



Primer *Workshop* Interdisciplinario sobre Historia, Filosofía y Perspectivas Actuales de la Cosmología

Buenos Aires, 29 al 31 de agosto de 2017

**Polo Científico-Tecnológico
Centro Cultural de la Ciencia, Sala 1
Godoy Cruz 2270
Buenos Aires**

Con el *Aval Académico* de
Departamento de Filosofía y Departamento de Historia de la Facultad de
Filosofía y Letras de la **Universidad de Buenos Aires**, Argentina.

Departamento de Filosofia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da
Universidade de São Paulo, e da **Associação Filosófica “Scientiae Studia”**, Brasil.

Comité Organizador
Alejandro Cassini (Conicet-UBA); Marcelo Leonardo Levinas (Conicet-UBA);
Pablo Rubén Mariconda (USP).

Resúmenes

Calzetta, Esteban (Conicet-Universidad de Buenos Aires): “*BICEP2*: la construcción fallida de un hecho científico”.

En marzo de 2014, la colaboración internacional *BICEP2*, que opera un observatorio en la Antártida, publicó un artículo en un repositorio (que no requiere referato previo) anunciando la detección de una peculiaridad en la polarización de la radiación cósmica de fondo. Una interpretación posible de esta peculiaridad es que la misma sea de origen primordial, es decir, provocada por procesos ocurridos en el Universo Temprano. En ese caso, la observación tendría un enorme impacto sobre las teorías vigentes acerca del origen del Universo. Si bien el fraseo del artículo es extremadamente cuidadoso en cuanto a no comprometerse con esa interpretación, algunos hechos concomitantes, tales como la difusión de un video mostrando a uno de los responsables del experimento brindando con champagne con un conocido profesor de la Universidad de Stanford, dejaron pocas dudas acerca de la relevancia que los responsables de *BICEP2* asignaban a su descubrimiento. Sin embargo, la interpretación del fenómeno como de origen primordial contradecía resultados obtenidos por otra colaboración internacional, *Planck*, que entonces todavía estaban en etapa de análisis. Esto resultó en una intensa polémica y eventualmente en un re-análisis de las observaciones de *BICEP2* llevado a cabo en conjunto por expertos de ambas colaboraciones. El 30 de enero de 2015 se publicaron los resultados del nuevo análisis, rechazando la interpretación primordial del fenómeno. En esta ponencia nos proponemos presentar a los distintos actores de este episodio, describir la observación anunciada por *BICEP2* y los términos en que se desarrolló la polémica ulterior, y reflexionar acerca de las estrategias que desplegaron uno y otro bando a favor o en contra de la construcción de un nuevo hecho científico.

Carman, Christian (Conicet-Universidad Nacional de Quilmes): “¿Cómo se medía el universo? Los cálculos de las distancias y tamaños del Sol y de la Luna en la astronomía antigua.”

En la ponencia repasaremos con cierto detalle los cálculos que ofrecen Aristarco de Samos, Hiparco y Ptolomeo, para obtener las distancias de la Tierra al Sol y de la Tierra a la Luna, así como los tamaños del Sol y de la Luna. Mostraremos cómo un análisis comparativo de los cálculos de los diferentes autores permite vislumbrar cierta evolución epistemológica desde una ciencia de carácter más geométrico hacia una ciencia de carácter más empírico en los siglos que separan a Aristarco de Ptolomeo. Señalaremos, además, qué elementos de dichos cálculos siguen vigentes hoy y cuáles son considerados erróneos o superados.

Cassini, Alejandro (Conicet-Universidad de Buenos Aires): “Confirmación y aceptabilidad de las teorías cosmológicas”.

