

La Orden del Caballero Bondi

W. O. Barreto A.

Asocio caballería con nobleza; cierta actitud incorruptible siempre a prueba en el crisol del tiempo, y siempre superada bajo cualquier circunstancia. Creo que así era Sir Hermann Bondi, noble. Así son Luis Herrera y Jeffrey Winicour. Como decía mi abuelita –ese material mijo, ya no sale más–. Según cuentan mis mayores, creo que también Bondi era humilde. Muy lejos de padecer el síndrome de las *vedettes* en el firmamento de la ciencia global. Algo bastante poco usual, considerando que Bondi es referenciado por la Enciclopedia Británica. Cuánto me hubiera gustado conocerle en persona ...y pensar que estuve cerca. Me propongo elaborar una breve semblanza de Bondi, basada en pocas anécdotas y escritos suyos, sustantivos e iluminadores. Luego abordaré una revisión no rigurosa de dos trabajos de la obra de Bondi. Estos trabajos han sido objeto de estudio en Venezuela por Luis Herrera y sus discípulos.

Desde los años cincuenta se realizan cursos de verano sobre Relatividad en distintas partes del mundo. Uno de esos cursos se realizó en el King College, en Londres. A éste asistió el joven americano Jeffrey Winicour, doctorado por Syracuse bajo la dirección de Peter Bergmann, quien trabajó con Einstein. Winicour es fundador del Grupo de Relativistas de Pittsburgh, junto con Ezra Ted Newman y Allen Janis. Tuve la fortuna de trabajar con Winicour con quien tengo además en común el gusto por montar bicicleta y de fumar puros. En una de esas charlas de sobre mesa en el porche de su casa y bajo los efluvios del tabaco le pregunté a Jeff si había conocido a Bondi –en cuya obra Winicour basó la suya–. Me contó algo así: *–esperábamos por la clase siguiente y un señor se apareció a la hora, justo antes de la clase, a borrar el pizarrón. Todos estábamos algo distraídos esperando al profesor. El señor de la limpieza comenzó a dirigirse al auditorio, supimos de inmediato que era Bondi. Estábamos desconcertados, llevaba la camisa arremangada y por fuera, –como la guayabera, me parece–. Quedamos atrapados en el acto por su personalidad afable y por su profundidad con el fluir del discurso de la clase magistral. Quedé callado entre volutas. Winicour me dijo entonces que estábamos en una especie de “recesión relativista”. Hay pocos relativistas numéricos y una vez formados se han visto atraídos por el sector financiero o la industria. Pienso que hacen falta caballeros para la causa, para entender cada vez más. Estoy seguro que la comunidad ha crecido, sin duda, pero no necesariamente la calidad en la misma proporción. También es claro que se ha profundizado, pero la industria de artículos sobre los aspectos más “rentables” de la Relatividad General, como más o menos dice Luis Herrera, francamente domina el medio.*

En el obituario de la BBC de Londres sobre Bondi, se lee que después de su desacreditado modelo cosmológico

del estado estacionario, Bondi se dedicó a estudiar la física de los agujeros negros. Esto no es totalmente cierto. Aunque publicó algunos trabajos sobre agujeros negros, la mayor contribución de Bondi a la Relatividad General fue el estudio y comprensión de la radiación gravitacional. El modelo del estado estacionario propuesto en coautoría con Hoyle y Gold, visto en retrospectiva y en su contexto histórico, resulta atractivo y audaz. Por cierto, Bondi conoce a Thomas Gold como prisionero de guerra; luego ambos se reunieron con Fred Hoyle en un proyecto sobre radares en el Almirantazgo Británico. Su visión sobre la acreción condujo a Hawking a formular la radiación proveniente de agujeros negros. Bondi fue nombrado Caballero del Reino Unido en 1973.

La primera vez que supe de Bondi fue por el año 1987, cuando mi tutor y sensei Luis Herrera me entregó, para mi revisión a profundidad, un artículo que representaba en cierto modo la continuación de otro artículo de 1964 cuyo autor es Hermann Bondi. Más adelante regresaré con detalle sobre este último trabajo cuya riqueza no se ha explotado tanto como el trabajo sobre radiación gravitacional del año 1962. Debo mencionar que Luis Herrera es graduado Suma Cum Laudem por Moscú y luego doctorado en el Instituto Henri Poincaré, bajo la dirección de Achille Papapetrou, quien a su vez y a su tiempo trabajó con Erwin Schrödinger.

