

# CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE EN EL FUTURO DE CUBA

Raúl Fernández García

Trincheras de ideas valen más que trincheras de piedras.

—José Martí

## LAS NUEVAS REALIDADES

Recientemente se han acentuado las preocupaciones de la familia humana en relación con la casa de todos: el planeta Tierra. Nunca antes en la Historia ha sido tan urgente desarrollar una ideología de la solidaridad humana y practicar una conducta respetuosa de los bienes comunes de los que todos hoy empezamos a reconocer una dependencia vital: del sol, del agua, del aire, del clima, del suelo, de los otros seres que comparten el planeta, de la alimentación, de la cultura humana. Cuba, como cualquier otro país, tendrá que ajustarse a cambios dado el curso normal de su desenvolvimiento, además de los que se deriven de la crisis ecológica que podría ocurrir. Ello, constituirá un reto a la inteligencia y buena voluntad de todos.

Hoy, antes de salir de viaje para esta reunión, recibí el número del verano de 2007 de la *Newsletter* de la Carnegie Institution, el que informa una “alarmante aceleración mundial en las emisiones del CO<sup>2</sup>” las que se triplicaron más de tres veces por año en relación con los 1990, a base de 3.1% por año, empezando en el año 2000. A pesar de que las emisiones de carbono están afectando el clima del mundo, no vemos evidencia de progreso en el manejo de esas emisiones ni en el mundo desarrollado ni en el mundo en desarrollo. En muchas partes del mundo nosotros estamos yendo para atrás” señala Chriss Field, Director del Departamento de Ecología Global de Carnegie. Dado el prestigio científico que las organizaciones

Carnegie han acumulado por más de cien años, la noticia es desalentadora pero debe servirnos para tomar más en serio esta grave cuestión.

En el siguiente trabajo sugiero que Cuba refuerce el desempeño de sus sistemas educativos de la ciencia, la tecnología y el medio ambiente, dentro de un esfuerzo para estimular el desarrollo científico de la nación, dentro de un contexto ético respetuoso del medio ambiente. Hablo de reforzar el desempeño, porque reconozco que científicos cubanos como el Dr. Carlos Finlay, el Dr. Julián B. Acuña Galé y otros, con contribuciones estelares, han demostrado la fertilidad y elevado rango de la ciencia cubana y que el país nunca se ha dormido sobre sus laureles. Acuña, el gran botánico y agrónomo, vislumbró el desarrollo de nuestra ciencia en una de sus cartas así: “Aún cuando la ciencia sea postergada o ignorada, esto deberá ser solamente transitorio. La humanidad tiene que fabricar un mundo mejor y más grande cada día, y sólo a través de la sabiduría y el conocimiento podrá ser logrado.” Hoy, cuando se habla del uso del etanol como combustible para disminuir la dependencia del petróleo, recordemos que el *Report on Cuba* (Informe del Banco Mundial en 1950) se refería a las cantidades de alcohol que Cuba usaba ya en 1949, en mezclas como combustible, indicando las siguientes cifras:

Consumo de gasolina y alcohol absoluto en 1949	
Gasolina	92,367,243 galones
Alcohol Absoluto (99.5%)	13,548,890 galones
Total de la mezcla	105,916,133 galones

El dato anterior es un ejemplo de que Cuba acepta con facilidad las innovaciones tecnológicas. Debemos aclarar, sin embargo, que no estamos a favor de concentrar la actividad agrícola en la producción de alcohol, sino por lo contrario, sostener y ampliar una producción diversificada en el futuro, para evitar las angustias del monocultivo de la caña, que antes se practicó para producir azúcar, y ahora algunos lo proponen para producir alcohol. Resucitar el monocultivo de la caña no demuestra creatividad, ni menos, conocimiento de la Historia de Cuba. Entre otras ventajas, la diversificación nos protegería de la ruina si la tecnología moderna solucionara sorpresivamente el problema del combustible independientemente del alcohol.