La cosmología, entendida como la ciencia que trata acerca del universo como un todo y no solo de la región observable del universo, ha sido primero una empresa puramente especulativa y luego, desde la aplicación de la teoría de la relatividad general, una empresa predominantemente teórica. Las evidencias empíricas para las teorías cosmológicas solo se consiguieron de manera muy lenta y esporádica, hasta que la exploración del espacio mediante satélites permitió obtener datos más numerosos y confiables. En particular, la medición del fondo cósmico de microondas inauguró la época que se ha denominado como “cosmología de precisión”. Asumiendo que en la actualidad se dispone por primera vez de evidencia observacional precisa, se puede plantear el problema de la aceptabilidad de las teorías cosmológicas sobre una base más firme. Tradicionalmente, los filósofos de la ciencia han dividido los criterios para la aceptabilidad de una teoría en fácticos (la acomodación de fenómenos conocidos y la predicción de fenómenos desconocidos) y no fácticos (como la simplicidad y la consistencia interna y externa, entre otros). Con frecuencia se afirma que la cosmología es una ciencia que tiene características especiales, por ejemplo, que se apoya en supuestos filosóficos inverificables, y que por esa razón, los criterios no fácticos tienen mayor peso en la aceptación o el rechazo de las teorías. Argumentaré que en ese respecto la situación no es diferente de la de otras ciencias físicas, pero que la contrastabilidad de las teorías cosmológicas presenta algunas limitaciones características. Me ocuparé, entre otras, de las siguientes cuestiones: ¿Cuáles son los límites de la observabilidad en cosmología? ¿Tienen las simulaciones computacionales algún valor confirmatorio? ¿Debería aceptarse una teoría cosmológica cuyas predicciones no sean contrastables en la práctica? ¿Qué debería hacerse en caso de conflicto entre diferentes criterios de aceptabilidad?

Deruelle, Nathalie (CNRS-Université Paris 7-Diderot): “Einstein’s gravity and the cosmological constant: History and present status”.

I will discuss Einstein's views on the cosmological constant and give a brief review on the evolution of its interpretation over the years, and then put the emphasis on the present challenges to measure it and the epistemological questions such measurements may raise. In particular, I will show how cosmology, in particular the work of de Sitter and Lemaitre, helped to understand the Schwarzschild solution. I will briefly touch upon the so-called 'cosmological constant problem' and some attempts to tackle it. I will discuss the role of the cosmological constant under the guise of 'inflation' in models of early cosmology and conclude briefly with its present role under the name of 'dark energy'. If time permits I will also mention the role of a negative cosmological constant in the 'AdS-CFT' correspondence programme.

Falciano, Felipe (Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF) e Programa de Pós-Graduação em Filosofia – Universidade do Estado do Rio de Janeiro (PPGFIL/UERJ)) & **Videira, Antonio** (Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) e CNPq): “Hacking e a questão da confiança epistémica nas observações cosmológicas”.

Nosso interesse principal nesta comunicação é entender como interpretar os resultados científicos e controlar o grau de confiança atribuído às teorias e modelos da cosmologia atual. Para alcançarmos este objetivo, discutiremos criticamente as posições avançadas pelo filósofo canadense Ian Hacking. A cosmologia utiliza-se de técnicas puramente observacionais pela incontornável incapacidade de manipular o seu objeto de estudo. A rigor, não há experiências em cosmologia, apenas observação passiva dos fenômenos em escala cosmológica. Dados observacionais são coletados sem a possibilidade de interação ou manipulação do sistema natural investigado. Assim, torna-se inevitável o questionamento sobre o grau de confiança que se tem sobre o atual modelo descritivo de universo. O raciocínio de Hacking segue um desenvolvimento histórico seguindo opiniões de cientistas na discussão da possibilidade de detecção de lentes gravitacionais. Em particular, ele enfatiza a evolução de tomada de confiança na detecção e determinação das lentes gravitacionais, mas duvidando da descrição científica das lentes gravitacionais a partir de três questões: o problema do número de imagens, a raridade de detecções das lentes gravitacionais e a possibilidade do efeito de micro-lenteamento ser capaz de camuflar e distorcer qualitativamente nossas observações astronômicas. Hacking conclui pela impossibilidade de defesa de um realismo de entidades para a astronomia, conclusão que será por nós questionada.

Ferraro, Rafael (Conicet-Universidad de Buenos Aires): “Mecánica relacional. La abolición del espacio absoluto newtoniano”.

