

El Mundo Físico del Niño

JEAN PIAGET

(Physics Today, Junio 1972, p. 23; traducido por Juana González Hernández* y Jesús Reyes[†]).

Los conceptos físicos que los niños desarrollan a más temprana edad, tales como "velocidad" y "acción", han demostrado ser los mismos conceptos que mejor han resistido las "revoluciones" en la ciencia.



La visión de la física que tiene el niño no es tan infantil como uno podría pensar. Por el contrario, presenta una serie de problemas que podrían interesar al historiador de la ciencia,¹ e inclusive al físico quien, comparando el estado presente de la física con etapas anteriores de desarrollo, se pregunta por qué ciertas ideas han podido resistir mejor que otras los trastornos que han ocurrido en la física desde el principio de siglo. En nuestros estudios de los niños, los he-

mos observado jugando con juguetes simples, los hemos interrogado acerca de sus percepciones y les hemos puesto problemas para que los resuelvan. De estos estudios hemos aprendido algo acerca de la manera en que la mente de un niño desarrolla conceptos matemáticos y físicos —tales como topología, velocidad, tiempo y causalidad— así como algo acerca de la naturaleza de las ideas en sí mismas.²

¿Ordenamiento histórico o lógico?

Notamos primero que, naturalmente, las explicaciones inventadas espontáneamente por los niños a menudo son similares a conceptos conocidos y abandonados hace tiempo. La "ANTIPERISTASIS", con la cual Aristóteles explicaba el movimiento de los proyectiles, es un ejemplo llamativo: Los proyectiles avanzan en vez de caer, porque el aire que desplazan los empuja por atrás. Un niño de seis u ocho años explica a menudo el movimiento de las nubes en esa forma, es decir, en términos del viento que las nubes producen al avanzar, o explica la trayectoria de una pelota en términos del aire desplazado al lanzar la pelota, el cual produce una corriente. En forma similar, encontramos que los niños inventan ideas reminiscentes de la teoría del "ímpetu" y otras teorías anteriores al tiempo de Galileo.

Pero lo que es más interesante, frecuentemente, la secuencia de estas ideas físicas o fisicomatemáticas no corresponde a su orden cronológico, es decir su orden histórico (desde los griegos hasta el presente), sino que, por el contrario, corresponde al orden lógico que relaciona lo fundamental con lo derivado. Como un ejemplo veremos ideas acerca del espacio y la geometría, que conciernen tanto a los físicos como a los matemáticos. Conocemos el orden histórico de estas ideas: Las primeras en ser desarrolladas fueron las relaciones lineales de la Geometría Euclidea (con mu-

chas primeras versiones en Egipto, entre otras civilizaciones); enseguida, comenzando con el Renacimiento y Pascal, las ideas de la geometría sólida; finalmente, y sólo tan recientemente como en el siglo XIX, hemos descubierto el papel fundamental de la topología.

Cuando vemos el orden teórico o lógico de estas ideas encontramos una progresión muy diferente: primero vienen las ideas e intuiciones de la topología (tales como "el grupo homeomórfico" y los conceptos de "vecindad" y "cerradura"); de estas ideas se llega a la geometría sólida por una parte y a conceptos generales de medición (con la geometría Euclidea como un caso especial) por la otra.

Si estudiamos la forma en que los niños desarrollan sus ideas acerca del espacio, notamos que los niños menores de 4 años, en promedio, no distinguen entre cuadrados, círculos, triángulos, etc. En sus dibujos, ellos simplemente representan todas estas figuras con curvas cerradas, aunque distinguen éstas de las figuras abiertas, tales como cruces o fragmentos de anillos. Si damos al niño muestras para copiar, tales como un círculo grande y uno pequeño en tres combinaciones —el pequeño adentro, afuera e intersectando el mayor— él, nos da tres dibujos diferentes y correctos, aunque aún es incapaz de copiar un cuadro, un círculo, etc. Sólo más tarde él desarrolla alguna comprensión de la perspectiva y la medición; aparentemente él descubre las ideas de la geometría sólida y la geometría Euclidea casi simultáneamente. El progreso del niño sigue entonces el reverso del orden histórico; conformándose más bien según el orden lógico.

