

Intermedio Filosófico IX

“El que no está conmigo, está contra mí.”

Mateo 12, 30

*“Solo se ve bien con el corazón.
Lo esencial es invisible a los ojos.”*

Antoine de Saint Exupery – *“El Principito”*

PUNTOS DE VISTA

Es muy difícil permanecer indiferente frente a la revolución filosófica que generó la Relatividad Especial. Por lo tanto, llegado a este punto de mis desarrollos, el lector ya debe tener su propia postura frente a lo que podríamos llamar la visión relativista del Universo.

Dejando de lado opiniones políticas como las que dieron lugar al libro “100 científicos contra Einstein” (aparentemente promocionado por Hitler, aunque nunca tuve acceso a un original), la Relatividad como teoría científica y filosófica ha generado diferentes reacciones, algunas emocionales y otras racionales.

A través de diferentes lecturas e intercambios de opiniones, tanto entre profesionales físicos o profesionales de otras ramas, he encontrado cuatro grupos principales de personas.

- **Grupo 1.**- Aceptan la Relatividad, convencidos de que es uno de los máximos logros del Sentido Común, y niegan por completo la existencia de paradojas en la teoría. Por supuesto éste es el grupo principal de los involucrados en el tema.
- **Grupo 2.**- Aceptan la funcionalidad de la Relatividad Especial, usan sus ecuaciones regularmente y no pretenden discutir los conceptos pues creen que es un tema muy espinoso o que ya fue debatido y superado. Y, después de todo, si las ecuaciones funcionan para qué preocuparse si involucra paradojas o no. Es el grupo pragmático. Tan numeroso o más que el primero.
- **Grupo 3.**- Niegan por completo la validez de la Relatividad. Tratan a Einstein como uno de los mayores farsantes de todos los tiempos y dicen que la relatividad está plagada de paradojas. Hasta niegan la validez de las transformadas de Lorentz. Es sorprendente lo numeroso que es este grupo. Algunos afirman que Einstein robó sus ideas a otros físicos (incluida su primera esposa).
- **Grupo 4.**- Absolutamente minoritario (seguramente son muchos más, pero no llegan a 10 los que yo he identificado en esta postura). Creen en la validez de las ecuaciones, pero no están de acuerdo con la interpretación que se hace de ellas “oficialmente”.

Casi todos los integrantes del **Grupo 4** y algunos del **Grupo 3**, creen tener una solución alternativa.

Pero cada uno tiene la suya propia. ☹

Como habrán advertido los lectores de este sitio, pertenezco al **Grupo 4**. Pero, al igual que los otros integrantes de este grupo, obtuve esta ubicación luego de convencerme, con mucho esfuerzo, que no puedo formar parte del **Grupo 1**.

Mi experiencia al dialogar con integrantes de los otros Grupos es la siguiente:

- Con los integrantes del **Grupo 3** yo no consigo dialogar. Me pasa lo mismo que cuando he tratado de dialogar con astrólogos, videntes o Ufólogos. No existe base común de diálogo.
- Los integrantes del **Grupo 2**, por definición, no discuten fundamentos o conceptos.
- Con los integrantes del **Grupo 1** he mantenido largas y constructivas charlas (al menos así fueron para mí). Sin embargo nunca, ninguna de las partes logró convencer a la otra. Conozco casos donde estas discusiones (seguidas en foros de Internet) han terminado con insultos recíprocos. No es mi caso. Yo no puedo enojarme con alguien que cree racionalmente cosas diferentes a las que yo creo. Sólo pensamos distinto y empleamos modelos diferentes.

EJEMPLOS

Para entender el tipo de enfoques incompatibles entre integrantes del **Grupo 1** y del **Grupo 4**, es válido emplear un ejemplo clásico relacionado históricamente con la relatividad.

La inmovilidad de la Tierra

En épocas de Galileo se suponía que existía una prueba irrefutable de la inmovilidad de La Tierra: “Las piedras que se dejan caer desde lo alto de una torre siguen un camino perfectamente vertical hasta el pie de las mismas”.

