

3. Las transformaciones de la energía. Parte II.

3.1 General. Aun cuando estemos acostumbrados a verlo, no deja de ser curioso que la energía eléctrica pueda convertirse en movimientos mecánicos. Las bombas para sacar agua de debajo de la tierra o de un río o lago para nuestro uso, los ventiladores para refrescarnos cuando hace calor, las heladeras, los lavarropas, las computadoras, los sistemas que alimentados a batería arrancan los motores de combustión interna de los autos y camiones, las turbinas de los aviones a reacción y muchos otros muchos aparatos más que usamos, transforman energía eléctrica en movimientos mecánicos para cumplir esas diversas funciones. Lo hacen a través de un aparato llamado motor eléctrico. En las computadoras, como la que escribió este trabajo, un ventilador eléctrico mantiene frío el equipo y un pequeño motor eléctrico mueve el disco rígido para que la p.c. pueda guardar o suministrar información. Es interesante notar que en las bombas para elevar agua y que están movidas por un motor eléctrico, el fenómeno es inverso al que se produce en las turbinas de las centrales hidroeléctricas, pues en éstas es la caída del agua la que genera electricidad. Es importante decir que tanto los generadores de energía eléctrica cuanto los motores eléctricos, basan su funcionamiento en la acción llamada electrodinámica, el fenómeno de fuerzas que tiene lugar entre corrientes eléctricas y los campos magnéticos, fenómeno que se explica en este trabajo.

Para ampliar este tema, va a continuación un listado (incompleto) de transformaciones de una clase de energía en otra:

-La *energía eléctrica* en los siguientes usos: producción de calor o frío en procesos industriales, frigoríficos, etc / para el hogar (enseñeres domésticos, iluminación, calefacción, refrigeración, etc.) / luz para ver, a través de procesos varios (lámparas incandescentes, fluorescentes, de gases) / corrientes que transportan señales de todo tipo a distancia por cables conductores (telefonía) / acumular energía química en la cargar la batería de un vehículo, y luego esa energía química transformada otra vez en energía eléctrica para usos varios (arranque, faros, bocina, música, etc.) / procesos electroquímicos para la obtención de metales de alta pureza (aluminio, cobre, plata, etc.) / imágenes (cinematografía, televisión, monitores de computadoras) / sonido (cinematografía, tv, radio receptores, radio transmisores y equipos de audio) / ondas electromagnéticas de frecuencias relativamente bajas que transportan señales de comunicaciones (radiotelefonía, televisión), detectan objetos distantes (radar) / computación / transporte / control y protección de toda clase de equipos electromecánicos por dispositivos electrónicos / etc.

-Las *distintas formas radiaciones electromagnética que nos llegan desde el sol*, en especial *luz y el calor*: originaron y mantienen todas las formas de vida vegetal (a través de la fotosíntesis) y animal que pueblan el planeta / calientan las viviendas (por absorción de la radiación infrarroja) / permiten producir energía eléctrica para cargar baterías, mover motores eléctricos, etc. (panel fotovoltaico) / originan todos los fenómenos meteorológicos terrestres / etc.

-La *energía del viento* (de origen solar) transformada en energía eléctrica (generadores eólicos), calor, bombeo de agua (molinos), etc.

-La *energía gravitatoria* que nos llega desde la Luna y el Sol produce las mareas (fenómeno mecánico), que a su vez en algunos lugares se utilizan para generar energía eléctrica; se transforma en electricidad en las centrales hidroeléctricas.

Es importante hacer notar que hoy, y cada día en mayor proporción, *la corriente eléctrica* no sólo opera muchos equipos, sino que también es la que controla su funcionamiento, los protege, da indicaciones para su mejor operación, etc. a través de circuitos electrónicos -que como su nombre lo indica son accionados por energía eléctrica- a veces muy complicados. La unidad típica que cumple con esas funciones es una computadora, de diseño normal o especial para cumplir con la función asignada. Esta tendencia, producto del avance científico aplicado por la tecnología a la producción industrial en décadas recientes, combinada con el crecimiento descontrolado de la población mundial y otros factores, tiene un fuerte impacto social, al traducirse en una creciente tasa de desempleo. Es evidente que la humanidad deberá estudiar seriamente y resolver sin demoras esta situación, lo que no es tarea fácil, dado que a la necesidad de lograrlo se oponen los intereses que medran sobre ella.