Diferenciado e indiferenciado

Esta observación nos conduce a problemas más generales. Entre los conceptos de la física encontramos algunos que pueden ser divididos en dos categorías psicológicas: Aquellos conceptos que son "INDIFERENCIADOS", porque cada uno de ellos aparece como una combinación de varias ideas simples, y otros

* Nota sobre los traductores: Juana González Hernández es educadora en el Círculo Infantil de la UAP. Jesús Reyes es investigador en el Departamento de Física del Instituto de Ciencias de la UAP.

† T. S. Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions*, University of Chicago Press, 1970.

2 J. Piaget, *Scientific American*, noviembre 1953, p. 74; marzo 1957, p. 46; J. Piaget y B. Inhelder, *Child's Concept of Space*, Routledge y Paul, Londres, 1956.

que son descritos como "DIFERENCIADOS", porque ellos entran en la composición de los conceptos indiferenciados. "VELOCIDAD", por ejemplo, es una idea indiferenciada, mientras que tiempo y distancia son diferenciadas. En dinámica, "ACCION" es indiferenciada, mientras que las ideas cuantitativas acerca del movimiento, el trabajo, etc., son diferenciadas.

Estamos ahora listos para proponer este problema del desarrollo psicológico, y proponerlo independientemente del desarrollo histórico, porque hemos visto que los órdenes histórico y psicológico no son siempre el mismo: ¿Empiezan las ideas acerca del mundo físico con la elaboración de conceptos diferenciados, porque ellos son más simples, y sólo más tarde se combinan en las relaciones que forman las ideas más complejas que llamamos indiferenciadas, o, por el contrario son formados primero los conceptos indiferenciados (justificando el nombre que les hemos dado) y más tarde separados en ideas diferenciadas?

En el caso de la velocidad $V = \frac{S}{T}$ y sus dos componentes, distancia S y tiempo T , la respuesta es clara. En 1928, Einstein, presidiendo una reunión de filósofos de la ciencia en Suiza, nos aconsejó determinar si la idea de velocidad, precede psicológicamente a la de tiempo o le sigue. Después de muchos experimentos con niños muy pequeños hemos encontrado nociones tempranas acerca de la velocidad que son puramente ordinales y por lo tanto independientes de cualquiera observación de tiempo o distancia. Estas ideas intuitivas tienen que ver con "el pasar" o "el rebasar": un objeto en movimiento A está primero atrás y después adelante de otro objeto en movimiento B . Todos los niños, sin importar que tan pequeños sean, dirán que A viajó "más aprisa" que B . Claramente, esta clase de intuición está basada solamente en la secuencia de eventos ("antes" y "después") y en las posiciones relativas ("atrás de" y "adelante de") pero no en alguna evaluación cuantitativa de tiempo y longitud. Estas evaluaciones cuantitativas y su relación $\frac{S}{T}$ vienen solo más tarde. De hecho, el niño con frecuencia emplea erróneamente el concepto de velocidad, aún, cuando quiere medir longitud, mostrando una confusión entre elongación y desplazamiento.

Cuando nos volvemos hacia la dinámica, encontramos resultados similares. Relativamente pronto los niños pueden reconocer la equivalencia de dos "acciones", por ejemplo lanzar un objeto pesado desde el punto A hasta el punto B y empujar el objeto sin soltarlo, entre los mismos dos puntos, aún cuando empu-

jarlo toma más tiempo y la fuerza requerida no es ejercida toda a la vez. Hay muchas otras evidencias de ideas tempranas acerca de la acción, en el sentido físico del término. Pero solamente cuando los niños son mayores pueden desarrollar una composición elemental de fuerzas o resolver problemas simples de trabajo (por ejemplo, que subir N unidades de peso M pasos es equivalente a subir $2N$ unidades $\frac{M}{2}$ pasos). De nuevo aquí ideas indiferenciadas son aparentes antes que las ideas diferenciadas.

Estos resultados tienen un interés para los físicos que quieren relacionar los orígenes de las ideas con su sitio presente en la misma física. Ciertas ideas como hemos notado, han resistido las revolucionarias teorías científicas de la relatividad y de la mecánica cuántica, mientras que otras han sido modificadas significativamente. Resulta que las ideas que han sido más resistentes al cambio son aquellas que hemos llamado indiferenciadas: en física relativista la velocidad ha llegado a ser una especie de absoluto, con tiempo y distancia relativos a ella. En teoría cuántica, la acción ha llegado a ser un concepto fundamental. ¿Es esto por casualidad, o podemos decir que las ideas más fundamentales y por lo tanto más resistentes son aquellas más profundamente incrustadas en el desarrollo psicológico, como hemos visto que es el caso con la topología? Nosotros dejaremos a los físicos contestar esta pregunta, notando solamente que tal relación, si ella existe, es biológicamente comprensible: la formación de las ideas es ciertamente influenciada por nuestra propia estructura corporal, la cual es el asiento de la actividad humana, pero está ella misma sujeta a las mismas leyes fisicoquímicas que cualquier otro objeto material.