Volviendo a la facilidad con que los cubanos aceptan innovaciones tecnológicas, debe señalarse, sin embargo, que el pueblo cubano históricamente se ha dedicado más a la música, la poesía, la literatura, el teatro, y el deporte y menos a la atención de las matemáticas, la física, la química y otras ciencias. Si vemos un Atlas Universal notaremos que los países que hoy disfrutan de los más elevados niveles de vida e influencia política, económica y militar son aquellos que a partir del Renacimiento abrazaron con vigor el cultivo de las ciencias como la Gran Bretaña, Francia, Alemania, Rusia, Italia, Polonia y más tarde Estados Unidos y Japón.

La lección histórica es clara: el bienestar, el poder y aún la supervivencia de los pueblos depende en gran medida del acervo científico, tecnológico y en general cultural que hayan acumulado. El desarrollo de la ciencia, de la tecnología, la protección del medio ambiente y el mantenimiento de una actitud social ilustrada e inquisitiva, son caminos probados para lograr el bienestar y el poder de los pueblos.

En la prehistoria no fue fácil para los seres humanos levantar impresionantes civilizaciones en las selvas tropicales usando su capacidad de razonar, de vacunar, de organizar la voluntad colectiva al servicio de finalidades comunes, de descubrir los secretos de la vida y de usar el acervo cultural de la humanidad para atender las necesidades de la misma. Por eso no debería ser imposible para nosotros tampoco, aceptar el reto de dominar la ignorancia, el egoísmo, la arrogancia,

el vicio, la envidia, el odio, la ambición sin ética, el desperdicio y todas aquellas pequeñas pasiones que han complicado el porvenir de la especie en su debut en el planeta Tierra. Ese reto es a la humanidad y a los cubanos. A la humanidad, por que dada la magnitud de los problemas en escala planetaria, ningún país tiene la capacidad de resolverlos por sí mismo. A los cubanos, porque la más importante aptitud que nos reclama el momento histórico actual es la capacidad de determinar las prioridades con que debemos atender los problemas cubanos. Al evaluarlos, debemos precisar que es lo esencial y que es lo dispensable; que es lo que debemos atender de inmediato y que es lo podemos o debemos diferir. Una vez cumplida esa tarea, sin perder tiempo: actuar. Ojalá podamos hacer con buen juicio tales determinaciones, reconociendo que no existe el país perfecto, porque no existe ningún modelo merecedor de ser copiado, o peor aún, impuesto por la fuerza a una sociedad compleja, y esperar que fructifique en tierra ajena y se adapte, como por arte de magia, a diferentes valores sociológicos. Si existiera, se estaría negando la propia naturaleza humana con su inclinación para escoger soluciones y caminos diferentes para resolver la multitud de problemas que asedian al hombre.

La tarea es difícil pero no imposible. La República Dominicana la realizó felizmente en las décadas de los 1960 y 70 al derribar una tiranía de 30 años (Trujillo) y reemplazarla por un sistema democrático, con un mínimo derramamiento de sangre y un renacimiento de muchos sectores de la economía y la cultura. Recuérdesse que la República Dominicana y Cuba son los dos países de la América que tienen mayores semejanzas. Esos acontecimientos fueron un genuino éxito del pueblo dominicano y de la colaboración inteligente y constructiva de organizaciones internacionales y naciones extranjeras. Hoy, cuando se buscan, sin éxito, modelos para aplicarlos a casos que guardan gran similitud, debería realizarse una investigación honesta y capaz del caso dominicano para identificar las causas del éxito y las diversas soluciones que se dieron a los múltiples problemas que fue necesario resolver, así como las veladas maniobras que hubieran destruido todo, si no hubieran sido descubiertas y desenmascaradas a tiempo con vigor.

El estudio y aplicación de los hallazgos de tal investigación, ahorraría vidas, recursos y lágrimas en el futuro.

