

## Capítulo 2

# El Efecto Invernadero, y el Balance de Energía

El "efecto invernadero" es un concepto que se ha vuelto muy popular pero, como todo lo popular, tiene muchas interpretaciones y se presta a un sinfín de confusiones que no ayudan para nada a que la gente sepa a qué atenerse en el debate del cambio climático.

Por eso me parece atinado aconsejarle al lector que tenga en mente una máxima emitida por el Cardenal Thomas Wolsey (1471-1530) allá por los años posteriores al descubrimiento de América, y que todo maestro debería tener como norma sagrada: "***Tenga mucho, mucho cuidado con lo que usted pone en esa cabeza, porque jamás podrá sacarlo de allí.***"

Entonces tendremos que aclarar algunas cosas que están mal entendidas en la meteorología y la climatología. Es muy común escuchar esta afirmación cuando alguien habla sobre el calentamiento global: "*El Efecto Invernadero es causado cuando los gases en la atmósfera se comportan como una manta y atrapan la radiación que es luego irradiada de regreso a la Tierra.*"

**Efecto Invernadero** es el nombre aplicado al proceso que hace que la superficie de la Tierra sea más caliente de lo que sería, si no hubiese una atmósfera. Por desgracia, el nombre "efecto invernadero" es un término equivocado –pero más sobre eso después.

**Calentamiento Global** es el nombre dado a un aumento de la magnitud del efecto invernadero, en donde la superficie de la Tierra sería inevitablemente más caliente que ahora. Comenzaremos hablando del efecto invernadero y luego veremos todo lo relacionado con el calenta-

miento global, porque son dos cosas completamente diferentes. ¿Por qué existe un "efecto invernadero"?

La superficie de la Tierra es más cálida de lo que sería en ausencia de una atmósfera porque recibe energía de dos fuentes principales: **el Sol y la atmósfera**. El Sol calienta a la atmósfera y ésta emite radiación por la misma razón que lo hace el Sol: *cada uno tiene una temperatura finita*. De la misma forma en que uno recibe más calor sentado al lado de dos fogatas, que lo que recibiría si una de las fogatas se hubiese apagado, la Tierra es más caliente al recibir radiación del Sol y la atmósfera, que si no hubiese atmósfera y la recibiese sólo del Sol.

Otro aspecto importante es saber que la atmósfera redistribuye al calor recibido de una manera más o menos uniforme en todo el planeta, más en los trópicos y menos en los polos. El sol calienta la superficie de la Luna a unos 250°C, mientras que el lado no iluminado de la luna tiene unos 150°C bajo cero. Lo mismo acontece con los astronautas cuando salen en sus caminatas al exterior de los módulos y de las estaciones espaciales. Por ello sus trajes deben tener aislación especial para protegerlos de las bajas temperaturas del espacio exterior como también de los rayos directos del Sol.

Curiosamente, la superficie de la Tierra recibe casi el doble de energía de la atmósfera, que la que recibe del Sol. Aunque el Sol es mucho más caliente, no cubre tanta porción del cielo como lo hace la atmósfera. Una gran cantidad de radiación proveniente de la dirección del Sol no suma tanta energía como lo hace la porción más pequeña de radiación emitida por cada pedazo de la atmósfera que ahora proviene de todo el cielo. (Serían necesarios unos 90.000 soles para cubrir toda la superficie del cielo).

Entonces, no es que la atmósfera tiene una pequeña influencia sobre la temperatura de la superficie; tiene una profunda influencia. Dice la teoría tradicional que en la ausencia de una atmósfera, la Tierra tendría un promedio de temperatura de unos 34° C más bajos que hoy. La vida, tal como la conocemos, no podría existir. Pero esta cifra de 34° C de efecto invernadero nace del concepto que se ha considerado a la actual temperatura promedio de la tierra como la "normal." Pero, ¿cuál es la temperatura "normal" de la Tierra? Nuestro actual interglacial ha durado unos 12.500 años pero las temperaturas "normales" de la Tierra durante las edades de hielo eran unos 10°C más bajas, por lo tanto el efecto invernadero para un promedio de la historia de la Tierra sería de entre 15 a 20°C. De los 34°C de calentamiento producido por el "efecto invernadero", unos 7 a 8°C se deben al CO<sub>2</sub> o dióxido de carbono, y este valor debería aumentar en unos 0,5 a 0,9°C para una duplicación de la concentración del CO<sub>2</sub> desde las 384 actuales a 568 ppm.

No existe ninguna duda entre los científicos de que el principal gas de invernadero es **el vapor de agua**, aunque las opiniones varían acerca del porcentaje con que contribuye al efecto. Hay muchos que apoyan la opinión de que su contribución es de alrededor del 90 a 95%, dejando para el CO<sub>2</sub> un porcentaje de más o menos 3 al 5%. Otros, en especial

los partidarios de la hipótesis del calentamiento causado por el hombre y sus emisiones de CO<sub>2</sub> se inclinan por un porcentaje de alrededor del 60% para el vapor de agua y del 33% para el CO<sub>2</sub>.

Examinemos entonces algo de la tontería que se ofrece con frecuencia en nombre de la ciencia en una ordenada serie de preguntas y respuestas, de una manera lo más elemental posible.