Explicaciones de la causalidad

Finalmente miramos el problema del desarrollo psicológico de las ideas acerca de la causalidad. Nuestra hipótesis es que analizar su formación en los niños nos permitirá aprender cosas precisas acerca de estas ideas.³ Notemos primero que las múltiples interpretaciones de causalidad pueden agruparse en tres categorías filosóficas principales:

1. Aquellas que no reconocen "resultado" ni conexión inherente entre causa y efecto sino sólo secuencias ordenadas de eventos. La impresión de

"proceso" o de conexión se debe a las asociaciones que resultan en nuestras mentes por estas repetidas secuencias ordinarias (Hume y los positivistas lógicos).

2. Aquellas que conceden la existencia de una conexión observada entre causa y efecto, como sabemos que es el caso de nuestras propias acciones personales, con una generalización de estas ideas a las acciones de los objetos sobre otros (Maïne de Biran).
3. Aquellas que conceden una conexión directa entre causa y efecto, una conexión que no es observada sino deducida lógicamente. (El racionalismo desde Descartes y Leibnitz).

Estas interpretaciones son aparentemente las únicas posibles. (Aún las ideas de A. Michotte⁴ de la "causalidad perceptual" pueden ser interpretadas en estas tres maneras. En los estudios de Michotte, de hecho nunca vemos nada transmitido entre los objetos "agente" y "pasivo"; vemos solamente que algo ha sucedido y reconstruimos el evento por medio del tipo de inferencias perceptuales analizadas por Helmholtz⁵).

Los estudios sobre la forma en la que los niños perciben la causalidad física nos parecen verificar la hipótesis racionalista y verificarla en todos los estadios. En verdad, al inicio del período sensorio-motor (a los cuatro o cinco meses), encontramos un comportamiento que puede ser descrito así; por ejemplo el infante jala un cordón que cuelga del techo de la cuna para agitar objetos colgados del techo, entonces jala el mismo cordón ya sea para mecer un objeto que cuelga a dos metros de distancia y que ha dejado de mecerse) o para hacer que continúe un silbido tras una cortina. A primera vista esta clase de comportamiento parece verificar la hipótesis de Hume (una sucesión ordenada entre alguna cosa y alguna otra cosa) tanto como la de Biran (el papel de las acciones propias al jalar el cordón, sin causalidad externa) y ninguna con exclusión de la otra.

Pero debemos tomar nota especial de la clase de comportamiento que aparece entre los seis y los diez y ocho meses. Este comportamiento es caracterizado por una "especialidad" de la causalidad; el niño reconociendo causalidad en sus propias acciones, generaliza y extiende el concepto de causalidad a objetos externos a sí mismo. Las relaciones causales son ahora vistas como permanentes, mientras que a los cuatro o cinco meses

3 J. Piaget, Proceedings of the Symposium in Honor of the Fiftieth Anniversary of the Niels Bohr Institute, Copenhagen, 1970; The Child's Conception of Physical Causality, Littlefield, Adams, Patterson, Nueva York, 1970.

4 A. Michotte, Perception of Causality, Basic Books, Nueva York, 1963.

5 A. Helmholtz, Treatise on Physiological Optics (J. P. C. Southall, ed.), Dover, Nueva York, 1962, vols. 1, 2, 3.

un objeto se supone reabsorbido temporalmente cuando deja el campo de visión, y los niños muy pequeños no hacen esfuerzo alguno por encontrarlo.

Aún en el estadio sensorio-motor del desarrollo humano las ideas de causalidad se desarrollan en términos de los conceptos de espacio en el niño (que ha aprendido las reglas del desplazamiento), del tiempo (el orden en el que los desplazamientos ocurren), de la permanencia de los objetos, etcétera. En otras palabras las ideas de causalidad en el niño se desarrollan a partir de sus observaciones experimentales y construcciones inferenciales, donde las inferencias se vuelven más importantes cuando el niño crece en concordancia con la hipótesis racionalista.

