte TARGET⁷ usando la parametrización del flujo primario de Honda³ y los modelos de interacción TARGET2.1⁸, QGSJET01⁹ y SYBYLL2.1¹⁰ encontrándose el mejor acuerdo para TARGET2.1, versión moderna del modelo paramétrico usado por Bartol96.

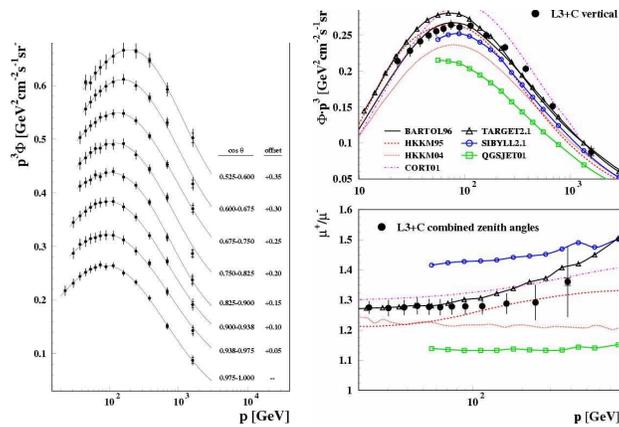


Figura 1. Derecha: El espectro de muones atmosféricos para zenits 0° a 58° . Izquierda : Comparación ,respectivamente, entre el flujo vertical de muones (arriba), la relación integrada μ^+/μ^- (abajo) y las predicciones teóricas del flujo de muones. Las barras de error internas son estadísticas, las externas, suma cuadrática de errores estadísticos y sistemáticos.

III. REFERENCIAS

- 1 L3+C Collaboration, O. Adriani et al., Nucl. Instrum. Meth. A 488 (2002) 209.
- 2 L3+C Collaboration, P. Achard et al., Phys Lett. B 598 (2004) 15.
- 3 M. Honda et al., Phys. Rev. D 52 (1995) 4985.
- 4 V. Agrawal et al., Phys. Rev. D 53 (1996) 1314.
- 5 G. Fiorentini et al., Phys Lett. B 510 (2001) 173.
- 6 M. Honda et al., Phys. Rev D 70 (2004) 043008.
- 7 R. Engel et al., Proc 27th ICRC (2001) 1029.
- 8 R. Engel et al., Proc 27th ICRC (2001) 1381.
- 9 N. N. Kalmykov et al., Yad. Fiz. 56 (1993) 105; N. N. Kalmykov et al., Nucl. Phys. Proc. Suppl. B 52 (1997) 17.
- 10 R. S. Fletcher et al., Phys. Rev. D 50 (1994) 5710, R. Engel et al., Proc 26th ICRC (1999) 415.
- 11 Super-Kamiokande Collaboration, A. Habig et al., Proc 28th ICRC (2003) 1255.
- 12 MACRO Collaboration, M. Ambrosio et al., Eur. Phys. J. C 36 (2004) 323.