La mecánica de Newton ha sido el fundamento histórico de la física relativista y la cosmología moderna. Sin embargo, la construcción newtoniana fue severamente enjuiciada por Leibniz, quien reclamaba la abolición del espacio absoluto a través de una reformulación *relacional* de las leyes de la mecánica que no privilegiara sistema de referencia alguno. El privilegio de los sistemas inerciales fue también criticado por Ernst Mach a fines del siglo XIX. Según Mach, tal privilegio sólo podría ser conferido por la distribución de la materia en el universo; esta idea fue uno de los disparadores de la relatividad general de Einstein. Mostraremos que es posible reformular la mecánica clásica de manera relacional, recurriendo a las ideas básicas de las teorías de *gauge*: simetría local y derivación covariante.

Friaca, Amâncio (Departamento de Astronomia, Instituto de Astronomia e Geofísica, Universidade de São Paulo) “Alfa, Beta, Gama, Ômega: A origem dos elementos químicos nas cosmologías do Estado Estacionário e do Big Bang”.

O artigo Alpher-Bethe-Gamow de 1948, sobre a origem dos elementos químicos em um universo primevo quente e denso, forneceu as bases da nucleossíntese primordial mas levantou várias críticas devido à física nuclear errônea utilizada por George Gamow nesse trabalho. Buscando confrontar a ideia da nucleossíntese primordial para a produção dos elementos, o principal defensor da teoria cosmológica do Estado Estacionário, Fred Hoyle, impulsionou a formulação da nucleossíntese estelar, consolidada no artigo B²FH de 1957. Um ponto importante é que Hoyle previu corretamente a existência de um estado excitado para o carbono, que não só permitiria a síntese desse elemento pelo processo triplo-alfa como também exigiria estrelas longevas para o enriquecimento de carbono do Universo, o que seria consistente com o universo eterno da cosmologia do Estado Estacionário. Ao final de décadas de aperfeiçoamentos das duas teorias de nucleossíntese, chegou-se a um cenário em que a nucleossíntese primordial explica a maior parte da abundância cósmica do hélio e principalmente a do deutério, e a nucleossíntese estelar é a responsável pelas abundâncias cósmicas do carbono em diante.

Gangui, Alejandro (Conicet-Universidad de Buenos Aires): “Elementos históricos y epistemológicos en el origen de la idea (¿ciencia?) del multiverso”.

Desde hace varios años se vienen realizando esfuerzos para tratar de dar cuenta de la precisión (o "sintonía fina") en el valor de varios parámetros libres de la física del cosmos. Principios extra-científicos, alguna vez considerados marginales, son ahora analizados seriamente. Un ejemplo es el principio antrópico, propuesto inicialmente por Carter hace ya cuarenta años, que

"explica" por ejemplo por qué la gravedad es una fuerza tan débil (comparada con las demás interacciones de la física): si así no fuese no existirían estrellas estables, ni vida planetaria. Otras hipótesis de trabajo involucran "otros" universos (o dominios causalmente desconectados), de manera de contar con un ensemble adecuado en donde poder calcular probabilidades: nuestro universo sería entonces uno entre una multitud posible de realizaciones (donde las constantes fundamentales podrían ser diferentes). Sin embargo, como veremos, esta última hipótesis se enfrenta con serias limitaciones que la cosmología le impone a un observador que intente examinar (o falsar) el modelo teórico, fundamentales para un abordaje epistemológico de esta área de la ciencia en su afán de describir el estado actual y la evolución de nuestro universo.

Levinas, Marcelo Leonardo (Conicet-Universidad de Buenos Aires). "Vigencia de los principales presupuestos que rigieron la historia de la cosmología".