El 1992 Bondi publicó un trabajo sobre colapso gravitacional en distribuciones anisótropas. Luis Herrera aunque ya había publicado un notable número de trabajos sobre el tema, no figuraba referenciado en el artículo de Bondi. Tomó un sobre manila y adjuntó sin explicación al destinatario un cartapacio de artículos sobre anisotropía en distribuciones esféricas y su efecto sobre el colapso gravitacional. A vuelta de correo recibió una misiva fechada el 26 de enero de 1993, que traduzco íntegra y libremente a continuación:

Estimado Dr Herrera,

Por favor, acepte mis profundas disculpas por la fallida referencia en mi artículo (M.N.R.A.S. 259. 365-368, 1992) al extenso trabajo que usted y sus colegas han realizado sobre esferas anisótropas en Relatividad General. Todavía no logro entender cómo pudo suceder esto, por cuanto pensé había realizado una búsqueda adecuada en la que había involucrado a un muy reconocido colega. Sin embargo, la responsabilidad por esta desafortunada omisión es completamente mía.

De la lectura de los artículos que usted tan amablemente me ha enviado me parece que la optimización particular que emprendí no repite cualquiera de sus trabajos, aunque en el de 1980 con Cosenza, Esculpi y Witten su acotación que sigue a la ecuación (21) señala hacia el área que exploré. Mi mortificación fue mayor por sus

generosas referencias a mi trabajo previo.

Estoy escribiendo al Editor de M.N. preguntándole si me permite publicar una nota de disculpas, quizás como un erratum. Para asegurarme que lo he hecho bien, esta vez me gustaría enviarle un fax con la nota, de tal forma que usted pueda señalarme cualquier error ¿podría usted en consecuencia enviarme su número de fax?

Por favor, transmita mis disculpas también a sus colegas. Confío en que mi esperada nota en M.N. pueda ser vista por ellos a su debido tiempo.

*Una vez mas con mis disculpas,
Atentamente,
Hermann Bondi*

Desde entonces Bondi no faltaba en casa de los Herrera–Di Prisco con una tarjeta cada Navidad.

En mayo del año 2000 Bondi visita a Herrera en Salamanca. Para entonces su Parkinson estaba muy avanzado y tomaba unas grageas fulminantes que de vez en cuando lo desconectaban de la línea central del mundo. Pero en su charla magistral fue lúcido, afable, humilde, contundente y locuaz, como siempre. Un caballero de la luz que iluminó la gravitación. Bondi fue condecorado por las autoridades de la antigua Universidad de Salamanca.



FIG. 1: Herrera y Bondi en Salamanca.

De vuelta en Londres, Bondi hace referencia a su visita y sobre todo al trabajo de Luis Herrera, en una carta fechada el 17 de mayo del año 2000:

Estimado Luis,

La vida aquí desde mi regreso ha sido absolutamente frenética; por éso el retraso en escribirte esta carta. Los días que pasé en Salamanca fueron los más agradables y gratos para mí y deseo agradecerte a tí, a tu esposa, a Jesús Martín y a los demás (incluyendo a tus hijos) por tan cálidos, placenteros e interesantes momentos.

El retorno al aeropuerto de Madrid fue rápido, con una breve ‘parada de confort’ en un pequeño café del camino. Mi vuelo estuvo bien, con un ligero retraso. Pasé el tiempo en el aeropuerto comiendo y leyendo, especialmente disfrutando tus artículos. El uso de

un giróscopo –Bondi se refiere a la detección de radiación gravitacional– representa una forma eficiente para aclarar situaciones relativistas en un escenario relevante. Quedé particularmente complacido con tu artículo sobre ‘relajación’, como he insistido repetidamente en cuanto a la necesidad de considerar relaciones constitutivas realistas junto con las ecuaciones de campo. Esto debe requerir una dependencia temporal para la respuesta del material a los esfuerzos gravitacionales...

Ayer recibí la feliz noticia de que mi artículo sobre ondas gravitacionales (del cual hiciste una fotocopia) ha sido aceptado por la Sociedad Real, con un arbitro estuista con el trabajo y otros que lo aprobaron en tonos más moderados.

Otra vez muchas gracias: Me dieron momentos muy placenteros y sólo puedo esperar que ustedes los hayan disfrutado también.

*Con mis mejores deseos para todos,
Hermann*

De esta última carta me sorprende la actividad y lucidez de Bondi a sus 81 años. Pero sobre todo es gratificante el entusiasmo y la alegría que manifestó por un artículo más en el zurrón. Esto me permite señalar algo que sostengo desde hace tiempo: que el último trabajo publicado es el más importante. Pero esto no es cierto en la obra singular de Bondi. Como veremos, entre los años 1962 y 1964 publicó dos joyas de la literatura en Relatividad General.

Bondi y Herrera mantuvieron comunicación durante unos diez años. Luego de la visita a Herrera en Salamanca ocurrió un incidente que vale la pena mencionar y que, una vez mas, nos ayuda a entender el talante noble de Sir Hermann Bondi. Luis Herrera por ser extranjero fue impedido de ocupar una plaza permanente en la Universidad de Salamanca. Bondi indignado intentó publicar una carta de protesta en *Nature*. El Editor evadió a Bondi, indignándose éste aún más. Pidió disculpas a Herrera insistentemente y mostró preocupación por el regreso de la familia a Caracas.

