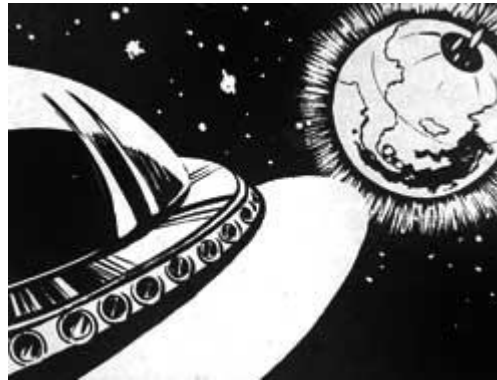


# El profesor González viaja al espacio

Silvia Bravo



## Esa mañana, el profesor González despertó con espíritu de

aventuras. Durante los últimos días había estado leyendo mucho, en revistas de información científica, sobre la exploración del espacio y, aunque ya no era, precisamente, un jovencito que sueña con ser astronauta, se había despertado en él un enorme deseo de tomar unas vacaciones en el espacio exterior.

Le asombró mucho que apenas ahora, a más de 20 años del nacimiento de la era espacial, le empezara a interesar el asunto, y aunque se sintió un poco avergonzado del gran desinterés que en el pasado había sentido por todos los otros aspectos de la ciencia que no constituían su especialidad, se disculpó a sí mismo arguyendo que ese era un mal común a la gran mayoría de sus colegas y que, por otro lado, él, a raíz de su repentino interés por la exploración espacial, estaba ya dejando esa postura. Seguramente en poco tiempo estaría muy bien enterado (por lo menos) del estado de desarrollo y de los avances más recientes de la ciencia en otros terrenos y se propuso que a la vuelta de su viaje interplanetario —porque sí, estaba decidido que haría un viaje por el medio interplanetario— se encargaría de ponerse al día en cuantos temas científicos y, ¿por qué no?, también de los otros que tuviera a su alcance.

Pero lo primero es lo primero y plantear un viaje de semejantes dimensiones requiere tiempo. Había que resolver los problemas uno por uno.

En primer lugar, debía vencer la atracción gravitacional de la Tierra, pero claro, alcanzar una velocidad superior a los 11.9 m/seg (que según constaba en los libros, era la velocidad de escape de la Tierra) no era una tarea muy difícil para un atleta consumado como él. Y después ¿qué? ¿Dónde empieza el espacio exterior? Recordaba con mucha claridad un diagrama que representaba las regiones que circundan a la Tierra (y que reproducimos aquí en la [figura 1](#) por si alguien desea, alguna vez, hacer este viaje).

**Figura 1.** Esta figura representa en forma esquemática una proyección en el meridiano día-noche de lo que se llama la “cavidad magnética”. En tres dimensiones, los anillos de Van Allen son especies de “donas” que rodean la Tierra, una dentro de la otra, y cuyo corte transversal es el mostrado en la figura. Tanto la onda de choque, como la magnetopausa son superficies de revolución alrededor de un eje perpendicular al eje N-S indicando en la

figura. La atmósfera no se muestra, pues a la escala del dibujo sería una capa de menos de un milímetro de espesor, que rodeará a la Tierra. También existen en la magnetósfera muchas otras regiones diferenciadas que no se muestran.

¡Ah, qué bellos son los cinturones de Van Allen!, —pensó con emoción y satisfecho de descubrir que el terreno le era ya algo familiar. Hacía bastante tiempo que sabía de la existencia de estos anillos —ison bastante populares!— formados por protones y electrones atrapados en las líneas del campo magnético de la Tierra. ¡Lástima que estos cinturones no puedan ser vistos! —suspiró— pero bueno, tratándose de partículas tan pequeñas, ¿qué otra cosa se podría esperar? —dijo con desenfado y continuó planeando su viaje.

La parte más difícil era salir de la atmósfera, ustedes saben, por la fricción, ya que al pasar por ahí la cosa puede ponerse muy caliente. Problemas menores, después de todo. En eso ya está muy avanzada la tecnología. ¿Y luego? Bueno, lo importante era estar sobre la atmósfera y ya de ahí, a unos 600 kilómetros de altura, empezar a internarse en la exósfera. ¡Qué curioso! —se decía a sí mismo muy quedito para que nadie fuera a oír—, yo siempre creí que después de la estratósfera todo estaba vacío, nunca me imaginé que hubiera una capa de protones llenando todo el espacio hasta la magnetopausa. Claro está —continuó aún en voz más baja— que ni siquiera tenía la menor idea de que existiera una magnetopausa. Pero para qué lamentar mi pasada ignorancia, ¡adelante con el viaje aprovechando mi nueva sabiduría!