Durante estadíos posteriores (de cuatro o cinco a once o doce años de edad) es notorio un desarrollo cuya significación es inmediatamente clara. Cuando los niños formulan las operaciones lógicas y matemáticas que son características del comportamiento inferencial inteligente no sólo "aplican" estas operaciones a los objetos físicos sino que también las atribuyen a los objetos cuando es posible. Los objetos son entonces transformados en "operadores" (en el sentido ordinario, no en el de la mecánica cuántica); es decir, se suponen capaces de llevar a cabo las actividades u operaciones con mucho en la misma manera que la gente lo hace, y las explicaciones de la causalidad son basadas en esta correspondencia.

Un ejemplo más bien simple, el de Trasmisión mediada del movimiento, ayudará a comprender el proceso. Se le da al niño una fila de canicas A, B, C, . . . G, con A en contacto con B, B en contacto con C, etc. Otra canica X descien- de un plano inclinado y golpea a A, la primera canica en la fila. Niños pequeños generalmente esperan que toda las canicas, A a G rodarán dispersadas y se asombran al ver que solamente G, la última canica, se aleja rodando.

Niños de cuatro a cinco años dan explicaciones fantasiosas. Ellos dicen, por ejemplo, que la canica X viaja atrás de las otras y golpea a la última. El niño de cinco y medio a seis años transforma lo que ha visto en una serie de transmisiones directas: X golpea a A, que se mueve y golpea a B, que se mueve y golpea a C, etc. Alrededor de la edad de siete u ocho años la trasmisión se vuelve indirecta o mediada: la canica X le imparte a A un "ímpetu" o "fuerza" y esta fuerza pasa a través de todas las canicas, A hasta G, y G se aleja rodando.

Pero entre las edades de seis y once años esta trasmisión aunque claramente "mediada", en el sentido que se su-

pone que los miembros intermedios transmiten el movimiento a través de sí mismos, permanece al menor parcialmente "externa", aun se supone que cada canica A a G es puesta en movimiento por un ligero e invisible empujón de su vecina. El sujeto joven mantiene ésta creencia, aun cuando sostenga las canicas o monedas con sus dedos y observe evidencia de lo contrario. No es sino hasta que el niño ha alcanzado la edad de once o doce años que su comprensión de la trasmisión se vuelve totalmente interna y no más parcialmente interna y parcialmente externa; él tiene entonces la idea de trasmisión de energía por impulsos moleculares o vibraciones y no cree más en empujones por los vecinos.

Lo que nos interesa en todo este comportamiento es el inicio del concepto de trasmisión mediada y la razón por la cual éste aparece a la edad de siete u ocho años. La razón por la que aparecen a esta edad parece clara: Sólo a esta edad empiezan los niños a comprender la propiedad matemática de "transitividad": $a = c$ si $a = b$ y $b = c$. Antes de los siete u ocho años los niños no pueden concluir que $a = c$ a menos que vean juntas a a y c . Una vez que la transitividad es apreciada se atribuye a las canicas. Cada canica trasmite a la siguiente el empujón que ha recibido, como b trasmite la igualdad de a a c .

¿Qué podemos decir de la trasmisión puramente interna que empieza a los once o doce años de edad? Hasta esta edad la transitividad se aplica solamente a equivalencias o diferencias macroscópicas (es decir, a relaciones físicamente observables) y no aún a equivalencias o diferencias inferidas, como estudios recientes han demostrado.

Acción y reacción

Los conceptos de "acción" y "reacción" proveen un segundo ejemplo de las ligas entre el desarrollo de las operaciones lógico-matemáticas y el de la causalidad. Cuando una bola en movimiento A golpea a otra estacionaria B haciéndola que se mueva, el niño rápidamente aprende a predecir que mientras más pesada es A tendrá mayor fuerza y empujará más a B. Pero si hacemos B más pesada los sujetos más jóvenes también piensan que se moverá más porque es más fuerte. De acuerdo a ellos esta fuerza o peso se añade al peso de A, reforzando su efecto. Sin embargo la mayoría de los niños de cinco y medio a seis años de edad ya predicen que una bola B más pesada "restringe" el efecto de A; este comportamiento es una idea temprana del concepto de resistencia. Pero los niños están

aún muy lejos de ver esta resistencia como una "reacción" en el sentido de una fuerza dirigida y opuesta a la de A; sus ideas conciernen solamente con el frenado o pérdida de velocidad.