3.2 Energías renovables. *Existen varias formas de energía, llamadas energías renovables porque no se agotan*, a diferencia de lo que pasará con los combustibles naturales

(petróleo, gas y hulla) y hasta con los elementos combustibles que generan energía nuclear (uranio), dado que los yacimientos que proveen ambas formas de energía son de volúmenes limitados. Las distintas energías renovables hoy en uso en diversa magnitud son la energía hidráulica, la eólica, la de las mareas, la solar y, en cierto modo, la de origen vegetal. Por mucho, la más utilizada técnicamente es la hidráulica (derivada de la energía potencial del agua en el campo gravitatorio terrestre) para la generación de energía eléctrica, frecuentemente con el riego como finalidad secundaria y a veces principal. La energía mareomotriz, que se origina también en la energía gravitatoria, en este caso terrestre-lunar-solar, es asimismo utilizada en muy pequeña escala para la generación eléctrica. La energía vegetal (que en cierto modo es energía solar acumulada por los vegetales a través de la fotosíntesis), mayormente representada por la energía térmica que brinda la celulosa de los árboles y arbustos cuando arden, son combustibles propios de los conjuntos humanos sin otros recursos, y su aplicación descontrolada está produciendo la desaparición de enormes áreas cubiertas por bosques. De modo que la calificación de renovable a esta forma de energía está condicionada a un control que nunca se ejerció ni se ejerce.

Con excepción de la energía hidráulica, usada desde hace milenios en diversas aplicaciones, a las energías renovables también se las denomina *energías no convencionales*, porque son en general de reciente origen en cuanto a su uso intensivo. A raíz de la contaminación que producen de una manera u otra todas las formas de energía convencionales usadas casi con exclusividad hoy (y del futuro agotamiento, dentro de ellas, de las que se generan con recursos que se toman del subsuelo), urge promover el desarrollo de otras fuentes. A este fin, se investiga intensivamente desde hace ya tiempo la posibilidad de utilizar de manera creciente formas de energía que no contaminen y que sean renovables renovables, como las ya mencionadas, a fin de aprovecharlas más y mejor día a día. Pero su aporte a la totalidad de las energías generadas por las otras fuentes es todavía pequeño, y su crecimiento es lento debido a dificultades técnicas y los consiguientes elevados costos que estas nuevas fuentes aún tienen.

Ampliando lo dicho en la sección anterior, ahora con relación a posibles fuentes de energía no convencionales, es decir renovables, van los siguientes comentarios.

La energía mecánica del viento o energía eólica puede transformarse en electricidad o directamente en calor mediante el uso de grandes molinos. La electricidad puede usarse para descomponer el agua común en los dos elementos que la integran, hidrógeno y oxígeno, con las aplicaciones energéticas del combustible hidrógeno que se explican más abajo / La luz solar puede generar electricidad cuando incide sobre paneles hechos de materiales especiales, los paneles fotovoltaicos. Dado que la radiación solar al ser interceptada puede generar importantes cantidades de calor, sería de gran alivio para la humanidad y la naturaleza en general, si el calor solar llegara por lo menos a utilizarse masivamente en la calefacción de casas y edificios, reduciendo de esa manera el quemado contaminante de combustibles. Mucho tiene que hacer en este campo la Arquitectura trabajando con especialistas en el tema, a fin de alcanzar diseños que permitan el máximo aprovechamiento de la energía del sol tanto para calefacción como para iluminación, por lo menos. Sería de interés público que los resultados de esas investigaciones –en Argentina ya se están haciendo- fueran ya mismo aplicados en el proyecto y construcción de toda clase de edificios, especialmente los construidos con fondos estatales, para dar el ejemplo. Con esto se lograrían importantes ahorros de energía / Las mareas, es decir, las subidas y bajadas de las aguas de los mares por la acción gravitatoria de la luna y el sol, también son capaces de generar energía eléctrica, existiendo ya plantas que aprovechan la energía mareomotriz a ese efecto / Las olas de los mares asimismo pueden producir energía eléctrica / La energía calórica que fluye desde el interior de la Tierra también puede ser utilizada para generar vapor que produce luego electricidad; ya existen unas pocas centrales en el mundo que aprovechan esta fuente energética (Italia, Chile y otros países).