Es indudable para mí la enorme estatura de Bondi, quien entregó su vida al servicio de la ciencia. Fue matemático, astrofísico, cosmólogo, asesor científico, pero sobre todo fue un Caballero de la Ciencia. Publicó trabajos con figuras legendarias como G. Gamow, D. Sciama y W. Rindler. No quisiera concluir esta primera parte sin hacer referencia explícita a una reseña que escribió Bondi en *Nature* sobre el libro de S. Chandrasekhar titulado: *Verdad y Belleza: Estética y Motivaciones en la Ciencia* (1987), excelente libro por demás:

LO BUENO, LO MALO Y LO FEO

Hermann Bondi

¡Qué libro tan espléndido! Su lectura es un placer, y para mí, al menos, la lectura continua se hizo compulsiva.

El hecho de que consista en un compendio de charlas (una de 1946, y las otras de distintas fechas entre 1975–1986) significa que cada una de las secciones son

autocontenidas, y que además casi no hay solapamiento o repetición. Chandrasekhar es un distinguido astrofísico y cada una de sus charlas posee el sello de toda su obra: precisión, profundidad, lucidez. Lo que quizás no vislumbré fue la profunda formación histórica del autor. Me apresuro en agregar que me resultó claro que si Chandrasekhar decide hablar sobre asuntos históricos o artísticos, su estudio será realizado a la perfección; lo que no resultó obvio fueron los tantos aspectos de estos temas que no figuran en sus conferencias... Confío en que ningún lector de esta reseña pueda pasar desapercibido mi entusiasmo por el libro, aun cuando debo también hacer algunas acotaciones críticas puesto que algunos aspectos del contenido no se ajustan al panorama que tengo de la ciencia. Primero, para un leal discípulo como yo de Popper, lo que hay sobre filosofía de la ciencia en el libro es incompleto, porque no posee algún tipo de perspectiva Popperiana. Segundo, el título del libro me produjo picazón (aunque, afortunadamente para mi disfrute, finalmente esto resultó irrelevante). Soy quizás más cauteloso que Popper en asignar verdad a la ciencia, y también tengo poca fé en la utilidad de la belleza como guía luminosa. No sólo me perturba la subjetividad en el reconocimiento de la belleza, sino que me parece confunde a la gente o emerge sólo después de una contribución original. Así, Chandrasekhar escribe bien y correctamente sobre la irrelevancia para la nueva ciencia de buena parte de los últimos trabajos de Eddington, de Einstein y de Milne. Estos trabajos fueron guiados en buena medida y al extremo por consideraciones de belleza, especialmente belleza matemática, y muy poco por la dura y sucia física.

De nuevo, cuando Dirac, en su primera contribución excepcionalmente buena, produjo la ecuación relativista del electrón, su desgarbo y fealdad fueron proclamadas. Posteriores trabajos, de Dirac y otros, condujeron a nuevas formulaciones igualmente excepcionales en su belleza. De igual forma, cuando surgieron los agujeros negros en la teoría, no había algo particularmente elegante en las ecuaciones. Mucho después, el mismo Chandrasekhar, en su espléndido libro *TEORÍA MATEMÁTICA DE LOS AGUJEROS NEGROS*, compiló su propio trabajo y el de muchos otros para revelar los patrones de una extraordinaria belleza.

No digo que mostrar los descubrimientos originales de una forma concisa y mediante descripciones elegantes sea considerablemente útil para los que trabajarán posteriormente en el tema, sino que evidentemente esto no contribuyó a los descubrimientos mismos. La belleza puede ser una excelente guía en matemáticas, pero dudo que tenga algún valor en la física.

Esta exhibición de ligera petulancia en mis puntos de vista, posiblemente heterodoxos, no debería ser óbice para que cualquier lector potencial disfrute este excelente libro, como yo lo hice a cabalidad.

He intentado, ojalá lo haya logrado, mostrar los signos de una personalidad singular. Ahora me centraré

en un aspecto técnico de su genio y obra a través de dos artículos que representan una rica fuente de ideas y que se mantienen casi incólumes después de cuarenta años. También intentaré revisar sin profundidad el trabajo que hemos realizado en Venezuela relacionado directamente con el de Bondi.