En un experimento llevado a cabo hace algunos años (en colaboración con Bärbel Inhelder) usamos un tubo en forma de U lleno en 3/4 partes y con un pistón que presionaba hacia abajo en la rama derecha del tubo. Los niños hasta la edad de nueve o diez años predecían que si incrementábamos el peso del líquido del lado izquierdo (cambiando a un líquido de mayor densidad) el líquido de la izquierda subirá a un nivel más alto. De nuevo aquí los niños ven el peso del líquido como añadiéndose al peso del pistón para incrementar su efecto. Sólo a la edad de once o doce años entienden los niños que este incremento en el peso del líquido como causante de una reacción opuesta a la dirección de la acción del pistón.

En un estudio más reciente, hecho en colaboración con Gilbert Voyat, les dimos a los sujetos un pedazo de arcilla de modelar. El experimentador empujaba con una barra de metal con un disco sujeto a su extremo, mientras que el niño hacía lo mismo en su lado, la cuestión era: ¿Insertará alguno de los dos su barra más que el otro y si es así cuál de los dos? Niños de hasta once o doce años naturalmente respondían que el adulto es más fuerte e insertará más a su barra. Pero a partir de los once o doce años empezamos a obtener elegantes explicaciones: Cuando tú empujas con fuerza yo resisto con fuerza y cuando yo empujo con suavidad tú resistes con suavidad, así que tenemos compensación.

¿Por qué la comprensión del efecto de reacción llega tan tarde? La explicación es que el fenómeno "reacción" es de hecho un grupo de cuatro operaciones (un grupo Kleiniano).

- Una operación directa: incremento en la acción.
- Una operación inversa: decremento en la acción.
- Una operación recíproca: incremento en la reacción.
- Una operación correlativa o dual de la operación directa; inversa de la operación recíproca: decremento en la reacción.

El entendimiento del niño de las operaciones lógicas y proposicionales no incluye una comprensión de estas inversiones coordinadas y reciprocidades hasta que tiene once o doce años, explicando su atribución retrasada de ellos a la causalidad física.

Podríamos citar muchos otros casos de operaciones lógico-matemáticas cuya comprensión en los niños llega más bien

Autores y colaboradores

tarde, de tal manera que un retraso similar ocurra en la comprensión de los mismos en términos de causalidad. La distributividad, $n(x + y) = nx + ny$, es una de esas operaciones. Al explicar, por ejemplo, la elongación de una banda de hule los niños fallan persistentemente en comprender la distributividad del estiramiento; confunden la elongación de los objetos y partes de objetos con su desplazamiento. Esta confusión también es evidente cuando mostramos al niño dos reglas y movemos una de ellas, la regla desplazada supuestamente se elonga, lo que muestra que los niños persistentemente creen en la no-conservación de la longitud.

Así pues, existe un notable parentesco entre el desarrollo de las operaciones lógico-matemáticas en la mente de un niño y su desarrollo de explicaciones causales para los fenómenos físicos, y existe por dos razones independientes: ambas clases de entendimiento están caracterizadas por ciertos "procesos", porque las operaciones transforman sus objetos en la misma manera que lo hacen las causas, y ambas involucran conservación o invariancia. Las operaciones no transforman todo a la vez sino que siempre dejan ciertas propiedades invariantes mientras que modifican otras. De la misma manera la causalidad implica una transmisión que conserva alguna cantidad (como mv ó $mv^2/2$) mientras modifica otras.

Dado éste paralelismo general entre las varias combinaciones y coordinaciones de operaciones intelectuales (tales como la transitividad, distributividad, grupos de transformaciones) es natural "atribuirlas" y no solamente "aplicarlas" a los objetos. En otras palabras, tenemos aquí ni simplemente la elaboración de un lenguaje, como al positivismo lógico le gustaría hacernos creer, ni el uso de modelos simples convenientes pero subjetivos. Más bien lo que vemos es una búsqueda inexhaustible de las estructuras objetivas que están ocultas bajo los observables, que nuestras coordinaciones lógico-matemáticas tratan de alcanzar deductivamente y cuyos resultados son entonces confirmados por la experiencia.

La causalidad nunca es una relación visible sino siempre, de la infancia a las más altas formas del pensamiento científico, una reconstrucción inferencial. Comprensiblemente el único medio de explicación a nuestra disposición es una atribución continua de nuestros propios procesos mentales a análogos que creemos encontrar de nuevo en el mundo real.

