



## PERSPECTIVAS DE LA FÍSICA DE ALTAS ENERGÍAS EN LA REGIÓN ANDINA

Galileo Violini  
Director Alterno  
Centro Internacional de Física

**Antes, nadie hubiera discutido que los países andinos permanecieran por fuera de ciertos campos y disciplinas del conocimiento, por ejemplo de la física de altas energías. Según el autor, en la actualidad existen razones de índole científica, técnica y económica para pensar todo lo contrario.**

**N**O HAY DUDA DE QUE LA REGIÓN ANDINA ha experimentado durante la última década un importante progreso en numerosos sectores de la física. He tenido la oportunidad de escribir sobre el estado, problemas y perspectivas de la física en nuestro continente, con ocasión de dos reuniones de la Academia de Ciencias del Tercer Mundo (TWAS), y a esos artículos<sup>1,2</sup> se puede remitir quien desee mayores detalles. Aquí quisiera limitarme a recordar algunos de los puntos presentados en la segunda de esas reuniones, la Asamblea de Caracas de la TWAS<sup>2</sup>.

En términos generales, aunque con algunos innegables elementos de preocupación, se observa que durante los últimos veinte años se ha registrado un aumento del número de publicaciones en física, de los investigadores, de las reuniones y cursos de carácter regional y subregional; reflejo de esta situación es el hecho de que después de casi un cuarto de siglo haya sido posible reanudar en julio de 1991 la serie de Congresos Latino-Americanos de Física.

Este progreso lleva a poner en nuevos términos el problema de las

actividades en ciencia aplicada y tecnología dado que permite proponer con credibilidad la realización de programas anteriormente impensables. Como ejemplo, quisiera mencionar el interés con que se está considerando en muchos de nuestros países la idea de establecer incubadoras de industrias con base tecnológica<sup>3</sup>. Sin embargo, esto no debe hacernos olvidar la existencia de unos problemas estructurales, cuya solución es urgente, y de los cuales uno de los más importantes es, a mi modo de ver, el insuficiente desarrollo de la física experimental con respecto a la teórica. Baste con recordar por ejemplo cómo en Argentina, Brasil y México, en física nuclear el número de físicos teóricos y experimentales es aproximadamente el mismo<sup>4</sup>.

Las razones de este atraso en el área experimental son múltiples y existen iniciativas para mejorar la situación. De todas formas, es indudable que ésta ha sido una de las causas que han dificultado el desarrollo de una actividad seria en física experimental de altas energías en el continente (y en particular en la región andina) ya que en el marco del mencionado menor desarrollo relativo de la física experimental en general ha sido demasiado fácil rechazar la posibilidad de que América Latina se involucrara en activida-

des experimentales en altas energías y sugerir más bien que dirigiera su atención a problemas que serían, o que se afirma que serían, más relevantes para nuestro desarrollo económico y social.

También se ha subrayado la no existencia de una masa crítica que permitiera desarrollar de manera estable este tipo de investigación. Hoy en día, sin embargo, el punto de vista de que no se debe hacer física de altas energías se está volviendo muy difícil de defender, y esto por muchas razones.

Ante todo, los jóvenes científicos que han realizado en el exterior sus estudios de doctorado han mantenido a menudo una fructífera conexión con los laboratorios en que se formaron. Esto ha contribuido a ejercer presión para que el resto de nuestras comunidades científicas reconociera el derecho de realizar actividades de investigación en ese sector. Al mismo tiempo en esos laboratorios se han fortalecido las políticas abiertas a recibir a nuestros científicos, siendo un típico ejemplo el de Fermilab<sup>5</sup>. Confirmando una vez más lo que dijo una vez Amos de Shalit "los científicos activos tienen siempre razón y entre más jóvenes, más razón tienen"<sup>6</sup>, esto ha llevado a hacer posible el afirmarse

de nuevas tendencias en nuestro continente.

