DISCOS Y CHORROS EN LAS ESTRELLAS JOVENES

En diciembre del año pasado el Dr. Luis Felipe Rodríguez Jorge, Investigador del Instituto de Astronomía de la UNAM, recibió en Trieste, Italia el Premio de Física de la Academia de Ciencias del Tercer Mundo (Third World Academy of Sciences). Esta Academia fué fundada en 1983 por el Premio Nobel de Física Abdus Salam para reconocer, apoyar y promover la investigación científica de excelencia en el Tercer Mundo y junto con el Centro Internacional de Física Teórica, tiene su sede en Trieste. Aquí reproducimos el discurso del Dr. Rodríguez, dado al recibir el Premio.

Para un mexicano, la palabra Trieste evoca la memoria de Maximiliano de Habsburgo, Archiduque de Austria, quien dejó esta ciudad en 1864 en su intento de convertirse en Emperador de México. Trieste era entonces parte del Imperio Austríaco, del cual era Emperador Francisco José, el hermano mayor de Maximiliano. Obviamente, Maximiliano tenía que salir a buscar su propio imperio.

En su trayecto a México, Maximiliano se detuvo en Roma, donde enmedio de fiestas y celebraciones se oyeron pocas palabras de cautela con respecto a los peligros de su aventura. Sin embargo, durante su estancia en Roma, se circuló un panfleto con el poema que leía:

"Massimiliano, non te fidare
torna al Castello de Miramare..."

Por cierto, espero que hayan tenido la oportunidad de visitar el Castillo de Miramar, ubicado a sólo unos cientos de metros de donde estamos ahora.

Pero permítanme terminar esta digresión histórica y recomendarles el extraordinario libro "Noticias del Imperio" de Fernando del Paso, por si alguno de ustedes quiere saber mas sobre Maximiliano y su esposa Carlota, vistos por un mexicano.

Creo que la ciudad de Trieste tiene ahora un significado muy diferente al menos para algunos mexicanos, ese pequeño porcentaje de nuestra población que trabaja en las ciencias. Gracias a la gran visión de Abdus Salam y a la generosidad del gobierno italiano así como de otras agencias gubernamentales, Trieste ahora alberga a la Academia de Ciencias del Tercer Mundo, una institución de gran importancia para nuestros países. Todo el mundo reconoce y habla de la importancia de la ciencia para el Tercer Mundo; la Academia concreta acciones.

De modo que ahora, cuando oímos Trieste pensamos en la Academia, en Abdus Salam, y ya no en Maximiliano.

Quizá una de las cosas mas sorprendentes respecto a la ciencia del Tercer Mundo es que, a pesar de las difíciles condiciones de trabajo que enfrentamos casi continuamente, hay algunas áreas que se han desarrollado bien y que incluso pueden reclamar el tener una tradición.

Este es ciertamente el caso en el campo de la formación estelar en México, iniciado en la década de los cincuentas por Guillermo Haro y que en la actualidad es el tema principal de investigación de mas de una docena de astrónomos teóricos y observacionales en mi país.

Hace unos veinte años, cuando como estudiante del doctorado de astronomía comencé a interesarme en la formación de las nuevas estrellas, se sabía relativamente poco del proceso. Desde el punto de vista teórico, había la concepción de que las grandes nubes de gas y polvo que existen entre las estrellas se contraían lenta, majestuosamente hasta condensarse en una estrella. Desde el punto de vista observacional, se sabía que estas nubes son opacas a la luz visible y puesto que la formación de las estrellas ocurre en el interior de la nube, el proceso quedaba oculto para las técnicas de la astronomía visible.

Afortunadamente, las últimas décadas presenciaron un crecimiento notable en las astronomías que captan ondas infrarrojas y de radio y ésto ha mejorando grandemente la situación observacional. Si bien el polvo que existe en las nubes de las cuales se forman las estrellas es muy opaco a la luz, resulta bastante transparente a las ondas infrarrojas y de radio. Por dar una analogía, la situación de los astrónomos resultó similar a la de un médico que quiere estudiar la gestación del ser humano en el seno materno y que repentinamente cuenta con técnicas como los rayos X, la tomografía, y el ultrasonido que le permiten ver que está ocurriendo en el interior de la madre.