Nuestra especie ha surgido por la acumulación de facultades tales como la capacidad de caminar en dos extremidades y comunicarse con los sonidos articulados que llamamos lenguaje. Como producto de esas facultades y otras como la capacidad del cerebro humano, etc. el hombre ha construido una compleja estructura científica, tecnológica, política, socio económica, y ética, sobre la cual hoy existen precariamente la paz y el dispar bienestar de los seres humanos. Esa existencia precaria ha entrado en una fase crítica. La citada estructura nació cuando hombres y mujeres tuvieron que dar solución a los múltiples problemas que planteaba un hábitat hostil y una competencia brutal con animales mejor dotados por la naturaleza para sobrevivir en los territorios primitivos. Hoy, para preservarnos, deberemos hacer ajustes sustantivos a nuestra conducta personal y colectiva.

En los albores de la civilización, Sumeria, situada entre los ríos Éufrates y Tigris, en lo que hoy constituye el sureste de Irak, fue el asiento de las primeras ciudades. En Sumeria se organizó por primera vez la producción agrícola en escala sustantiva, se domesticaron animales, se usó el primer alfabeto y se considera que se inventó la rueda. La ciencia con su metodología moderna, sus elaboradas concepciones teóricas, y sus laboratorios dotados de ricos instrumentos, aún no estaba presente, pero el ingenio humano encontró soluciones viables y sobre ellas se construyeron bases importantes para el desarrollo de lo que hemos dado en llamar “civilización.” Esas soluciones están orientadas a resolver las necesidades permanentes de la especie humana: disfrutar de un ambiente seguro, respetuoso y libre, proveer alimento al pueblo, abrigarlo y resguardarlo de las inclemencias del tiempo, adiestrar a las nuevas generaciones en las técnicas de la caza, la agricultura y la pesca (educación), atender a los enfermos y a los ancianos, organizar distracciones y actos rituales, administrar los intereses de la comunidad, etc. Esas necesidades no han cambiado, pero las posibilidades del Planeta para satisfacerlas, sí.

## **EL HOMBRE EN EL CONTINENTE AMERICANO**

El caso del continente americano merece destacarse por las tristes lecciones que contiene. A este continente el hombre amerindio llegó probablemente hace unos quince mil años o algo más. Su antigüedad cultural no debe contarse desde esa fecha, porque el hombre que vino a la América trajo consigo el bagaje cultural acumulado a través de milenios en África y en Asia.

Cuando los amerindios tuvieron que enfrentar la ambición de los pueblos invasores de Europa que tenían un desarrollo militar y político considerablemente más avanzado, vieron sus territorios y sus poblaciones sometidas a los dictados de los invasores. Este es un ejemplo trágico de la importancia de la ciencia y la tecnología, y del precio que pagan los pueblos cuando no han desarrollado industrias basadas en aquellas disciplinas, creándose un estado de indefensión que convierte a las naciones en presas fáciles al alcance de cualquier agresor. Un desarrollo científico pobre y una tecnología deficiente han sido en la historia una tentadora invitación a naciones sedientas de poder y de lucro. Ejemplos concretos de deficiencias culturales de los amerindios son la rueda y el alfabeto. Es casi incomprensible que los pueblos de América no hubieran inventado y usado la rueda, antes de la llegada de los conquistadores. Otro vacío cultural es la carencia en América de un alfabeto. Se ha señalado que los mayas tenían un sistema de jeroglíficos equivalente, pero no es así. La flexibilidad que da un alfabeto que permite expresar cualquier idea con poco más de una veintena de signos no es posible con los jeroglíficos.

Cuba, aunque pequeña en sus dimensiones físicas, ha mostrado a través de su historia una reconocida capacidad para brillar en los dominios de la inteligencia. En el futuro, esa tradición deberá enriquecerse para afrontar con éxito los retos que se asoman en el horizonte.

En este ensayo aspiro a compartir con ustedes ideas y proyectos, dentro de las incertidumbres ecológicas que se temen. En conjunto, sé que estamos tratando una cuestión difícil, compleja y extensa. Las salidas

de emergencia están cerradas y la única opción disponible es triunfar.