Desde los orígenes de la ciencia se ha especulado con que el universo es un "cosmos", esto es un universo que responde a cierto orden. Esta concepción se encuentra en concordancia con la afirmación de A. Einstein en el sentido de que "la mayoría de las ideas fundamentales de la ciencia son esencialmente sencillas y que por regla general pueden ser expresadas en un lenguaje comprensible para todos"; afirmación que confrontaré con la idea sustentada por B. Russell de que "la filosofía consiste en empezar con algo tan simple que parezca irrelevante y en terminar con algo tan paradójico que nadie pueda creerlo". Intentaremos mostrar de qué manera ambas sentencias, aparentemente contradictorias, caracterizan de manera adecuada los modelos cosmológicos ofrecidos desde los griegos a esta parte. Para ello analizaremos algunos aspectos formales y técnicos relevantes que revelan cómo el ideal de sencillez compitió con el ideal de precisión. La idea es mostrar de qué manera los presupuestos fundamentales en los que se han sustentado la mayoría de las teorías cosmológicas han requerido de la "imposición" de armonías, regularidades y simetrías, y cómo éstas condujeron siempre a complicaciones insalvables obligando a operar cambios drásticos en los puntos de vista. Si bien este proceso de recambio o refinamiento de las teorías ampliaron nuestro conocimiento del universo, algunas de sus consecuencias no sólo resultaron paradójicas (en términos de Russell), sino también desconcertantes. Por eso nuestro recorrido comenzará con las implicancias y complicaciones técnicas que trajo aparejada la hipótesis de que en el universo pequeño y cerrado de la ciencia antigua los movimientos de los astros debían ser perfectos, para desembocar en las implicancias y dificultades técnicas que actualmente trae aparejada la aplicación del Principio Cosmológico que afirma que a una escala suficientemente grande, el universo es, con muy buena aproximación, isótropo, homogéneo y espacialmente cuasi plano.

Mariconda, Pablo Rubén (Departamento de Filosofia; Instituto de Estudos Avançados; Universidade de São Paulo): "Sobre a impossibilidade de uma cosmologia nos séculos XVII e XVIII".

Já pressentida na dissolução da cosmologia esférica dos antigos – anunciada pelo *Sidereus nuncius* e aprofundada pelo *Diálogo sobre os dois máximos sistemas do mundo* de Galileu – a impossibilidade de uma concepção da unidade e totalidade do universo, diante da admissão de sua infinitude ou por causa dela, constitui-se como uma marca característica do pensamento natural do período. Mesmo quando, como em Descartes, apresenta-se uma estruturação dessa infinitude por meio da teoria dos vórtices, essa estruturação nada mais é do que uma expansão ou replicação ao infinito da estrutura do sistema solar, composta por uma estrela central (Sol), planetas e cometas que giram ao seu redor; e o mesmo se pode encontrar no sistema do mundo de Newton que tampouco ultrapassa os confins do sistema solar. Para todos eles, Galileu, Descartes e Newton a física e a astronomia são incapazes, finalmente, de prover os fundamentos científicos da cosmologia, fundamentos que resultam ser teológicos e dependentes da existência de Deus. Mas a principal dificuldade para a constituição de uma cosmologia residiu na imagem inacabada, incompleta, sem estrutura bem definida, fornecida pela astronomia para o mundo além do sistema solar. Esse caráter inacabado consistiu na ausência de qualquer certeza sobre as propriedades do universo enquanto distribuição global, no espaço e tempo, da matéria e da energia. Mas, bem mais simples do que isso, esse inacabamento dependeu da dificuldade de determinar a própria localização do sistema solar na galáxia e de reconhecer que as imagens nebulosas visíveis por

telescópio na esfera celeste eram outras tantas galáxias. Por isso, enquanto a galáxia foi identificada a todo o universo observado, a cosmologia não pôde senão ser inacabada. De modo que, mesmo para Laplace, ao final do século XVIII, “o sistema do mundo”, tal como para Newton, nada mais é de fato do que uma “teoria do sistema solar”.

Paty, Michel (CNRS-Université Paris 7-Diderot): “Necessidade, acaso e o Universo: considerações sobre a restrição das leis da natureza e o lugar do acaso na cosmologia contemporânea”.