Una fuente de energía casi perfecta por lo poco contaminante es el elemento hidrógeno, el más abundante en el universo, aquí en la Tierra fácil de obtener porque forma parte de toda el agua que puede hallarse en el planeta. Este gas, que puede arder en la atmósfera al combinarse con el oxígeno que ella contiene, genera mucho calor por unidad de masa, y podría constituir un combustible muy ventajoso para mover motores, turbinas, etc. Sirve tanto para tracción vehicular como para la generación de energía eléctrica. ¿Cómo se obtiene el hidrógeno? Mediante el paso de una corriente eléctrica continua a través de una

cuba con agua, proceso llamado electrólisis. En la electrólisis del agua se obtienen separados los dos elementos que la integran, uno en cada electrodo o polo de la cuba electrolítica, justamente en la proporción óptima para arder (dos volúmenes de H_2 y uno de O_2). La combustión en esas proporciones ocurre en forma explosiva. Existen otros procedimientos para obtener hidrógeno. La energía casi limpia del elemento hidrógeno importa mucho en el problema ambiental, ya que usado como combustible sólo deja como residuo vapor de agua. La electricidad necesaria para la electrólisis puede ser provista por generadores eólicos o por paneles fotovoltaicos, ambos utilizando energía de origen solar. Como tanto el viento como la radiación solar no están presentes de manera continua -el viento amaina en cualquier momento y el sol falta durante la noche- es necesario almacenar el hidrógeno en tanques a gran presión para utilizarlo cuando sea necesario. Los compresores serían impulsados con parte de la energía eléctrica provista por aquellos generadores.

Una forma muy conveniente para producir energía eléctrica a partir del hidrógeno, es por medio de un dispositivo llamado *celda de combustible*, de peso relativamente reducido, entonces ideal para impulsar pequeños vehículos como los automotores. En estas celdas se recombinan el hidrógeno con el oxígeno para producir electricidad, a través de un fenómeno llamado de intercambio protónico. La electricidad sirve para accionar motores eléctricos que mueven el vehículo en donde la celda se halla montada. El proceso no es contaminante, los motores eléctricos son silenciosos y de fácil control y mantenimiento. Desde hace varias décadas se fabrican por distintas empresas internacionales modelos experimentales de esta clase de vehículos, pero su alto costo, por ahora, impide su venta y uso masivo. Cuando este problema sea salvado, se instalarán seguramente estaciones de carga de hidrógeno comprimido en las ciudades, tal como hoy se hace con el gas del petróleo.

Si se mira el futuro energético con optimismo, y hay razones para hacerlo si se confía en el poder de la ciencia y la tecnología, puede decirse que a medida que las formas tradicionales de generar energía –que son todas en mayor o menor grado contaminantes de la biósfera- se vayan agotando y de esa manera sus precios se vayan elevando, llegará un momento en que las energías no contaminantes, hoy costosas, podrán competir económicamente con las contaminantes y tomar así de a poco el suministro energético. El avance en ese sentido se dará, como en cualquier otro avance, cuando exista mundialmente la voluntad de lograrlo.

3.3 Flujos de energía en la biósfera terrestre. La Tierra es uno de los nueve planetas que, junto con el sol y una cantidad de relativamente pequeños cuerpos (satélites naturales de los planetas, asteroides y cometas), constituyen el sistema solar. El conjunto de los miles de cuerpos que forman ese sistema, posee una enorme energía cinética computada sobre la base de las velocidades con respecto a algún sistema de coordenadas de referencia, así como también posee una gran energía potencial gravitatoria computada sobre la atracción entre sus componentes, pero sobre todo con respecto al sol. Asimismo suma una formidable potencia (= energía emitida en cada segundo) el conjunto de las distintas energías que nuestra estrella genera e irradia a su entorno, casi todas de naturaleza electromagnética. Estas energías provienen del horno nuclear que existe en su centro, en donde se fusionan núcleos de elementos livianos, fundamentalmente hidrógeno, para dar otros de mayor complejidad. Si alguna vez uno se preguntó porqué las estrellas -a enormes distancias de la Tierra- son visibles por nosotros a simple vista, la explicación está en que la energía luminosa que irradian a su alrededor es inmensa. De ella nuestros ojos captan una cantidad relativamente infinitesimal debido a la enorme distancia que nos separa de esos astros, pero la suficiente como para que nuestro sistema de la visión los detecte.