## CIENCIA Y EDUCACIÓN

### El aporte de Grecia<sup>1</sup> y los contemporáneos

Los griegos aparecen en la Historia después que otras civilizaciones en el Mediano Oriente han colocado cimientos tan importantes de la civilización como la agricultura y el alfabeto. El aporte de Grecia, es sin embargo crucial, al orientar el posterior desarrollo de la ciencia occidental, dentro de rigurosas normas intelectuales del más alto nivel. Pasemos una breve revista a algunos de los más destacados maestros de aquella epopeya, los que florecieron en el período comprendido entre los años 611 y 125 antes de la era presente.

**Anaximandro (C.611–547)** es considerado como el fundador de la moderna astronomía y el punto de partida del moderno concepto occidental del Universo.

**Pitágoras (C.581–497)** exploró el campo de las matemáticas experimentales trabajando con cuerdas de instrumentos musicales. Se cree que fue el primer sabio que expresó una ley física en forma matemática.

**Hipócrates de Cos (C.460–377)** fue el gran médico de la antigüedad, muchas de cuyas recomendaciones se consideran válidas después de 2400 años. El juramento hipocrático conserva aún la vigencia que tuvo en Grecia. Fue un intento por separar a los médicos de los espiritistas supersticiosos, curanderos y charlatanes de su tiempo.

**Demócrito de Abdera (C.460–370).** Para Demócrito existían sólo dos cosas: espacio y átomos. “Los átomos y el espacio han existido siempre y siempre existirán porque nada puede provenir de nada.”

**Platón (C.427–347).** Platón es una de las figuras cimeras de Grecia cuya influencia intelectual en la cultura occidental ha sido más marcada. Su “Teoría de las Formas” constituye su principal legado al pensamiento científico. La Teoría argumenta que la naturaleza, como la ven los ojos humanos, es simplemente

una versión defectuosa de la “realidad” o “formas.” Para Platón, siempre ha existido una eterna, subyacente forma matemática y orden para el universo, y lo que los humanos ven es meramente imperfectos asomos de ese universo, usualmente corrompidos por sus propias percepciones irracionales y prejuicios acerca de la manera en que las cosas “son.” Aparentemente la pasión del filósofo quedó gravada en la inscripción sobre la entrada a la Academia que Platón fundó: “Nadie ignore que la geometría debe entrar aquí.”

**Aristóteles (C.384–322).** En 367 BC Aristóteles ingresa a la Academia de Platón en Atenas. Veinte años más tarde, después de la muerte de Platón, deja la Academia y se traslada a Lesbos. In 342BC se hace cargo como tutor del joven Alejandro el Magno. Siete años después regresa a Atenas y funda su propia escuela el “Liceo.” Además de los aspectos científicos, Aristóteles trabajó en otros campos. Su tratado “La Política” es considerado como un clásico en la materia.

**Euclides (C.330–260)** La Geometría debe a Euclides la existencia de una obra maestra que sirvió de texto a los estudiosos de la antigua Grecia y cuya influencia se ha extendido hasta nuestros tiempos. Hay dos razones para esto. El contenido matemático de la obra y la forma en que Euclides la escribió, siguiendo un enfoque sistemático en la redacción y expresando un juego de axiomas (verdades) al principio, sobre los que construye la prueba del teorema que sigue. Esta lógica, “de construcción por bloques” marcó un precedente académico aceptado para probar el conocimiento y continúa como un modelo estándar hasta hoy.

**Arquímedes (C.287–212)** Este brillante matemático e inventor ha sido uno de los grandes maestros de todos los tiempos. Descubrió el principio de que un objeto inmerso en un líquido recibe una fuerza hacia arriba igual al peso del líquido que desplaza. Trabajó extensamente en el estudio de palancas y poleas. Asimismo hizo importantes contribuciones a la defensa

1. Jon Balchin, *Science* (New York: Enchanted Lion Books, 2003), pp. 8–24

de Siracusa. Arquímedes se conoce como el “padre del cálculo integral.”

**Hipparchus (C.170–125)** Uno de los principales campos en que este científico se destacó es la astronomía en la cual hizo observaciones que constituyeron avances significativos. Se considera que él fue la primera persona que usó los conceptos de longitud y latitud para fijar las posiciones geográficas. Las necesidades de su propio trabajo lo llevaron a desarrollar una versión temprana de la trigonometría.