Pretendo examinar de um ponto de vista epistemológico vários aspectos da cosmologia contemporânea que tratam a sua maneira da questão tradicional, levantada a partir das várias ciências, em particular da Física, acerca dos lugares respectivos da necessidade e do acaso na Natureza, uma questão que veremos recolocada de forma original quando se considera o Universo em sua totalidade. Relembremos primeiro brevemente alguns elementos da história das ideias acerca da “necessidade e do acaso nos céus”, antes do advento da Cosmologia como uma ciência no sentido moderno da palavra, após um período de rejeição (nos séculos XVIII e XIX) em vista dos requisitos admitidos de cientificidade, embora ao mesmo tempo tenham ocorrido desenvolvimentos importantes para as ideias cosmológicas e para uma física do Universo. A cosmologia concebida como a ciência do Universo como um todo tornou-se uma ideia aceita nas primeiras décadas do século XX, tanto do ponto de vista teórico como observacional. A relatividade geral pôde ser aplicada a um universo não euclidiano fechado sobre si mesmo; o desvio para o vermelho das galáxias remotas, reportado por mensurações por telescópios, produziram evidência de sua recessão, a qual foi ainda interpretada como a expansão espacial do Universo ao longo do tempo. Tal expansão implicou que a densidade da matéria-energia contida no Universo está diminuindo a partir de uma singularidade (matemática) assintótica até seu estado atual (onde nós estamos situados) na escala temporal cosmológica. Este foi o começo da chamada “teoria do Big Bang”, que obteve décadas mais tarde o status de “modelo cosmológico standard”, fazendo um uso completo do conhecimento acerca da matéria em estados de densidade extremamente alta, que correspondem aos domínios explorados independentemente até então pela Física Quântica (da estrutura dos átomos e núcleos até a física das altas energias). Essa “junção do telescópio e do hipermicroscópio que olham para o mesmo objeto no espaço”, apesar da riqueza de sua união dos modelos standards da cosmologia e da física quântica de partículas e campos e apesar da coerência da concepção apresentada, deixa sem resolver muitos problemas físicos e conceituais. Entretanto, apesar dessas obscuridades remanescentes, a cosmologia se caracteriza na escala temporal por dois períodos principais, muito diferentes por suas durações e seus ritmos de transformação dos estados físicos, inversos um do outro, assim como por seus conceitos e teorias físicos adequados. Esses períodos são a Fase ou Era Primordial ou Quântica, extremamente curta e variada, governada pela Teoria Quântica (desde um tempo cosmológico $t_U \geq t_{\text{Planck}} = 10^{-43}$ s, até t_U = poucos minutos), e a Era espaço-temporal ou gravitacional, governada pela teoria da relatividade geral (que se estende de $t_U = 300\,000$ anos até o presente, $t_U = 13,7 \cdot 10^9$ bilhões de anos, isto é, sobre quase a escala completa de tempo, e com nenhum limite previsto para o futuro). Essas eras são separadas por um intervalo de “épocas obscuras” ao final do qual a radiação emitida no final do primeiro período pode finalmente escapar à matéria densa e ficar livre no espaço vazio agora suficientemente alargado do Universo: essa radiação fóssil é o único testemunho detectável por observação de todos os eventos cosmológicos precedentes. Refletiremos por meio de análise conceitual os modos pelos quais ambas as fases cosmológicas principais implicam ou não as ideias de necessidade e acaso. Ao estabelecer a diferença entre elas, prestaremos particular atenção aos problemas de transição da primeira para a segunda fase, final, que implica a constituição ou emergência do espaço físico enquanto distinto dos corpos materiais, e uma “decoerência” dos estados quânticos em nível cósmico.

Sales Lima, José Ademir (Departamento de Astronomia - Instituto de Astronomia e Geofísica – Universidade de São Paulo): “The accelerating universe: Dark energy, alternative models, and the epistemology of Lakatos”.