La obra de Bondi en Relatividad General se puede clasificar en cuatro grandes áreas:

- < Modelos Cosmológicos >
- < Modelos de acreción; >
- < Modelos esféricos; >
- < Radiación gravitacional. >

El trabajo *Gravitational Waves in General Relativity. VII. Waves from Axi-Symmetric Isolated Systems* de H. Bondi, M. G. J. van de Burg y A. W. K. Metzner, publicado en *Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences, Volume 269, Issue 1336, pp. 21–52, 1962*, es fundamental para la Relatividad General. Aunque restringido a la simetría axial y de reflexión estableció las bases para la comprensión de la radiación gravitacional fuera del contexto lineal. Inmediatamente se valoró este trabajo y fue generalizado por Sachs el mismo año. Fue descubierta la existencia de un grupo de simetría denominado ahora el Grupo de Bondi–Metzner–Sachs (BMS) justamente a partir del trabajo de Bondi y en el intento de definir energía al menos en espaciotiempos asintóticamente planos. Bondi y colaboradores introdujeron una restricción innecesaria al hacer una analogía con el electromagnetismo. Pero, no es posible evitar radiación entrante mediante la condición de Sommerfeld, debido al carácter no lineal de la Relatividad General. El tratamiento *conformal* del infinito resolvió técnicamente estos “detalles”. Se puede decir que el trabajo de Bondi–Sachs fue generalizado por Winicour y Tamburino. Gracias a ello es posible hoy en día simular la radiación gravitacional proveniente de sistemas aislados, usando el calibre de Bondi. Debo señalar que no ha sido posible construir un espaciotiempo globalmente regular a partir del referencial de Bondi en el infinito–nulo–futuro. Pero tampoco hubiera sido posible el desarrollo de los códigos en la formulación característica sin la piedra preciosa de 1962.

Ahora bien, resulta curioso que el trabajo de Bondi *The contraction of gravitating spheres* publicado en *Proceedings of the Royal Society of London, Series A, Volume 281, Number 1384 / August 25, 1964* haya recibido atención prácticamente sólo desde Venezuela. Veamos. En este trabajo Bondi estudia el problema de una distribución material esférica introduciendo la noción de observadores comóviles con el fluido, lo cual permite una descripción transparente de la dinámica. La evolución lenta es posible desde su enfoque y extrae ciertos resultados generales para un fluido adiabático, haciendo consideraciones físicas razonables. Bondi critica la idea

innecesaria de suponer adicionalmente una ley de conservación de bariones, ya que en Relatividad General la noción de partícula no existe. Hasta donde tenemos conocimiento esta afirmación de Bondi no ha sido rebatida. Extraña además que el tratamiento de observadores comóviles no sea el tratamiento estándar para incorporar materia en Relatividad General. Por si fuera poco, en una segunda parte del artículo se adaptan las coordenadas de radiación para estudiar problemas no adiabáticos o de radiación profusa, acercándose más a una situación realista y plantea un posible esquema para la obtención de modelos.

Dieciseis años más tarde Herrera y colaboradores proponen un método seminumérico que retomaba las ideas originarias en este trabajo de Bondi y que posteriormente se interpretaría como la aproximación post-casi-estática. En una revisión bibliográfica profunda pudimos constatar que con excepción de los relativistas venezolanos, este trabajo de Bondi ha permanecido “dormido” inexplicablemente, en lo referente al tratamiento de la materia. Su extensión, uso y difusión se debe a Luis Herrera y colaboradores. El tratamiento de materia en la formulación característica estándar de la relatividad numérica no usa los observadores comóviles de Bondi. Ni siquiera en la versión actual más general y poderosa, como herramienta, de José Font y Phillipos Papadoupoulos.

Es importante señalar que Demetrios Christodoulou, con propósitos analíticos, Dalia Goldwirth y Tsvi Piran, Roberto Gómez y Jeffrey Winicour, con propósitos

numéricos, usaron la métrica de Bondi (de radiación) bajo simetría esférica en el contexto del colapso de un campo escalar autogravitante. Este sistema es el más sencillo posible para estudiar el colapso gravitacional, así como el sistema del trabajo de 1962 es el más sencillo para estudiar radiación gravitacional. Aunque idealizado y con poco, si acaso ningún, contenido físico, condujo al descubrimiento del comportamiento crítico. Es interesante observar que a la vez el problema del campo escalar sin masa, esto es, la radiación escalar, guarda estrecha relación con el problema de la radiación gravitacional, magistralmente estudiado por Bondi y colaboradores en el trabajo de 1962.

La Orden del Caballero Bondi es continuar con su honorable tradición. Es explorar por qué su trabajo de 1964 no ha sido valorado entre los relativistas numéricos, en lo referente al tratamiento de la materia. Nos preguntamos: ¿por qué el enfoque de los observadores comóviles de Bondi no es el estándar en Relatividad Numérica? ¿será que la heterodoxia no favorece a la industria de las estrellas en el firmamento?

Agradecimientos

A Luis Herrera, Jeffrey Winicour, Luis Rosales y Carlos Peralta por motivarme a escribir esta semblanza de Bondi y por sus comentarios.