Siglos pasaron antes de que las antiguas civilizaciones se vieran superadas por nuevos aportes a la ciencia. Ello empieza a ocurrir en el siglo XV con Copérnico y en el siglo XVIII con Newton, acompañados por inventos como la imprenta y el telescopio y seguidos por descubrimientos realizados por grandes científicos como Galileo, Darwin, Pasteur, Mendel, Marie Curie, Einstein, Fleming, Marconi, Schrodinger, Watson, Crick, Wilkins y otros.

Esos maestros ampliaron las bases que sostienen la cultura occidental e hicieron posible el desenvolvimiento de esa cultura hasta su culminación en los extraordinarios logros de la ciencia moderna. Pero aclárese que el ingrediente esencial para que exista la ciencia es la previa existencia de científicos. Dicho más simplemente, no existe ciencia sin científicos.

Si queremos que Cuba se adentre vigorosamente en los campos de la ciencia moderna, tenemos que intensificar la preparación de científicos. La manera de hacerlo es adecuando la educación al proceso sistemático que reclama la enseñanza de la ciencia, proveyéndola de profesores calificados, bien remunerados y estables en sus posiciones, así como laboratorios, libros, materiales, etc. Otro factor importante es crear una atmósfera social donde se vea al científico como un ciudadano meritorio que hace una contribución valiosa al bienestar de la sociedad. Las culturas latinas han tendido a glorificar papeles como los del cantante, el actor, el deportista, el predicador, el militar, el músico, el poeta, el orador, el político, el escritor, etc., pero han olvidado al científico, al que, en muchos casos, se presenta en las comedias como un ser distraído con poca o ninguna utilidad.

Una de las maneras de estimular en las nuevas generaciones el interés por la ciencia, es la celebración de ferias en los centros de enseñanza en las que los alumnos presentan proyectos, relativamente sencillos, pero ejecutados con todo rigor científico. Hemos visto los magníficos resultados que se logran con esas ferias y por ello creemos que es una actividad que debería estimularse. No olvidemos, además, que el científico debe formarse en una atmósfera intelectualmente abierta, y en la medida posible, debe alternar con otros colegas y visitar otros países. La introducción de los niños al mundo de la ciencia a temprana edad, como las ferias promueven, será muy beneficiosa.

Si bien los científicos deben ocupar con todo derecho las posiciones dirigentes en los centros de investigación, son importantes también los asistentes de nivel medio, los operarios y todos los demás trabajadores que contribuyen a la ciencia. Consecuentemente, los programas educativos deben satisfacer también las necesidades de adiestramiento de ese personal.

La ciencia, cuando se adopta seriamente por la sociedad y se incorpora a la cultura del pueblo, ayuda a modelar las costumbres y la manera de pensar y actuar de la nación. El análisis lógico de los hechos, la aceptación de las verdades encontradas por los procedimientos científicos y el abandono, cuando tal cosa está justificada, de “verdades que fueron venerables,” constituyen fuerzas que han impulsado el desarrollo de la civilización en los últimos siglos. No estamos sugiriendo que cuando se enseñe ciencia en las escuelas, todos los ciudadanos actuarán racionalmente en todos los campos. Pero sí creemos, que la enseñanza de la ciencia y el desarrollo de una cultura favorable a ésta, tiende a elevar el nivel del discurso social y político, disminuyendo la influencia de la demagogia, de las emociones y del “respeto a la autoridad establecida,” cuando tales cosas resulten inaceptables a la luz de la propia ciencia.

La ciencia descansa en materias tales como: matemáticas, cosmología, física, química, estadística, biología, y las subdivisiones de esas y otras ciencias como la genética, geometría, trigonometría, microbiología, etc. Para el científico es conveniente el co-

nocimiento de un idioma moderno hablado por países adelantados en la ciencia. Los estudiantes que aspiren a dedicarse a esta profesión deben tener una preparación sólida en las materias que le sirven de base a la especialidad que escojan. Las universidades y otros centros de enseñanza deben recibir el apoyo necesario para satisfacer su importante función y a su vez deben responder ante las autoridades docentes del cumplimiento de la misma. Una rica cultura general amplía las perspectivas del científico y tiende a evitar errores en su trabajo.