En un primer momento esto ocurrió en Brasil y México. Recuerdo a este propósito una conversación de hace unos diez años con Tiomno y otros colegas brasileños, cuando este proceso estaba al comienzo. En esa época parecía imposible promover algo parecido en nuestra región. Sin embargo, el éxito de la experiencia brasileña, así como la realizada en México por Clicerio Avilez y sus colaboradores, ha brindado un modelo interesante para todo el continente, y hoy existen otros grupos que están siguiendo ese camino.

La posibilidad de proponer que este tipo de investigación se lleve a cabo en nuestra región ha requerido superar las barreras que mencionaba, en particular la de la masa crítica, de los costos de esta investigación y del problema de su utilidad social. Quisiera analizar un poco más en detalle la validez de estos argumentos en contra de la realización de programas de física experimental de altas energías.

El problema de la masa crítica es en gran parte cuestión de enfoque; si se subraya el ámbito nacional, es posible que no haya masa crítica, pero, como a menudo he sostenido y como reconoció Giambiagi en la apertura del Congreso de Sao Paulo, si colaboran entre ellos, nuestros países poseen masa crítica en muchísimas áreas y debemos utilizar este potencial para programas ambiciosos.

En lo que se refiere a los costos y al beneficio social que podemos esperar en correspondencia de la física teórica de altas energías, la discusión es hoy en día mucho menos superficial que hace unos años. Por un lado, es evidente que también sectores considerados tradicionalmente como no muy costosos requieren inversiones sustanciales para poder ser competitivos a nivel internacional. Citaré al respecto dos ejemplos: en

la mencionada Conferencia de Caracas, Miguel Octavio subrayó esta exigencia en lo que se refiere al campo de la superconductividad<sup>7</sup> y, en la primera sesión del Congreso de Sao Paulo, Andrés Kreiner hizo lo mismo hablando de la investigación en el Tandar<sup>4</sup>.

Correspondientemente, se ha ido entendiendo que la posibilidad de realizar investigación experimental en altas energías requiere solamente que se cubra la parte de costos relacionada

También se ha enriquecido mucho la comprensión de qué utilidad social debemos demandar y esperar de la inversión en ciencia. Quisiera recordar a este propósito un artículo de hace dos años, en el cual M. Singham<sup>9</sup> planteaba serias dudas sobre la validez de las políticas orientadas hacia la promoción de la llamada ciencia "útil", en contraste con la "inútil", donde estos dos términos son, respectivamente, sinónimos de ciencia aplicada y ciencia básica. En efecto, es un he-



*Científicos colombianos, hacen investigación en el Laboratorio de Fermilab.*

con los detectores y la participación en los experimentos, ya que el costo de los aceleradores no recae sobre los grupos de usuarios y está a cargo de países industrializados. Esto permite participar activamente en los experimentos, ya que todos los laboratorios practican una política de puertas abiertas a la colaboración con instituciones de todos los países, basada en la calidad científica e independiente de si compartieron los costos de construcción de las máquinas<sup>8</sup>. Así, la afirmación según la cual esta física sería demasiado costosa no pasa de ser un lugar común que no puede tener mayor peso.

cho que la investigación experimental en altas energías *puede generar* una significativa demanda industrial y resultados aplicados, así como que la experiencia que se adquiere con ella se puede transferir a sectores de gran utilidad.

Todas estas consideraciones han contribuido a despejar el terreno para que la decisión sobre si hacer o no física de altas energías se condujera a terrenos distintos y se apreciaran en todo su valor argumentos como los que a menudo ha usado León Lederman<sup>10</sup> y que recuerdo haber oído de él por primera vez hace unos diez años, en el Sim-

posio de Bogotá, donde propusimos la creación del CIF (Centro Internacional de Física). Según ese argumento, que recuerda mucho la famosa frase que el Presidente Sarmiento pronunció durante la inauguración del Observatorio de Córdoba<sup>11</sup>, "países que quieran tener un nivel cultural avanzado no pueden renunciar a ofrecer a sus ciudadanos la posibilidad de enriquecer su cultura, negándoles el acceso a la investigación de frontera".