Prácticamente la totalidad de la energía de diverso tipo que fluye sobre la superficie terrestre, más del 99 %, proviene del sol. El sol es una estrella con tamaño mediano (algo más de un millón de veces el volumen de la Tierra) que nació a partir de la lenta condensación gravitatoria de una gigantesca nube (nebulosa) de gases y polvo cósmico, hace unos 5 mil millones de años. Es una estrella de entre más de cien mil millones de otras que integran Nuestra galaxia, que es una enorme estructura formada por un núcleo y varios brazos dispuestos en una espiral. Es fácil contemplarla en noches con cielo sin nubes y sin luces ni luna que reduzcan la oscuridad, como una franja blancuzca de débil luminosidad, que atraviesa el firmamento, ya que la vemos de canto al estar nosotros inmersos en ella. Para tener una

idea de sus dimensiones basta con decir que la luz, viajando a 300.00 Km/segundo (7,5 vueltas alrededor de la Tierra en un segundo!), tarda unos 90 mil años en ir de un extremo al otro. Hay enormes cantidades de galaxias -muchos millones- de varios tipos y tamaños en el universo conocido, es decir hasta donde llegan los más poderosos telescopios. Cuatro de ellas pueden contemplarse a simple vista en condiciones favorables. En ese vasto e inimaginable espacio que estudian los astrofísicos con sus instrumentos, y más allá, se estima que está toda la materia y la energía que existe en el cosmos.

Como casi todas las estrellas visibles, el sol irradia energía en variadas formas. Las más importantes que nos llegan a la Tierra y que podemos percibir con nuestros sentidos son la luz (captada por el sentido de la vista) y el calor (a través de la piel). Ambas radiaciones son de naturaleza electromagnética. Parte de la luz se refleja en la superficie terrestre y retorna hacia el espacio exterior; la que no, en su mayoría se transforma a su vez en calor.

(Cuando se mide la variación de la potencia de la radiación solar en función de su frecuencia, se verifica que la mayor parte de ella viene en la forma de calor. Por otra parte, el valor máximo de la radiación coincide aproximadamente con la banda de frecuencias de la luz para la cual la sensibilidad de nuestros ojos es máxima. Esto no es casual: nuestra vista, a lo largo de la evolución se desarrolló de tal manera como para tener la mayor sensibilidad en ese rango de frecuencias).

Por otra parte, las reacciones nucleares y otros fenómenos geológicos que ocurren debajo de la superficie del planeta, hacen fluir hacia su superficie muy pequeñas cantidades de calor, lo que se comprueba observando que la temperatura crece marcadamente desde la superficie hacia el centro de la Tierra. La energía térmica interna del planeta es la causa de la actividad volcánica que se observa en su superficie, sea en los continentes como en el fondo de los mares, así como el desplazamiento tectónico de las placas geológicas, causa de los terremotos.

Es esencial entender que los fenómenos que se producen en la superficie del planeta (evaporación y precipitación del agua, nubes, vientos, corrientes marinas, etc.), excepto los de origen interno, se producen como consecuencia de las diversas formas de energía recibidas desde el sol. Para la humanidad, lo más importante es que todas las maravillosas formas de vida que pueblan la superficie terrestre se originaron y se mantienen gracias a esa energía, pero pueden deteriorarse seriamente e incluso hasta desaparecer, como consecuencia de alteraciones que puedan ocurrir en ella.

¿Cuál es el destino de toda esa energía venida del sol sumada a la que se genera en el interior del planeta? ¿Retiene la Tierra toda o parte de esa energía, y qué influencia tiene esto sobre su temperatura? En otras palabras ¿cómo son los flujos de la energía calórica en el planeta Tierra? Para poder contestar a esa interesante pregunta, ayudaría primero analizar el siguiente experimento virtual. Se trata de idear un modelo de la Tierra, en las condiciones más parecidas a la realidad. Para ello imaginemos una esfera de por ejemplo un metro de diámetro, constituida por piedra, que gira lentamente, digamos en una hora, sobre un eje, como si fuera el planeta Tierra. La esfera está colocada en el centro de un recinto de enorme tamaño de forma esférica que está aislado térmicamente de la atmósfera exterior, es decir a temperatura constante, recinto que representa de alguna manera una parte del cosmos que nos rodea. La esfera está dotada de muchos termómetros distribuidos sobre su superficie, conectados a una computadora que permite hallar el valor promedio de las temperaturas medidas por todos ellos. A unos metros de distancia, más o menos en el plano ecuatorial de la esfera, se coloca una potente estufa que irradia hacia la esfera calor y luz de potencia constante, que representa al sol. Podría también colocarse en el centro de la esfera un pequeño calefactor eléctrico, de potencia muy reducida comparada con la que le llega desde la estufa, tanto como para representar el calor interno de la Tierra y de otras fuentes.

Iniciado el experimento y después de esperar varias horas, se verificaría que la temperatura *promedio* de la superficie de la esfera ha subido desde la temperatura original del ambiente (que se supone que es baja, para asemejar la temperatura del espacio exterior) hasta un valor superior en varios grados a la temperatura original, valor que se mantiene constante mientras la esfera gira lentamente sobre su eje.