Pero esta magnetopausa —continuó ya con voz más firme— de veras que me ha causado una gran impresión. Yo siempre creí que el campo magnético de la tierra (que, eso sí sabía bien, se podía aproximar al de un dipolo) se extendía a todo el espacio, cada vez más débil, pero siempre ahí, y ahora vengo a enterarme de que hay una “magnetopausa”, una frontera que limita la extensión de este campo y lo confina a una región bastante reducida alrededor de la Tierra. Y, lo que es más, lo mismo debe estarles pasando a todos los otros cuerpos del sistema solar que tienen campo magnético, pues el flujo constante del viento solar barre su presencia del medio interplanetario y los confina en cavidades más o menos pequeñas alrededor del cuerpo donde se originan.

¡Qué importante se sintió después de esta frase! Seguramente que ninguno de sus compañeros tenía la más ligera idea de lo que era el viento solar. Pues bueno —pensó en decirles a su regreso— el viento solar es un flujo de plasma continuamente emitido por el Sol que se extiende por el medio interplanetario y determina las características electromagnéticas de éste. Porque sí, como ustedes saben, un plasma es un gas altamente ionizado que tiene una gran conductividad eléctrica y que, en el caso del viento solar, como su ionización es casi total (principalmente se halla formado por protones y electrones libres) su conductividad eléctrica es prácticamente infinita. Y claro, como ustedes saben, un material de conductividad infinita mantiene constante el flujo magnético en su interior. Así pues, el plasma que constituye el viento solar, al ser lanzado por el Sol, se lleva consigo el campo magnético de su lugar de origen y lo transporta al medio interplanetario. Pero, al mismo tiempo, como debe conservar su flujo magnético, no puede aceptar en su interior campos magnéticos externos a su origen y los barre a su paso hasta una frontera donde la presión del plasma que fluye como viento solar, se iguala a la presión del campo magnético planetario (que no puede salir de ella) y, por otro, el flujo del viento solar (que no puede penetrarla). Claro que esto sería en una situación muy idealizada, ya sé que la cosa es un poquito más compleja pero, *grosso modo*, puede describirse de esta manera.

¡Ah! Y otro detalle magnífico que me encantaría ver —prosiguió el profesor— serían esas hermosísimas espirales de Arquímedes (y trazó en el aire algo así como lo que aparece en la [figura 2](#)) que forman las líneas del campo magnético del Sol y que jala el viento solar radialmente hacia afuera, al mismo tiempo que el Sol rota. El efecto es parecido a los chorros de agua que lanza un aspersor giratorio de jardín.

**Figura 2.** Esta figura muestra en forma esquemática las líneas del campo magnético interplanetario proyectadas sobre el plano del ecuador solar, que aproximadamente coincide con el plano de la órbita terrestre. Este campo es exclusivamente de origen solar y es transportado al medio interplanetario por un viento solar supuestamente uniforme que sale del Sol radialmente con una velocidad de 300 km/seg.

¡Cuanto había aprendido el profesor González en estas últimas semanas! Todo el tiempo que había pasado en la biblioteca de la Facultad de Ciencias no había sido en vano. ¡Qué de cosas nuevas sabía

ahora! Y más aún, hélo aquí, planeando este viaje de fin de semana, del cual podrá platicarles a sus compañeros por lo menos durante dos meses. Pero había que proseguir con el plan. Era sábado y debería partir en unas cuantas horas si quería regresar a tiempo para su clase del lunes.

¿Y la onda de choque? ¡Ah, eso sí que no quiero verlo! No sé que tan peligroso sea cruzar una onda de choque —pensó— pero vale la pena el riesgo. Una onda de choque no es algo que se vea todos los días, es algo espectacular, *sui generis*¿cuánta gente sabrá lo que es una onda de choque? Yo mismo no lo sabía hasta hace una semana —dijo en voz siempre muy baja como para no ser escuchado—. Pero ahora que ya lo sabía, podía decir con voz muy fuerte: una onda de choque es una “superficie” de discontinuidad que se forma en los fluidos supersónicos (o como en el caso del viento solar, superalfvénicos). Esto ya sería muy indigesto discutirlo y el profesor González decidió dejarlo para otra ocasión.