Quisiera concluir esta introducción con algunos comentarios sobre la financiación de este tipo de física. No creo útil para nuestra ciencia desgastarnos en discusiones sobre si los costos de esta física son especialmente elevados o no, a parte que comenté que este no es el

rencia de Caracas, la de nuestros mejores "matching funds", es decir la capacidad de nuestros científicos.

Me parece increíble que debemos preocuparnos por los costos de la ciencia, sin notar cómo los costos directos e indirectos de la fuga de cerebros son infinitamente mayores a las inversiones que podrían reducirla significativamente, si no eliminarla<sup>12</sup>.

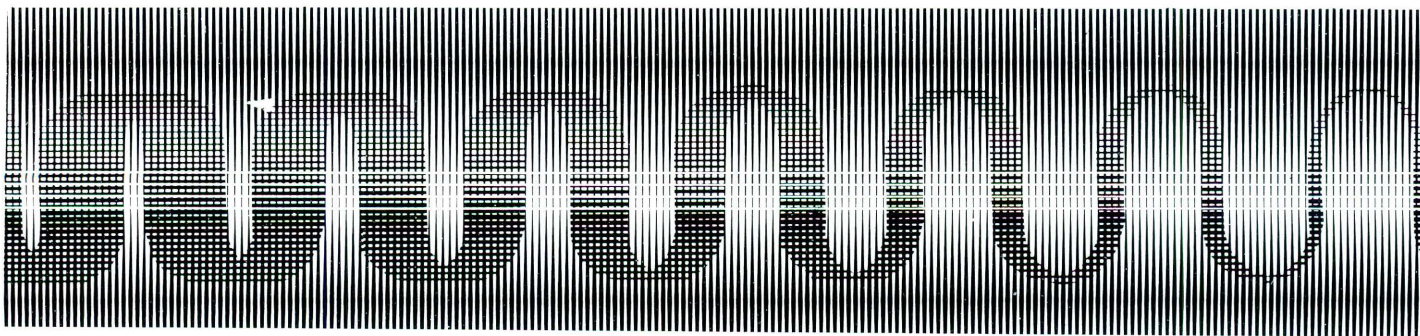
### FISICA DE LAS ALTAS ENERGIAS EN LA REGION ANDINA

En la región existen numerosos grupos activos tanto en física teórica como experimental. En Venezuela hay una actividad teórica importante<sup>13</sup>. En Colombia se encuentran varios grupos activos y es-

científicos que pueden constituir núcleos para su futuro desarrollo. Aun cuando no siempre estos núcleos han logrado obtener el necesario reconocimiento institucional en sus respectivos países, es indudable que van adquiriendo un peso creciente.

En Colombia el grupo más importante se encuentra en la Universidad de los Andes, el cual ya ha participado en un experimento en Fermilab<sup>16</sup> y ahora acaba de entrar en otro. Ecuador tiene un grupo en la Universidad de San Francisco de Quito, también muy activo en Fermilab.

Fermilab, sin duda alguna, ha jugado un papel fundamental para la apertura de posibilidades de investigación para nuestros científicos. Durante un largo período el número de



caso. Debemos más bien preguntarnos si nuestros países financian adecuadamente la investigación en general. Es innegable que los porcentajes del PNB que se le dedican son muy bajos, y a esto hay que agregar que, en términos absolutos, tampoco podemos comparar nuestros PNB con los de los países avanzados. Por lo tanto, la meta del 2.5-3% del PNB a la cual se hace referencia a menudo puede tan sólo representar una exigencia mínima. Sin embargo, es cierto que ya esta meta mínima permitiría participar sin mayor problema en programas internacionales de investigación avanzada. Para ello, de todos modos, nuestro mayor componente de participación será, utilizando las palabras de Claudio Teitelboim en la Confe-

to ha permitido realizar una escuela de física teórica, que llegó a la séptima edición. En la última hubo 129 participantes<sup>14</sup>, de los cuales alrededor del 70% tienen intereses en altas energías.

