

## Colándose en la fiesta: neutrinos y núcleos

Los neutrinos son partículas difíciles de estudiar: por cada 50 billones de neutrinos que pasan a través del detector **MINERvA** en Fermilab, aproximadamente sólo uno de ellos va a interactuar produciendo partículas que podremos observar directamente.

A pesar de ésto, estamos comenzando a usar neutrinos para aprender más acerca de protones y neutrones, y de cómo se comportan dentro de un núcleo atómico. Actualmente entendemos muchos detalles acerca de los núcleos; sabemos que están formados por protones y neutrones y conocemos el número de éstos en el núcleo de cada elemento químico. Sin embargo, existen algunos aspectos que todavía no entendemos completamente, en especial, acerca de lo que están haciendo protones y neutrones dentro del núcleo.

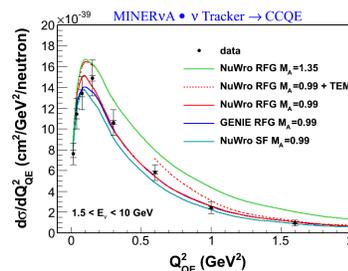
Podemos estudiar el comportamiento de los protones y neutrones dentro del núcleo de la misma manera que podemos estudiar el comportamiento de las personas en una fiesta ¿Los asistentes a la fiesta se mezclan de acuerdo al espíritu general de la fiesta o se separan formando pares? Podríamos abordar el problema enviando personas muy tímidas y observar cuán rápido salen de la fiesta o si usan para salir la misma puerta que usaron para entrar.

¿Cada protón y neutrón en un núcleo reacciona al efecto promedio generado por los demás, o se juntan ocasionalmente formando pares? Una manera de responder a esta pregunta es disparar neutrinos con dirección a los núcleos de los átomos en nuestro detector y medir las partículas producidas cuando los neutrinos interactúan con alguno de los núcleos. Estudiando estas partículas podemos tratar de inferir el comportamiento de los protones y neutrones involucrados en la interacción.

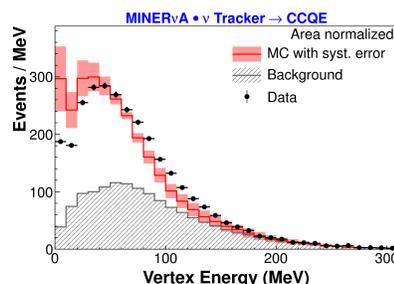
Para hacer ésto, la colaboración **MINERvA** ha estudiado uno de los tipos más simples de interacción de neutrinos: dispersión cuasi elástica, en la cuál un neutrino se transforma en un muón (un "primo" más masivo del electrón) expulsando algunos protones y neutrones fuera del núcleo. Hemos observado interacciones cuasi elásticas tanto de neutrinos como de antineutrinos y las estudiamos de dos formas: En primer lugar, examinamos la dirección y energía de los muones producidos en estas interacciones y encontramos que los datos concuerdan en mayor medida con predicciones teóricas en donde los protones y neutrones pasan parte de su tiempo formando pares dentro del núcleo. En este caso, esperaríamos que ambas partículas sean expulsadas. En segundo lugar, buscamos directamente estas partículas expulsadas y encontramos una cantidad de energía consistente con dos partículas emitidas desde el núcleo.

Estos resultados favorecen el modelo más complejo del núcleo, con pares de protones y neutrones juntándose y separándose continuamente, y abren la puerta a futuros estudios del comportamiento nuclear usando neutrinos.

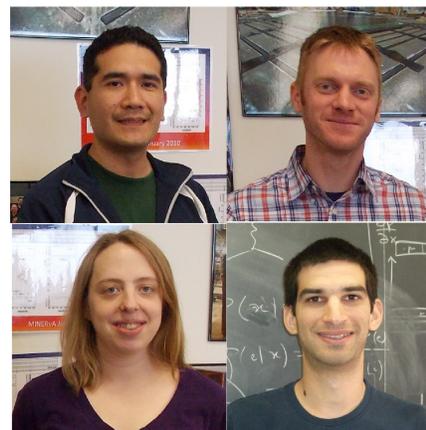
– Phillip Rodrigues (*traducción por Arturo Fiorentini*)



La figura superior muestra la probabilidad de que un neutrino experimente una interacción cuasi elástica, para diferentes valores del momento transferido al protón o neutrón ( $Q^2$ ), comparado con varios modelos teóricos. Los datos concuerdan en mayor medida con un modelo en donde el neutrino puede interactuar con múltiples protones y neutrones al mismo tiempo.



La energía cercana al punto de interacción para interacciones cuasi elásticas de neutrinos. Los datos, en negro, corresponden a una energía promedio más alta que la predicha teóricamente, en rojo; sugiriendo que los neutrinos están realmente interactuando con múltiples protones y neutrones, los cuales son expulsados fuera del núcleo.



Este análisis fue liderado por estos físicos. Fila superior, de izquierda a derecha: Arturo Fiorentini, CBPF; David Schmitz, U. Chicago. Fila inferior, de izquierda a derecha: Laura Fields, Northwestern; Phillip Rodrigues, U. Rochester.