Ahora “sabemos” que la Tierra no está inmóvil y que el recorrido de la piedra tiene que ver con la ley de inercia, pero analicemos este ejemplo, con algún detalle, empleando supuestos observadores con modelos (paradigmas) diferentes:

- El observador **A** es Aristotélico. Cree que para que un objeto permanezca en movimiento es necesario aplicarle un impulso permanentemente. Los carros tirados por un caballo son un ejemplo ideal de este fenómeno.
- El observador **B** cree en la ley de Inercia: Todo objeto no sometido a acciones externas mantiene su estado de reposo o movimiento uniforme.

Los dos observadores están de acuerdo en que la piedra arrojada desde la torre cae EXACTAMENTE al pie de la misma (en realidad hay efectos de segundo orden pero son irrelevantes para el ejemplo).

El Observador **A** considera que este resultado sólo puede explicarse si la Tierra está inmóvil. En otro caso, cuando la piedra abandona la mano, deja de recibir el impulso de ésta y por lo tanto debería retrasarse con respecto al movimiento terrestre.

***Nota:** Conviene recordar que los puntos situados en el ecuador recorren (como consecuencia de la rotación terrestre) unos 40,000 Km por día, lo que equivale a unos 460 metros por segundo.*

Para el observador **B** el resultado no demuestra nada pues la ley de inercia se cumple tanto si la torre está en movimiento como si está detenida. Y en ambos casos la piedra debe caer al pie de la torre.

Excepto que alguno de los observadores cambie su paradigma (impulso permanente o ley de inercia) es imposible que se pongan de acuerdo. Y cambiar de paradigma es una tarea muy difícil para un individuo formado en una determinada escuela de pensamiento.

La Paradoja de los Gemelos

Como ejemplo de discusión típica entre integrantes del **Grupo 1** del **Grupo 4**, puedo (debo) citar la famosa Paradoja de los Gemelos.

Tanto el observador **OG1** (Observador **Grupo 1**), como el observador **OG4** (Observador Grupo 4) están de acuerdo en que el Gemelo viajero retorna más joven que el Gemelo que permaneció estacionario. Sin embargo, como en el ejemplo de la piedra y la torre, la interpretación de este resultado es totalmente diferente.

Para ser más específico voy a reducir el ejemplo a su mínima expresión y luego voy a simular la típica discusión subsiguiente:

Ejemplo simple:

- Disponemos de un sistema inercial lo bastante largo como para realizar todas las experiencias que creamos convenientes.
- Los dos Gemelos (**GemeloA** y **GemeloB**) se encuentran separados por una distancia considerable.
- Ambos gemelos sincronizan sus relojes mediante el método de Einstein, de modo que están conformes tanto con la lectura inicial de sus relojes como con el ritmo de marcha de los mismos.
- En un determinado momento (para el que se han puesto de acuerdo ambos Gemelos), **GemeloB** parte en dirección a **GemeloA**, alcanzando una velocidad relativista
- Para facilitar los cálculos, elegimos $0.866c$ que conducen a un coeficiente de Lorentz de 0.500.
- Conforme a la medición de los observadores estacionarios con respecto al eje inicialmente mencionado, esta aceleración consume un día completo (86,400 s).
- A partir de ese momento **GemeloB** se traslada en forma inercial a $0.866c$ hacia la posición de **GemeloA**
- También para facilitar el ejemplo, digamos que el viaje consume 20 años del tiempo medido por **GemeloA** y por todos los observadores que permanecieron en el eje estacionario.

- Durante todo el viaje **GemeloA** observa que los relojes de **GemeloB** marchan a la mitad de su propio ritmo, produciendo un atraso acumulado de 10 años.
- También **GemeloB** observa que los relojes de **GemeloA** marchan a la mitad de su propio ritmo a lo largo de todo el trayecto.
- En el momento de cruce ambos gemelos se sacan una foto en que aparecen ambos en el mismo cuadro. Esta observación es simultánea pues no hay diferencia apreciable en espacio. Ambos gemelos están **SIMULTÁNEAMENTE** en el mismo punto.
- **GemeloB** no detiene su marcha, pero ambos disponen de la foto tomada en el momento de cruce.
- Ambos Gemelos coinciden en que **GemeloA** es 10 años más viejo que **GemeloB** en el momento de cruzarse.

Hasta aquí estoy empleando una variante simple de cómo se expone la paradoja de los gemelos en Relatividad Especial. Sólo simplifiqué el ejemplo para minimizar el número de arranques y frenadas de **GemeloB**.