La investigación en física teórica de altas energías en los demás países andinos es mucho más limitada y está casi que exclusivamente localizada en Perú, donde se puede recordar la labor de Eduardo Ugaz. Esta actividad regional en física teórica puede ampliarse y enmarcarse en un contexto continental, si se fortalece la Red de Fenomenología que ha nacido recientemente<sup>15</sup>.

### LA FISICA EXPERIMENTAL

En este sector se encuentran algunos grupos activos y varios

investigadores que trabaja en ese laboratorio ha sido significativo<sup>16</sup> y la calidad de su participación en los experimentos ha ido en aumento. Al lado de la tradicional participación en el análisis de los datos, están dándose con creciente frecuencia casos de participación en otras etapas de los experimentos.

Prueba del progreso en esta línea de investigación en nuestra región lo constituye el hecho de que también se están abriendo posibilidades de cooperación con otros laboratorios. En el CERN en los últimos años se ha constatado una (limitada) presencia de peruanos y colombianos, estimulada también por un curso que el CIF organizó en 1988. No podría decir hasta qué punto esta presencia haya contribuido a favorecer las recientes accio-

nes para que se firme, en un próximo futuro, un convenio Perú-CERN, que con toda seguridad favorecerá un aumento de la presencia peruana en ese laboratorio.

Otros dos laboratorios que nuestra región mira con interés son SSC y TRIUMF. El primero de ellos está naciendo, mas ya se han establecido algunos contactos con el propósito de asegurar en él la presencia andina. El segundo obtuvo la aprobación del gobierno federal canadiense para crear la llamada KAON Factory<sup>17</sup>, lo cual hace muy probable el próximo establecimiento del nuevo laboratorio. De este modo TRIUMF ofrecerá una oportunidad única para investigaciones en la frontera entre las altas energías y la física nuclear.

brir estos temas, sino que también ha considerado nuevas posibilidades. La más importante es la física de altas energías sin aceleradores que aprovecha la ubicación excepcional de nuestra región para investigación en rayos cósmicos y astrofísica. Estas oportunidades pueden resultar interesantes para varios grupos activos en investigación de frontera. Así tal vez se podría llegar a establecer un laboratorio internacional en nuestra región. Con la finalidad de estudiar esta probabilidad ya se han realizado estudios preliminares sobre las características geográficas y atmosféricas de algunos lugares en Ecuador y Colombia<sup>19</sup>.

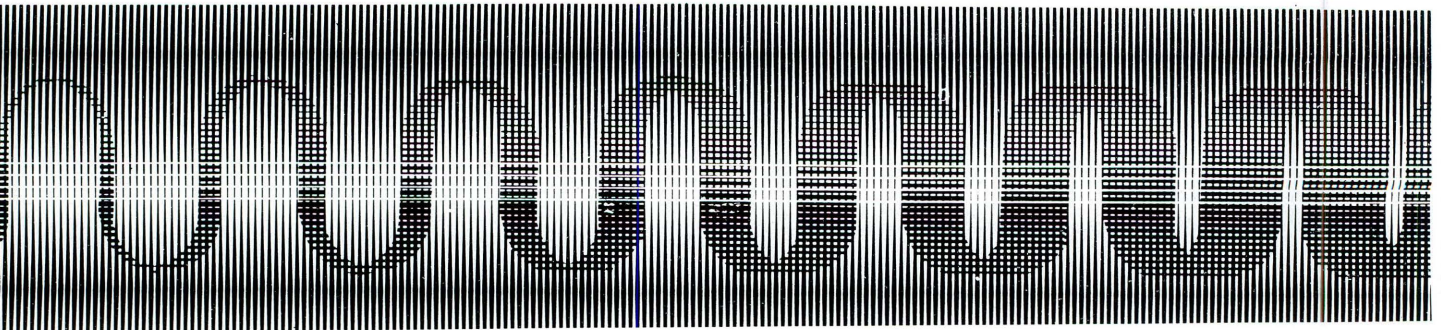
En la reunión de Bogotá también se discutió la eventualidad de

física de partículas sin aceleradores.