Mauricio Bauchot, Doctor en Filosofía, realizó sus estudios en México y en Suiza (Friburgo). Investigador en el Instituto de Investigaciones Filosóficas de la UNAM. Profesor de la División de Estudios de Postgrado de la Facultad de Filosofía y Letras de la UNAM. Ha publicado: ELEMENTOS DE SEMIOTICA (UNAM 1979), LA FILOSOFIA DEL LENGUAJE EN LA EDAD MEDIA (UNAM 1981), EL PROBLEMA DE LOS UNIVERSALES (UNAM 1982) y prepara junto con Walter Redmond un estudio sobre la Lógica en México.

Martín Marino Dávila Jiménez. Comienza sus estudios como Químico en la Escuela de Ciencias Químicas de la UAP para obtener su Licenciatura en Química en la especialidad de Electroquímica en la Universidad Estatal de Moscú "M. V. Lomonosov" siendo distinguido con Diploma con Mención Honorífica. Maestro de tiempo completo en la Escuela de Ciencias Químicas de la UAP, responsable del proyecto "Creación del Laboratorio de Investigación de Electroquímica", recientemente aprobado por la SEP y miembro de la Mesa Directiva de la Sociedad Mexicana de Electroquímica.

Deborah Dultzin Hacyan. Obtiene la licenciatura en Física en la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México, realizando sus estudios de postgrado en la Universidad Estatal de Moscú "Lomonosov" y en el Observatorio Astronómico Sliternberg. Especialista en astrofísica relativista e investigadora en el Instituto de Astronomía de la UNAM y profesora de asignatura en la Facultad de Ciencias de la UNAM.

María de la Paz Elizalde González. Titulada en Química por la Escuela de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Puebla. Realiza estudios de Postgrado en la Universidad Estatal de Moscú "M. V. Lomonosov" donde obtiene su Doctorado en la especialidad de Físico-Química realizando una estancia postdoctoral en la misma institución. Investigadora de tiempo completo del Departamento de Físico-Química del Instituto de Ciencias de la UAP, titular de la Maestría en Química del mismo departamento y profesora de la Escuela de Ciencias Químicas de la UAP.

Rodrigo Huerta. Maestría y Doctorado en el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. Realizó su postdoctorado en el Stevens Institute of Technology, Columbia University y en el Fermi National Accelerator Laboratory. Área de especialidad en Física de Partículas

Elementales de Interacciones Débiles, estructura y conexión con las demás interacciones. Investigador de tiempo completo en el Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN.

Jean van Heijenoort. Fue Profesor en la Universidad de Harvard y es especialista en Historia de la Lógica Contemporánea.

María Eugenia Mendoza Alvarez. Obtuvo su licenciatura en Química en la Escuela de Ciencias Químicas de la UAP y realiza actualmente su Doctorado en Química en el Laboratorio de Química Aplicada de la Universidad de Ginebra.

Ella Nathan Bravo. Maestría en Filosofía por el Instituto de Investigaciones Filosóficas de la UNAM donde actualmente es investigadora y su campo de trabajo se ubica en la Historia de la Ciencia, siglo XVII.

Jean Piaget. De los más importantes Psicólogos contemporáneos realizó contribuciones fundamentales al desarrollo de la psicología infantil.

Edward P. Tryon. Es profesor de Física en el Hunter College y en el Graduate Center of the City University of New York, EUA.

Lourdes Rensoli Laliga. Historiadora de la Ciencia, es investigadora de la Facultad de Filosofía e Historia de la Universidad de La Habana, Cuba.

Juan José Rivaud. Doctorado en Matemáticas (Ph. D.) por la Universidad de Northwestern, EUA. Área de trabajo: análisis. Profesor titular del Departamento de Matemáticas del Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN.

Luis Rivera Terrazas. Ha trabajado en el Instituto de Astronomía de la UNAM, en el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica de Tonanzintla. Fue Director de la Escuela de Físico Matemáticas de la Universidad Autónoma de Puebla y Rector durante dos períodos de la misma universidad. Fue Director del Instituto de Ciencias de la Universidad Autónoma de Puebla y actualmente es coordinador del Departamento de Física de dicho Instituto. Doctor Honoris Causa de la Universidad Autónoma de Sinaloa y candidato al Doctorado Honoris Causa de la UAP.

Cristóbal Tabares Muñós. Obtuvo su grado de Maestría en la Universidad de Amistad de los Pueblos "Patricio Lumumba". Fue investigador en el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica de Tonanzintla. Actualmente realiza su Doctorado en el Laboratorio de Química Aplicada de la Universidad de Ginebra.