Veamos, entonces, una típica discusión entre **OG1** y **OG4** con respecto a este “experimento” entre gemelos.

En todos los casos el dato experimental crucial (como lo era la caída de la piedra) es que **GemeloA** y **GemeloB** coinciden en que **GemeloA** es 10 años más viejo en el momento del cruce. Tanto **OG1** como **OG4** coinciden en que éste es el resultado experimental.

Comienza, entonces un diálogo típico:

OG4 - (*Calentando Motores*) No hay motivos para suponer que la marcha de los relojes de **GemeloA** haya sufrido alteraciones en todo el período.

OG1 - De acuerdo. **GemeloA** permaneció en un eje inercial durante toda la experiencia.

OG4 - En ese caso, el resultado experimental demuestra que los relojes de **GemeloB** sufrieron una alteración REAL durante el trayecto.

OG1 - (*Habitualmente con reluctancia, pues la relatividad especial afirma que las alteraciones de relojes son sólo aparentes y dependen del observador*). Hmmm!..., si, debe ser así. Aunque hay que tener presente que **GemeloB** estuvo sometido a aceleraciones y por lo tanto para describir su comportamiento es necesario recurrir a la Relatividad General.

OG4 - Aunque no creo que la Relatividad General resuelva el problema, coincido en que **GemeloB** ha sufrido más sacudidas que su hermano. Dime entonces ¿Dónde crees que se produjo la alteración REAL de los relojes de **GemeloB**?, ¿Durante el vuelo inercial o durante el período de aceleración?

OG1 - (*Otra vez con reticencia a dar una respuesta categórica*). Puede haber sido en una combinación de ambos períodos.

OG4 - Déjame ser más explícito en la pregunta: Crees que durante los 20 años de vuelo inercial (tiempo medido por **GemeloA** y todos los observadores solidarios al eje estacionario) los relojes de **GemeloB** marcharon REALMENTE a menos

velocidad que los de **GemeloA**?

OG1 - (*Evitando responder a la pregunta*). Todo depende del sistema de referencia que elijas. Desde el punto de vista de **GemeloA** son los relojes de **GemeloB** los que marchan más lentamente. Pero para **GemeloB**, son los relojes de **GemeloA** los de comportamiento perezoso.

OG4 - Pero..., habíamos quedado de acuerdo que cuando los Gemelos se encuentran, ambos coinciden en que **GemeloB** es más joven. Como **GemeloA** estuvo lánguidamente en reposo inercial, sólo podemos concluir que **GemeloB** vio alterada REALMENTE la marcha de sus relojes en algún momento. ¿Cómo explicas de otra forma el resultado experimental?

OG1 - Primera alternativa:... Cómo ven venir las consecuencias, muchos responden en este punto algo así como: “*Lo que ocurre es que quieres analizar la paradoja de los gemelos desde la Relatividad Especial, y eso es imposible. Debes estudiar relatividad general para resolver este problema!*” . De esta forma cortan la discusión y esconden bajo la alfombra las paradojas de la Relatividad Especial. Llegado a este punto de nada vale afirmar que los aceleradores de partículas funcionan de acuerdo con la Relatividad Especial o que Einstein mismo usó la Relatividad Especial para desarrollar la primera versión de la paradoja de los gemelos en 1905, donde concluyó que el gemelo viajero sufre un atraso REAL en su reloj.

OG1 - Segunda alternativa (*La usan quienes creen firmemente que la Relatividad General resuelve la Paradoja de los Gemelos*): De acuerdo. En ese caso podemos aceptar momentáneamente que el cambio se produjo durante el período de aceleración. Pero te recuerdo que este cálculo escapa a la Relatividad Especial.