Resulta que, como el viento solar fluye —desde muy cerca del Sol en adelante— a velocidad mayor que la de la información que puede transmitirse en él (la que en el aire sería el sonido), al encontrar un obstáculo en su camino, la información de la presencia de este obstáculo no puede llegar de regreso hasta el Sol, ya que es “arrastrada” por el flujo que viene y se forma una discontinuidad hasta antes de la cual, el viento solar no es alterado en absoluto por la presencia del obstáculo. Esto pasa en el caso de la magnetósfera terrestre, que para el viento solar es un obstáculo, y debe pasar en todas las situaciones semejantes. También hay otras maneras en que se pueden producir, y de hecho se producen continuamente, ondas de choque en el medio, interplanetario, principalmente por la interacción de regiones de viento solar rápido con algunas de viento solar más lento, emitido desde regiones menos “calientes” del Sol.

Y aquí sería interesante —pensó el profesor González— recordar el origen del viento solar. Claro que para manejar la situación en medio de un viento solar no serviría de mucho saber su origen, pero se sentía mejor de conocerlo y además podría hacer un paréntesis en el relato que haría a sus compañeros, para compartir con ellos toda su recién adquirida cultura en cuestiones espaciales.

Para entender el origen del viento solar —les diría— observen el siguiente diagrama (que aquí reproducimos en la **Figura 3**, para aquellos que no sean compañeros del profesor González puedan entender sus explicaciones). Como podrán observar, la temperatura a través de las diferentes capas

solares muestra descensos y ascensos que, por mecanismos que no discutiremos aquí — ¡afortunadamente!—, llegaron a alcanzar  $10^6\text{K}$  (o  $^{\circ}\text{C}$ , aquí lo mismo da) en la capa más externa de la atmósfera solar llamada “corona”. Como esta temperatura se mantiene prácticamente durante grandes distancias, se llega a una región donde la energía térmica gravitacional de atracción, de modo que el Sol ya no es capaz de retenerla y la corona se expande en forma continua con velocidad primero creciente y que después se vuelve prácticamente constante a lo largo del medio interplanetario.

**Figura 3.** Temperatura de las diferentes capas del Sol.

No está por demás que considere algunos valores numéricos para tomar precauciones —pensó, volviendo a los planes de su viaje—. Por ejemplo, la densidad del viento solar a la altura de la Tierra es de 10 a 100 partículas por  $\text{cm}^3$  y su velocidad varía entre 300 y 100  $\text{km}/\text{seg.}$ , también debo tomar en cuenta que el campo magnético solar transportado por el viento solar tiene, a la altura de la Tierra, un valor del orden  $5 \times 10^5$  gauss, que no es del todo despreciable.

¡Vaya! —pensó—, sería realmente maravilloso encontrar la forma de ser arrastrado por ese viento solar a través del espacio interplanetario, sin el menor esfuerzo de mi parte. Así podría llegar hasta... ¿hasta dónde? No recuerdo ya hasta donde fluye el viento solar. Debo encontrarlo, sí, y ¿qué pasa en la frontera? Creo que se forma otra onda de choque al interactuar con el medio interestelar. Y esto, ¿dónde ocurre? Sé que es más allá de Saturno, los vehículos espaciales lo han detectado, y tal vez sea más allá de Plutón. Ojalá; así el viaje gratuito me llevará a todo lo largo del Sistema Solar, aunque me preocupa esa onda de choque final, ese límite de lo que se llama la heliósfera, “región controlada por el Sol”. ¿Qué tal que es muy turbulenta?, o ahí ¿el campo magnético se vuelve muy intenso?, ¿qué tal si mi estructura no resiste el cruce de esta zona?, ¿qué tal si?...

Un golpe seco sobre su costado derecho lo despertó al caerse de la cama. Resulta que todo esto de su viaje de fin de semana al espacio había sido un sueño y después de todo, menos mal, porque ese día ni siquiera de veras era sábado.

---

**Silvia Bravo**

Investigadora del Instituto de Geofísica y profesora