Uno de los misterios sin explicar en este campo en la década de los setentas eran los llamados objetos Herbig-Haro (HH), descubiertos independientemente alrededor de 1950 por George Herbig en los EUA y por Haro en México. Se sabía muy poco de estas misteriosas nebulosidades brillantes. Se había apuntado que la espectroscopía de su luz daba resultados muy similares a los que se obtenían en objetos astrofísicos donde se producían choques a velocidades de cientos de kilómetros por segundo (como por ejemplo, las remanentes de antiguas supernovas). Por otro lado, algo que desconcertaba a los astrónomos era que no se habían encontrado estrellas en asociación directa con los objetos HH. Un objeto que brilla está perdiendo energía, y en el caso de los objetos HH, se esperaba que ellos se apagaran en unos años. Pero pasaban las décadas y continuaban brillando. ¿Qué era lo que les estaba proporcionando la necesaria nueva energía?

Mucho se ha aprendido en las dos décadas que han transcurrido desde cuando los astrónomos buscábamos la elusiva fuente de energía de los objetos HH. Quizá el descubrimiento mas sorprendente fue el encontrar que las estrellas jóvenes tienen fenómenos de poderosa eyección de gas al medio circundante. Aclaremos esta aparente paradoja. Por supuesto, seguimos esperando que los movimientos de contracción caractericen a la formación estelar. Despues de todo, la Naturaleza está tratando de transformar algo grande (la nube) en algo pequeño (la estrella). Sin embargo, estos movimientos de contracción han sido muy difíciles de encontrar y estudiar de una manera clara, indiscutible.

En contraste, las estrellas jóvenes muestran eyección espectacular de gas, la cual ocurre con geometría colimada y bipolar. Esto es, encontramos que de las vecindades de la estrella sale gas a velocidades de cientos de kilómetros por segundo en la forma de dos chorros antiparalelos. Estos chorros viajan por el medio interestelar y producen choques; los objetos Herbig-Haro. En su trayecto por el medio interestelar, estos chorros tambien acarrean y aceleran gas molecular que ahí se encuentra, produciendo los llamados flujos bipolares.

Este gas expulsado puede detectarse y estudiarse de diversas maneras, de acuerdo a la escala espacial que se quiera estudiar: muy cerca de la estrella se observa el continuo de radio (los chorros térmicos), a distancias intermedias se detectan emisiones de líneas moleculares en el radio e infrarrojo (los flujos bipolares), y ya lejos de la estrella utilizamos observaciones en el visible (los objetos HH). El descubrimiento de estas eyecciones resolvió el enigma de la fuente de energía de los objetos HH: la recibían de estas relativamente remotas estrellas jóvenes. En algunos objetos se ha podido seguir en el tiempo el movimiento de nuevas eyecciones producidas por la estrella en formación. Como son resultado de un choque, tambien los objetos HH se mueven en el cielo. El descubrimiento alrededor de 1980 por Herbig de estos movimientos de los objetos HH fué un parteaguas que ayudó a entender que estaba pasando.

Pero algo suena incorrecto con lo que estoy diciendo. Se supone que las estrellas jóvenes deben de estar ganando masa, no perdiéndola.

Estudios adicionales, la mayoría de ellos realizados en la última década, dan la solución a esta aparente paradoja. De nuevo, utilizando una diversidad de técnicas observacionales estamos encontrando que la mayoría, si no es que todas, las estrellas jóvenes tienen estos procesos de eyección colimada de gas pero tambien están rodeadas de discos de gas y polvo que rotan alrededor de ellas. En particular, ha sido posible producir imágenes a partir de las ondas infrarrojas y de radio en las que se ven estos discos. A primera aproximación, los tamaños y las masas de los discos son consistentes con los valores que se cree tenía el disco protoplanetario del cual se formaron la Tierra y demás planetas de nuestro Sistema Solar, hace 4,500 millones de años.

¿Suena familiar? Sí, la vieja idea de Laplace de que los planetas se formaron de un disco de gas en rotación alrededor del Sol está siendo substanciada por las mas modernas observaciones astronómicas. Las estrellas jóvenes se forman de la contracción gravitacional de un fragmento de nube molecular. Estas nubes son grandes estructuras que existen en el espacio, algunas de ellas con masas millones de veces la del Sol, o sea que muchas estrellas se pueden condensar de ellas. Por conservación de momento angular, el fragmento no podrá colapsarse con simetría esférica, sino que formará un núcleo (la protoestrella, que evolucionará hasta transformarse en un nuevo sol), rodeado de un disco en rotación (el disco protoplanetario) del cual se espera que se formen los planetas. El proceso de la transformación del disco en planetas tarda del orden de un millón de años, un abrir y cerrar de ojos astronómicamente hablando, pero demasiado largo para que podamos ver durante nuestra vida la formación de estos nuevos planetas.