OG4 - (*Desconfiando de lo fácil que viene la cosa*) Bien, déjame asegurarme que estamos hablando de lo mismo. Los puntos en que estamos de acuerdo son los siguientes:

- Digamos que el viaje de **GemeloB** se inicia cuando ambos gemelos tienen 30 años.
- **GemeloB** invierte un día en la aceleración hasta la velocidad final. Este tiempo lo mide **GemeloA** (no sabemos lo que marca el reloj de **GemeloB** pues se encuentra en un sistema no-inercial).
- El viaje le lleva 20 años a **GemeloB**. Siempre según el registro de **GemeloA**.
- Durante todo el viaje ambos gemelos ven que los relojes del otro marchan más lentamente.
- En el momento de cruce **GemeloA** tiene 50 años. Los 30 iniciales más los 20 lánguidos años en que estuvo esperando el arribo de su hermano viajero.
- En ese mismo momento y mismo lugar (cuando se ven cara a cara) **GemeloB** tiene 40 años (El coeficiente de Lorentz es 0.5). Los 30 iniciales más los 10 que envejeció durante el viaje de 20 años (según **GemeloA**).

En consecuencia:

1. La observación de **GemeloA** es totalmente coincidente con el resultado de

la experiencia (como en los aceleradores de partículas, donde el observador estacionario puede describir exactamente la vida media, la masa y otras propiedades de las partículas aceleradas).

2. En algún período los relojes de **GemeloB** atrasaron 10 años REALMENTE.

OG1 - Tu insistes en que el atraso es REAL pero insisto en que todo depende del observador (*agarrado con uñas y dientes a la equivalencia de todos los sistemas inerciales*).

OG4 - Insisto en que el atraso es REAL, pues es la única manera en que puedo explicar que cuando están uno al lado del otro, **GemeloB** es más joven que **GemeloA**. Si, tal como puede hacerse en un acelerador de partículas, divido una población de isótopos de determinada vida media y luego a una mitad la acelero a velocidades relativistas y determino que se desintegraron menos partículas en el grupo acelerado que en el que se quedó en reposo, debo concluir que la desintegración fue REALMENTE más lenta en el grupo sometido a la aceleración. ¿O no?

OG1 - Bien. Concedido momentáneamente.

OG4 - Entonces, si aceptamos que el atraso de los relojes de **GemeloB** es sólo aparente durante el vuelo inercial, estamos obligados a concluir que **GemeloB** perdió REALMENTE los 10 años durante la aceleración.

OG1 - Momento. Tu concluyes cosas demasiado rápidamente.

OG4 - Bien, dame otra posible conclusión.

OG1 - Bueno, por ahora no se me ocurre ninguna. Pero no te olvides que no hemos considerado los resultados de la Relatividad General. (...y dale con la Relatividad General).

OG4 - Entonces repito: Estamos obligados a concluir (hasta que aparezca otra alternativa), que los relojes de **GemeloB** atrasaron 10 años durante la aceleración. Pero...., la aceleración duró sólo un día (medida por **GemeloA** y todos los observadores inerciales). ¿Cómo es posible que en 1 día, un reloj atrase 10 años?

OG1 - (*Sin asumir la magnitud de lo que está diciendo OG4*). Seguramente, si haces las cuentas con la Relatividad General verás que es posible.

OG4 - Aunque me parece absurdo, propongo que en vez de hacer las cuentas, aceptemos que la Relatividad General es capaz de generar ese resultado. Entonces, estamos de acuerdo que, durante la aceleración, los Relojes de **GemeloB** atrasaron REALMENTE 10 años ¿verdad?

OG1 - (*Respirando aliviado*). Bien, en ese caso queda demostrado que la Relatividad General resuelve la paradoja de los Gemelos.

OG4 - No exactamente. Veamos a que conduce la solución "mágica" de la Relatividad General. Digamos que cambiamos el experimento y que después de la aceleración **GemeloB** descubre que olvidó algo que quería llevarle a su hermano. Entonces **GemeloB** comienza un frenado de 1 día (otra vez medido por **GemeloA** que está habilitado por la Relatividad Especial para hacerlo) hasta que se encuentra en reposo, nuevamente con respecto a **GemeloA**. **Pregunta:** ¿Qué pasó

durante el frenado con los relojes de **GemeloB**?

OG1 - No entiendo la pregunta.

OG4 - Me explico mejor, si durante la aceleración de 1 día, los relojes de **GemeloB** atrasaron REALMENTE 10 años, ¿Qué pasa con esos mismos relojes durante el frenado de 1 día?

OG1 - Habría que recurrir nuevamente a la Relatividad General.

OG4 - Concedido. Pero te dejo elegir la respuesta. No importa cuál, pero seguramente algún resultado obtendremos.