5. Explorar la factibilidad y oportunidad para mejorar significativamente las capacidades de cálculo.

El comité ya se ha reunido dos veces (en Fermilab y TRIUMF) y se prevé que tenga una tercera reunión en Madrid, para finalmente presentar su informe conclusivo con ocasión del V Simposio Panamericano sobre Cooperación en Física Experimental que se realizará en Cartagena durante el segundo semestre de 1992.

Es un programa ambicioso pero al alcance de nuestra región, si ella actúa de manera integrada y coordinada, como todos estamos convencidos que es necesario.



Aunque estas posibilidades son de gran interés para nuestra región, debemos evitar que nuestros jóvenes investigadores participen en esos programas como inmigrantes no calificados, como una mano de obra barata. Para lograrlo es imprescindible que la participación andina sea coordinada. En este sentido es importante que los jóvenes que vayan a esos laboratorios sin doctorado logren obtenerlo.

Esta exigencia de coordinación regional ha sido una de las principales razones que ha llevado al CIF a convocar una reunión regional para estudiar la factibilidad de crear un Programa Andino en Física Fundamental.

La reunión ha sido muy positiva<sup>18</sup> ya que no se ha limitado a cu-

utilizar la experiencia en física experimental de altas energías para aplicaciones en biología y medicina.

Como resultado importante de esta reunión se creó un comité con las siguientes funciones:

1. Explorar las posibilidades de aumentar la presencia andina en los laboratorios avanzados.
2. Negociar con estos laboratorios las modalidades de esa presencia.
3. Discutir con las agencias de los gobiernos andinos la participación de sus científicos en esas actividades.
4. Estudiar la factibilidad de establecer un laboratorio internacional ecuatorial para astrofísica y

## ECOS DEL CONGRESO DE SAO PAULO

Para concluir estas consideraciones es oportuno mencionar algunos elementos que surgieron durante la discusión que tuvo lugar en el Congreso de Sao Paulo.

Hubo preguntas, o mejor dicho comentarios, que rechazaron la oportunidad de este tipo de física en nuestra región, y tal vez los autores de esos comentarios les daban un alcance que se podría extender a todo el continente.

Se señaló que en el caso de España la participación en el CERN hubiera sido muy costosa y habría afectado el desarrollo de otros sectores de la física. Obviamente, la participación de España como

miembro a pleno título del CERN fue una decisión política cuyos beneficios en distintos niveles el gobierno español debió con toda seguridad evaluar adecuadamente, si se tiene en cuenta la cuantía de la inversión que se estaba haciendo. Sin embargo, tampoco parece cierto que el presupuesto de España para ciencia haya sufrido efectos negativos por la participación en el CERN. Insisto, además, que de todas formas en ningún momento se está planteando en América Latina, ni en la región Andina ni en otras partes, la eventualidad de una participación en los costos de gestión y aún menos en aquellos de creación de ningún acelerador. Es posible que la experiencia española no haya sido tan positiva como se esperaba en lo referente a los beneficios industriales, pero tampoco hay evidencia de que éste sea un problema característico de las altas energías.