We are experiencing a period of extreme intellectual effervescence in the area of cosmology. A huge volume of observational data in unprecedented quantity and quality and a more

consistent theoretical framework propelled cosmology to an era of precision, turning the discipline into a cutting-edge area of contemporary science. In 1998, observations with type Ia Supernovae (SNe Ia) showed that the Universe is accelerating, a surprising discovery for astronomers and cosmologists. Actually, since gravity is an attractive force, the natural expanding state should be a decelerating Universe, the traditional standard model until 1997. A possible explanation is the presence of a new substance in the Universe (in addition to **Dark Matter**), usually dubbed **Dark Energy** whose top ten candidate is the cosmological constant, Λ . Identifying the true cause of this acceleration is the most fundamental problem in the area. As in the scientific renaissance, the solution will guide the course of the discipline in the near future and possible answers (whether dark energy, some extension of general relativity or an unknown mechanism) should also advance the development of physics. In this context, an overview of the main theoretical and observational results, as well as some alternatives to the Λ CDM model will be given. Finally, a short discussion of these research lines within the framework of Lakatos epistemology will also be presented.

Szapiro, Aníbal (Conicet-Universidad de Buenos Aires): “El papel de los conceptos astronómicos en los debates sobre la posición de la Tierra”.

Durante más de mil quinientos años una única prueba astronómica fue utilizada para respaldar la hipótesis de que la Tierra se encontraba en el centro del Universo. Si bien dicha prueba tuvo muchas y muy variadas formulaciones, la más completa fue realizada por Claudio Ptolomeo en el *Almagesto* [1.5; Hei 1, 17]. En este trabajo analizaré las principales características de la formulación ptolemaica y presentaré las distintas respuestas heliocentristas esgrimidas durante la Modernidad. Sostendré que su rechazo completo y definitivo (realizado por primera vez por Galileo Galilei) requirió de cambios en el significado de los conceptos astronómicos utilizados en ella que, hasta ese momento, habían operado siempre como *caballos de Troya* del geocentrismo. Sugeriré, por último, que los cambios en los significados de dichos conceptos en el siglo XVII se encuentran en total consonancia con cambios socioculturales del período.

Tossato, Claudemir Roque (Departamento de Filosofia – Universidade Federal de São Paulo): “Brahe e Kepler: O desenvolvimento do copernicanismo”.

Nicolau Copérnico propôs no século XVI hipóteses astronômicas que puseram em questão as concepções cosmológicas de sua época. Contudo, somente a estipulação das hipóteses de mobilidade da Terra e centralidade do Sol e o tratamento matemático desenvolvido por Copérnico no *De revolutionibus* não foram suficientes para que o heliocentrismo copernicano fosse visto como um substituto para a astronomia ptolemaico-aristotélica. Inicialmente, essas novas propostas ficaram restritas apenas à elaboração de tabelas mais precisas para o mapeamento dos movimentos dos planetas. O desenvolvimento astronômico do heliocentrismo não foi feito por Copérnico. Para que as hipóteses de Copérnico adquirissem o status de uma proposta de pesquisa interessante e progressiva foi necessário operar uma renovação nas bases epistemológica e metodológica da astronomia. Tal renovação foi feita em grande parte pelos trabalhos de Tycho Brahe e Johannes Kepler. O aspecto central no desenvolvimento da astronomia heliocêntrica deveu-se fundamentalmente ao aperfeiçoamento das técnicas de observação do céu e no tratamento metodológico *a posteriori* dado para a aquisição de conhecimentos da ciência astronômica; aliado a isto, está o novo tratamento matemático operado por Kepler para o desenvolvimento das hipóteses copernicanas. Tendo isso em vista, o objetivo de meu trabalho é uma apresentação de dois pontos centrais para a consolidação da astronomia heliocêntrica no final do século XVI e início do XVII. O primeiro trata da importância que as novas técnicas de observação astronômica, elaboradas e aperfeiçoadas por Brahe e utilizadas em larga escala por Kepler, teve para sustentação da astronomia copernicana como um programa de pesquisa altamente interessante e progressivo; em outras palavras, o desenvolvimento técnico das observações do céu representou um elemento extremamente forte para o desenvolvimento do heliocentrismo. O segundo ponto é o tratamento matemático kepleriano para a astronomia, que tem suas consequências na defesa do copernicanismo. Em linhas gerais, o tratamento matemático de Kepler na *Astronomia nova* não tem um caráter *a priori*, mas centra-se na necessidade de um desenvolvimento matemático voltado para ser a expressão das informações dadas pelos dados observacionais.