- **Posibilidad 1.**- Como durante la aceleración **GemeloB** observó que los relojes de **GemeloA** marchaban más rápido, es de suponer que durante el frenado puede haber observado lo mismo. De este modo el reloj de **GemeloB** debería atrasar otros 10 años al final del frenado.
- **Posibilidad 2.**- Como durante la aceleración **GemeloB** observó que los relojes de **GemeloA** marchaban más rápido, durante el frenado puede haber observado que los relojes de **GemeloA** marchaban más lento. (en realidad los relojes sometidos a aceleración marchan más lentos que los inerciales, pero.... abramos la posibilidad).

OG1 - ¿Por qué pones sólo dos opciones?

OG4 - Son dos casos extremos. Puedes elegir cualquier otra respuesta. Verás que la conclusión no depende del resultado que obtengas con la Relatividad General.

OG1 - Bien, aunque no es definitivo, veamos que ocurre con la opción 1.

OG4 - ¿Eso significa que **GemeloB** es REALMENTE 20 años más joven que **GemeloA** al final del proceso de aceleración y frenado?

OG1 - (*Desconfiando*). Puede ser

OG4 - Pero ese resultado es insostenible. Durante la aceleración y el frenado sólo pasaron 2 días para **GemeloA**, quien sigue teniendo 30 años (+ dos días). Para que **GemeloB** sea REALMENTE 20 años más joven, debería tener sólo 10 años de edad al finalizar el proceso que empezó cuando tenía 30 años. Habríamos encontrado la fuente de la juventud. 😊

OG1 - Entonces debe ser válida la **Posibilidad 2**. Eso es!. Durante el frenado, **GemeloB** recupera los 10 años que había perdido durante la aceleración.

OG4 - ¿¿!!!!?? ¿Estás afirmando que **GemeloB** REALMENTE envejece 10 años durante el frenado de 1 día? Debo recordarte que la Relatividad General demuestra que los relojes acelerados (o sometidos a campos gravitatorios) marchan más lentamente que los inerciales.

Lo que sigue es pura fantasía pues la conversación nunca se extiende hasta este punto. Esto es sólo una simulación. 😊

OG1 - ¿Y qué otra alternativa existe?

OG4 - Finalmente lo preguntas!!

La respuesta es simple, pero para aceptarla debes haberte convencido que la Relatividad Especial genera, INEVITABLEMENTE, paradojas. Si todavía crees que esto es sólo un juego que no demuestra nada, de poco vale tratar de generar una alternativa racional exenta de paradojas.

Y además debes convencerte de que una teoría que genera paradojas verdaderas (NO paradojas aparentes) tiene alguna falla lógica.

***Nota:** La respuesta está plenamente desarrollada en el capítulo VII, donde se analiza el comportamiento de los relojes de los gemelos en todos los pasos de la experiencia, incluidos los periodos de aceleración.*

Aclaraciones

Por supuesto que la secuencia de preguntas y respuestas (y los comentarios al margen) son tendenciosos. Yo estoy parcializado a favor de **OG4**. ☺

El diálogo puede tomar innumerables caminos alternativos. Pero todos conducen al mismo resultado. A modo de ejemplo, cuando **OG1** acepta (con reticencia) que el atraso de 10 años es REAL y se produce en 1 día de medición en el eje estacionario, este resultado es insostenible. Si **GemeloA** estuviera al doble de distancia, el atraso REAL debería ser de 20 años, en el mismo proceso físico. Y si **Gemelo A** estuviera al final del período de aceleración, el atraso REAL debería ser casi nulo. Es insostenible que un atraso REAL dependa de dónde ubico al otro observador. También vale preguntarse qué pasa si tengo varios gemelos a diferentes distancias: ¿Cómo puede **GemeloB** sufrir diferentes atrasos, todos REALES, simultáneamente?

CONCLUSIONES

Debido a la multitud de puntos de vista no parece razonable sacar conclusiones de este capítulo,

No obstante voy a recurrir nuevamente a un tango para poner en contexto este desarrollo:

*“Al mundo le falta un tornillo,
que venga un mecánico.
pa’ ver si lo puede arreglar.”*

Del tango “Al mundo le falta un tornillo” con letra de **Enrique Cadícamo**.