¿Qué significa lo anterior desde el punto de vista de los flujos de calor? Hay tres flujos de calor: 1) el calor radiante absorbido por la esfera proveniente de la estufa exterior, 2) el pequeño monto de calor que proviene de la fuente interior hacia la superficie y 3) el calor que fluye de la superficie de la esfera radiado *hacia* su entorno. Si se llama S al primero, g al

segundo y R al tercero, se verificará que $S + g = R$. Puesta esa expresión en palabras, significa que el calor que la esfera recibe de la estufa, más el que se genera en ella, es igual al calor que la esfera irradia hacia fuera. Esto debe ser así para que la temperatura promedio de la superficie de la esfera sea constante, como el experimento muestra. Porque si en cambio la energía radiada por la esfera al espacio exterior (R) fuera menor que la suma de la recibida desde la estufa (el sol) S más la que se genera en ella misma g (calor geológico y otros), entonces la temperatura promedio sería mayor que la medida antes, dado que la cantidad de calor que encierra la esfera aumenta por acumulación. Para entenderlo mejor imaginemos un tanque con una entrada de agua por la parte superior y una canilla abierta en su parte inferior, de tal manera que el agua que por allí sale es igual a la que entra por la parte superior del tanque cuando el nivel alcanzó cierta altura. Cerrando la canilla parcialmente de modo que salga menos agua que la que entra, el nivel del agua subirá dentro del tanque.

Una forma de lograr el aumento de temperatura señalado en el párrafo anterior sería poniendo sobre la esfera algún material especial, que actuara como una "frazada" que dejara pasar todo el calor de la estufa, pero que retuviera algo del calor radiante R. En estas consideraciones es esencial recordar que la cantidad de energía radiada por un cuerpo es una función de su temperatura superficial, creciendo muy rápido cuando la temperatura crece.

En la Tierra real ocurre algo similar a lo que se observó en el modelo experimentado virtualmente. La cantidad de calor que ella recibe desde el sol (S), más la cantidad de calor geológico y de otros orígenes que aparece en la superficie del planeta (g), deben igualar a la cantidad total de calor (R) que se irradia hacia el cosmos. Es por esto preocupante que desde hace un siglo aproximadamente y de manera acelerada ese equilibrio se va alterando, ya que se observa un ligero pero progresivo aumento de la temperatura promedio *de la atmósfera*. Y no es porque S o g hayan aumentado, sino porque en la atmósfera terrestre se están formando gases que retardan la emisión hacia el espacio exterior del calor $R = S + g$, como si la frazada del modelo fuera "abrigando" a la esfera de manera creciente. Se comprueba que esos gases, producto principalmente de la quema de combustibles que poseen el elemento carbono en su constitución, que son casi todos los que se usan hoy, son los culpables de este fenómeno. En la sección 9. *Contaminación producida sobre el medio ambiente por el uso de la energía*, se explica en cierto detalle este fenómeno y sus graves consecuencias sobre la biósfera. La *biósfera* es el volumen que va desde la superficie sólida del planeta, incluyendo el fondo de los mares, hasta unos pocos kilómetros por arriba de la superficie del mar, y en ese espacio es donde se desarrolla la vida y tienen lugar muchos de los complejíssimos fenómenos meteorológicos que la plasman. Esos fenómenos son los determinantes del clima a lo largo de los años y del tiempo en cada momento. Recuérdese que el *clima* es el conjunto de condiciones atmosféricas que caracterizan una amplia zona geográfica a lo largo de extensos períodos, mientras que el *tiempo* son esas mismas condiciones en el momento o en un corto período de tiempo. (Por eso no tiene sentido decir, como se oye a menudo, que "el clima hoy es horrible").

Es necesario aclarar en este punto que el estudio en detalle de los flujos de energía en la superficie del planeta Tierra es complicado, dada la cantidad de fenómenos que se producen en ella. Tan solo para dar una idea del tema, se da a continuación la información básica sobre los flujos de energía más importantes que pueden observarse.