Hubo finalmente un comentario que quisiera recordar porque aclara los términos reales de un problema que a menudo se presenta de manera equívoca, el de los costos. Los colegas brasileños informaron que durante los últimos años el costo de sus grupos, que incluyen unos veinte científicos, había sido del orden de unos cien mil dólares al año, incluyendo la inversión en cómputo. ¿Estará esta cantidad fuera de nuestro alcance? ●

#### CITAS

1. G. Violini, Status and Problems of Physics in Latin America, en Status and Problems of Science in Latin America and the Caribbean, Edts.M.L. Guardiola, J.L. Villaveces and G.Violini, Bogotá 1990, p.209.
2. G. Violini, Physics in Latin America: Problems, Perspectives and Proposals, en Proceedings of the III TWAS Conference, Edts.A.M. Hamende, M.H.A. Hassan, J.L. Villaveces and G. Violini, en publicación.
3. E. Posada et al, Incubadora de Empresas de Base Tecnológica en la ciudad de Bogotá, informe CIF (1991), y referencias citadas.
4. A.J. Kreiner (Argentina), A. Szanto de Toledo (Brasil), A. Menchaca (México), contribuciones al Segundo Congreso Latino Americano de Física, Sao Paulo 1991, no publicadas.

5. R. Rubinstein, U.S. Latin American Cooperation in Physics: The Fermilab Experience, Fermilab report (1986).
6. Citado en C. Teitelboim, The Experience of CECS, en Proceedings of the III TWAS Conference, Edts. A.M.Hamende, M.H.A. Hassan, J.L.Villaveces and G. Violini, en publicación.
7. M. Octavio, Perspectives for Solid State Physics in Latin America, en Proceedings of the III TWAS Conference, Edts.A.M.Hamende, M.H.A. Hassan, J.L. Villaveces and G. Violini, en publicación.
8. B. Gómez, J.P. Negret, S. Torres y G.Violini, High Energy Physics in Developing Countries, Problems and Perspectives, en Proceedings of CIF's Meetings on Fundamental Physics, Edts B. Gómez, J.P. Negret S. Torres y G. Violini, en publicación.
9. M. Singham, Science for developing countries, Phys.Today, 42,61,1989.
10. L. Lederman, Physics and Society, Conferencia presentada en el IV Simposio sobre Colaboración Panamericana en Física Experimental, Bariloche (1989).
11. Citado, por ejemplo, en J. Sahade, Space and Astronomical Science in Latin America, en Status and Problems of Science in Latin America and the Caribbean, Edts. M.L.Guardiola, J.L.Villaveces and G.Violini, Bogotá 1990, p.225.
12. G. Violini, Some considerations on Brain Drain (1991), en publicación; G. Violini, Brain Drain and its implications for the Policies of Higher Education (1991), en publicación.
13. C. Aragone, contribución al Segundo Congreso Latino Americano de Física, no publicada.
14. B. Gómez y R. Roldán, Informe de la VII Escuela Nacional de Física Teórica, Bogotá, 1991.
15. C. García Canal, Latin American Network of Phenomenology of the Fundamental Interactions, informe Universidad de la Plata. (1991).
16. J.P. Negret, Programa en Altas Energías, informe U. de los Andes, Informe, 1991.
17. Para una reseña de las perspectivas científicas en la KAON Factory, véase por ejemplo: Proceedings of a Workshop on Science at the KAON Factory, Edt. D.R. Gill, TRIUMF (1991)
18. Documento final de la reunión regional de Física Fundamental de Bogotá, en Proceedings of CIF's Meetings on Fundamental Physics, Edts.B.Gómez,J.P. Negret, S. Torres y G. Violini, en publicación.
19. E. Brieva, Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica 10 397, (1983); A. Villegas, Tropical Observatory Remote Site Survey Using Satellite Data, tesis,

University of Florida (1979); S. Torres, informe Andes 150-12-90 (1990); B. Hoeneisen, A site for the Cherenkov Light Ultraviolet Experiment CLUE, informe U. San Francisco de Quito (1992).

**Es un hecho que la investigación experimental en altas energías puede generar una significativa demanda industrial y resultados aplicados, así como que la experiencia que se adquiere con ella se puede transferir a sectores de gran utilidad.**

Dibujo: Joe Broderick.