- ¿Es el Efecto Invernadero algo bueno?  
Bueno, sí, **si a usted le gusta vivir.**

- **¿Actúa la atmósfera (o cualquier otro gas) como una manta?**  
La referencia a "**una manta**" es una pésima metáfora. Las mantas actúan primariamente para suprimir la "**convección**"; la atmósfera actúa al revés, permitiendo la convección. Afirmar que la atmósfera actúa como una manta, **es admitir que uno no sabe cómo opera ninguna de las dos.**

- **¿Atrapa la Atmósfera Radiación?**

No, la atmósfera **absorbe** radiación emitida por la Tierra. Pero, una vez absorbida, la radiación ha dejado de existir al haber sido transformada en la energía cinética y potencial de las moléculas. No se puede decir que la atmósfera haya atrapado algo que ha dejado de existir.

- **¿Re-irradia la atmósfera?**

A menudo escuchamos decir que la atmósfera absorbe la radiación emitida por la Tierra (correcto) y luego la vuelve a irradiar de regreso a la Tierra (falso). La atmósfera irradia porque tiene una temperatura finita, y no porque haya recibido radiación. Cuando la atmósfera emite radiación, no es la misma radiación (que ha dejado de existir en cuanto es absorbida) que ha recibido. La radiación absorbida y la emitida luego ni siquiera tienen el mismo espectro, y ciertamente no están compuestas de los mismos fotones. El término "re-irradiar" es un sinsentido que jamás debería ser usado para explicar algo.

Algunas veces se hacen diagramas que muestran a la radiación subiendo desde la superficie de la Tierra hacia el cielo, y luego reflejada por las nubes o gases de invernadero. Esto también es una tontería. La radiación no fue reflejada, sino que fue absorbida y una radiación diferente fue subsecuentemente emitida.

- **¿Atrapa calor la atmósfera al producir el efecto invernadero)?**  
**NO, por cierto!** Tan pronto como la atmósfera absorbe energía, la pierde. Nada es **atrapado**. Si la energía fuese atrapada, por ejemplo, **retenida**, entonces la temperatura necesariamente estaría subiendo de manera sostenida. En vez de ello, en promedio, la temperatura es constante y la energía transcurre a lo largo del sistema sin ser "atrapada" dentro del mismo.

- **¿Se comporta la atmósfera como un invernadero?**

El nombre "efecto invernadero" es desafortunado, ya que un invernadero real no se comporta de la manera que lo hace la atmósfera. El mecanismo primario de un invernadero real, que mantiene al aire caliente prisionero en su interior, es **la supresión de la convección** (el intercambio de aire entre el interior y el exterior). Así, un real invernadero actúa como una manta para impedir que burbujas de aire caliente se alejen de la superficie. Como ya hemos visto, no es esta la manera como la atmósfera mantiene a la Tierra caliente. De hecho, la atmósfera no suprime la convección sino que la facilita.

Otras veces escuchamos comparar al efecto invernadero de la atmósfera con el interior de un automóvil estacionado que ha sido dejado bajo el Sol del verano, con sus ventanillas cerradas. La comparación es tan falsa como la comparación con un invernadero real. Nuevamente, las ventanillas cerradas están suprimiendo la convección. Ya sea que el tópico sea un invernadero real o un auto estacionado, uno escucha decir la vieja tontería de que ambos se mantienen calientes porque la radiación visible (luz) puede pasar a través de los vidrios, y la *radiación infrarroja no puede*. En realidad, se ha sabido por más de cien años que esto tiene muy poca relación con el asunto. La radiación infrarroja **SÍ** puede atravesar el vidrio –aunque un poco menos que si no existiera.

- **Por último, ¿Qué tenemos que decirles a los estudiantes?**

La explicación correcta (como las ofrecidas más arriba) son notablemente simples y fáciles de entender, porque: *La superficie de la Tierra es más caliente de lo que sería en ausencia de una atmósfera, porque recibe energía de dos fuentes de calor: el Sol y la atmósfera.* Pero **JAMÁS** enseñe tonterías diciendo que la radiación es atrapada, o que la atmósfera re-emite radiación, o que la atmósfera se comporta como un invernadero real (o un automóvil con las ventanillas cerradas), o que los gases de invernadero actúan como una manta.

A veces se hacen objeciones a lo expuesto, sobre todo a que no es la atmósfera quien calienta a la superficie sino que es calentada por la energía recibida desde el Sol. El hecho de que la atmósfera obtenga su energía de alguna otra parte no excluye al hecho de que es una fuente de calor para la superficie de la Tierra. Para el caso, la energía que proviene del Sol sale de la fotosfera –pero la fotosfera a su vez la recibe del interior del Sol y la retransmite. De una manera empírica, si uno toma un radiómetro y lo apunta al Sol obtendrá una lectura de la temperatura que está llegando directamente, o en línea recta, desde el Sol. Cuando se apunta el instrumento en otra dirección de la atmósfera, digamos 10° a la izquierda del Sol, se obtiene otra lectura –menor– pero indica que *es calor que el radiómetro está recibiendo de la atmósfera*, y ese calor también lo está recibiendo la superficie.

Se insiste entonces en que el Sol es la fuente básica de energía y que la sugestión de que la atmósfera actúa como el Sol confunde a la gente. Cuando se conocen los principios básicos de la física y de la termodinámica, el asunto no es tan complicado como parece al principio.

[De un total de 56 páginas]