- Si se consideran 100 unidades de la energía solar que en la forma de luz y calor intercepta la esfera terrestre, los estudios científicos han establecido que aproximadamente

- a) 30 de esas unidades, en la forma de luz, se reflejan directamente desde la Tierra hacia el espacio y se pierden en él, a raíz del diverso poder reflectivo del suelo, las aguas y las nubes. (En otras proporciones y con distintos tipos de reflexiones ocurre esto mismo en todos los planetas y sus satélites, como la luna, y es gracias a esa luz reflejada que los podemos contemplar).
- b) 47 unidades se manifiestan en la troposfera como calor, el que a su vez y luego de participar en una cantidad de fenómenos es radiado al espacio. Este calor está formado en parte por la luz transformada en energía térmica. (La troposfera es la porción de la atmósfera que va desde la superficie sólida y líquida del planeta hasta unos quince Km de altura, y es en ella donde ocurren casi todos los fenómenos atmosféricos de naturaleza térmica y luminosa. En su tope se inicia la capa de ozono, el gas que nos protege de las radiaciones ultravioleta nocivas provenientes del sol).

- c) Casi todo el resto, 23 unidades, en la forma de calor es absorbido por las aguas de los mares, la superficie húmeda de las tierras y los lagos, produciendo la transformación de parte de esa agua en vapor, el que se incorpora a la atmósfera y es el factor más importante que sustenta la vida, ya que vuelve a la tierra nuevamente como agua en su gran mayoría a través de la lluvia.
- d) Una ínfima cantidad se invierte en producir los movimientos convectivos del aire de la atmósfera y las aguas de los mares, los vientos y las olas que ellos levantan, las corrientes marinas, etc.
- e) Una aún más insignificante cantidad de la energía que llega desde el sol, se convierte en vida vegetal a través del curioso fenómeno de la fotosíntesis, la que sustenta gran parte de la vida animal de manera directa (los hervíboros) o indirecta (los carnívoros, que se comen a los anteriores). La descomposición de toda la materia viva, vegetal y animal sumadas, reintegra casi toda esta energía a la atmósfera.

La suma de las energías d) y e) representa bastante menos que 1 unidad de toda la energía que llega desde el sol.

Para concluir con las formas de energía que juegan en la superficie terrestre, habría que hablar de la energía que fluye desde lo más profundo del planeta, la llamada energía terrestre, originada en diversos fenómenos que ocurren en su interior. La suma de la energía térmica que fluye a través de las rocas y la que aportan los volcanes por convección de la lava ígnea, es aproximadamente del mismo orden que la que toma la fotosíntesis desde el sol, es decir, muy pequeña, pero sin embargo importante para la vida.

Por razones de simplicidad no se ha mencionado aquí el hecho de que la potencia de la radiación solar interceptada en la alta atmósfera por la Tierra, varía en algún monto de manera periódica a lo largo del año, como consecuencia de que la órbita de la Tierra alrededor de la estrella no es circular, sino elíptica, con el sol en uno de los dos focos de esa curva. Esta característica hace que la distancia entre el sol y nuestro planeta varíe entre un mínimo que se produce en el perihelio (punto en que la Tierra se halla más próxima al sol), hasta un máximo en el afelio (punto opuesto al perihelio, es decir, cuando la distancia al sol es máxima). Dado que la energía radiante disminuye de intensidad en razón inversa al cuadrado de la distancia a la fuente, su intensidad en la Tierra varía desde un máximo en el perihelio hasta un mínimo en el afelio.

La ciencia que estudia la termodinámica de la atmósfera, es decir la *Meteorología*, trabaja con una cantidad tan enorme de variables que uno de sus objetivos principales, el de pronosticar el tiempo, se torna muy difícil aún aplicando complejos modelos matemáticos. Por eso los pronósticos meteorológicos son de naturaleza probabilística, es decir que no siempre se cumplen. Así es que el pronóstico para cierto día tiene una alta probabilidad de cumplirse, probabilidad que disminuye progresivamente para los días siguientes. Una interesante verificación de esto es comparar día a día el pronóstico con la realidad meteorológica. En Argentina el estudio de los fenómenos meteorológicos se halla principalmente a cargo del Servicio Meteorológico Nacional de la Fuerza Aérea, el que también elabora los pronósticos del tiempo en base a las observaciones realizadas por sí y las que obtiene de otras fuentes, en parte los satélites artificiales. Esos pronósticos son de gran utilidad para todas las actividades, en especial las navegaciones aérea y marítima. En mucho mayor escala económica, aunque no tan crítica como las anteriores, son también de utilidad en la producción agropecuaria y la industria de las construcciones. Es lamentable que el hombre común sea tan indiferente ante los fenómenos meteorológicos, e ignore la naturaleza de hasta los más elementales, cuando vive inmerso en un vasto océano de aire de cuyas características penden en muchas situaciones su vida y sus bienes.