En resumen, la nueva estrella está ganando masa puesto que el gas de la nube molecular sigue cayendo al sistema, primero al disco protoplanetario y de ahí desplazándose en apretadas espirales hacia la estrella. La estrella entonces acrecienta con este gas (por lo que a los discos se les llama a veces discos de acreción).

Es sólo una pequeña fracción del gas que va hacia la estrella el que es expulsado para producir los espectaculares, pero no muy masivos, fenómenos de eyección. Como la Naturaleza está tratando de formar (y no de destruir) una estrella, ahora sabemos que los procesos de pérdida de masa solo involucran como una décima de la masa que es ganada. Pero estos procesos de pérdida ocurren de manera espectacular y relativamente fácil de estudiar y han capturado nuestra atención en las últimas décadas. Posiblemente en el futuro habrá un cambio de enfoque hacia el estudio del gas que va hacia la estrella. Esto no quiere decir que ya entendemos plenamente como se producen las eyecciones de gas.

Por ejemplo, ¿qué es lo que acelera y eyecta a este gas? El mecanismo detallado no se conoce aún, pero se cree que aprovecha la enorme energía presente en la rotación del disco, utilizando a las líneas de campo magnético ancladas en el disco como si fueran una honda. Parte del gas en el disco podría quedar enganchado en estas líneas de campo magnético y salir disparado del sistema. De hecho, muchos astrónomos creen que hay una relación que podría llamarse simbiótica (no pueden vivir el uno sin el otro) entre los discos y los chorros. El disco alimenta con energía a los chorros y éstos en retribución se llevan momento angular que de quedar en el disco impediría que el gas continuará cayendo hacia la estrella.

El estudio de los discos protoplanetarios pasa ahora mismo por un momento fascinante. Su presencia ha sido observada o al menos inferida para muchas estrellas jóvenes. Aún en un sistema doble de estrellas (a diferencia del Sol que es una estrella solitaria, la mayoría de las estrellas se forman en sistemas dobles o, como les llamamos los astrónomos, sistemas binarios) se ha encontrado que cada estrella está rodeada de su propio disco. Existía la duda de si en estos comúnes sistemas binarios las interacciones gravitacionales entre las estrellas inhibirían la formación de discos, pero este nuevo resultado indica que la formación de discos es un proceso robusto, que se da en una variedad de condiciones, aún en las que podrían parecer no propicias.

Se cree que estos discos se transformarán en planetas. Como dije anteriormente, el proceso es muy lento y sólo nuestros descendientes muy remotos lo sabrán sin duda. Hay astrónomos teóricos que han propuesto que en algunos discos muy densos y compactos el proceso de transformación en planetas podría ocurrir mediante mecanismos "rápidos", tomando sólo unos miles de años.

Tambien se cree que hay planetas ya formados alrededor de otros Soles; en una docena de estrellas ya de edad madura (donde no se espera que los discos protoplanetarios aún persistan sino que ya se hayan transformado en planetas) se ha inferido la presencia de planetas grandes, tipo Júpiter, mediante el estudio de movimientos periódicos que tiene la estrella, pequeños pero detectables, que son producidos por el planeta. Inclusive se ha reportado el caso de una estrella que muestra los sutiles movimientos que podrían estar siendo producidos por un planeta y que al mismo tiempo muestra en imágenes directas los remanentes de lo que posiblemente fué un disco protoplanetario. Esta estrella estaría entonces en una etapa intermedia de evolución, habiendo formado ya al menos un planeta, pero aún con residuos del disco protoplanetario.

De repente, el Universo parece ser un sitio mucho mas hospitalario para la vida de lo que creíamos hace unos años. Son, entonces, momentos de gran intensidad para el campo de la formación de estrellas y planetas. Me da gusto decir que los astrofísicos mexicanos han jugado un papel importante en varios de los hallazgos que les he presentado.

Estoy muy agradecido a la Academia por esta distinción.

(Publicado en el Boletín de la Sociedad Mexicana de Física, Vo. 13, p. 47)