Para promover el cultivo de la ciencia en una sociedad, se requiere proveer una esmerada preparación, remuneración y estabilidad en el empleo de los profesores. Ello tiene un efecto multiplicador por enseñar cada profesor numerosos alumnos.

Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente son términos muy usados, pero no siempre definidos claramente. A los fines de este trabajo creo conveniente sugerir conceptos complementarios a esos términos. Empecemos por los valores que suelen inculcarse en las personas que se preparan para trabajar como científicos y en la educación que deben recibir.

### **Algunos valores importantes**

El científico debe aprender a observar los temas que estudia tal como ellos son, evitando alterarlos, excepto cuando la alteración forme parte de la metodología, en busca del conocimiento del efecto que la misma produciría en los resultados observables.

El científico debe ser objetivo y no caer bajo la influencia de emociones, sentimientos, prejuicios, o lealtades a la “autoridad”, ya sea política, religiosa, económica, etc. El uso sistemático de la razón en el trabajo científico debe constituir una práctica permanente. Ni el soborno ni la amenaza deben influir en el científico para que modifique su trabajo.

### **CAMBIOS DE CLIMAS O CALENTAMIENTO GLOBAL**

Las advertencias de respetables organizaciones científicas, de múltiples gobiernos, líderes políticos, escritores e intelectuales, y los datos presentados sobre la evolución de las temperaturas de la atmósfera y otros datos han sido tan numerosos y convincentes en los últimos años, que parecería que la discusión del tema,

como tal, debería haber quedado terminada ya para dar paso a la fase de programación concreta de medidas correctivas, y a su implementación. Sin embargo, es tanta la ignorancia y son tantos los intereses materiales, los prejuicios y el temor a un futuro incierto, que todavía se discute si cambios de climas generalizados en el Planeta se producirán o no. Nosotros no estamos habilitados para añadir argumentos al tema en discusión. Pero para la mejor comprensión del asunto, es necesario recordar lo que significa “calentamiento global,” denominación que a nosotros nos parece más apropiado llamar “cambios de climas.” Ambos términos, están vinculados al surgimiento y a la aceleración de la producción de los llamados gases de invernadero (principalmente CO<sup>2</sup> o bióxido de carbono) a partir de la revolución industrial en el siglo XIX.

Simplificando, podría decirse que cuando la radiación solar pasa a través de la atmósfera y calienta la superficie de la Tierra, una parte de la misma es reflejada al espacio. Algunas radiaciones infrarrojas, sin embargo, son atrapadas por los gases de invernadero y retenidas en las capas inferiores de la atmósfera, donde elevan la temperatura del lugar por encima de los niveles usuales, cuando existen las condiciones para que ello ocurra. A su vez, algunas de esas radiaciones escapan finalmente al espacio sideral refrescando la Tierra. Dentro de ciertos límites, se mantiene un equilibrio tal entre las radiaciones que escapan y las que se retienen, que el clima se estabiliza por años, siglos o milenios. La revolución industrial, a partir de mediados del siglo XIX, fue incrementando progresivamente los gases de invernadero y otros, como resultado de las actividades de las fábricas y del funcionamiento de incontables millones de motores en vehículos circulando alrededor del mundo. Al aumentar tales gases se empezó a elevar la temperatura de la atmósfera porque el incremento del CO<sup>2</sup> determinó una mayor retención de las radiaciones infrarrojas. Los datos que contienen los varios informes preparados recientemente son tan elocuentes que dispensan una discusión adicional. Anotamos los de Stern<sup>2</sup> y Gore.<sup>3</sup>

La temperatura es una de las variables más importantes en la Tierra. Temperaturas muy bajas pueden sig-

nificar una congelación excesiva del agua, especialmente en los polos, mientras que su aumento, tenderá a descongelar el hielo formado. El efecto inmediato es que al sumarse el volumen de agua descongelada al volumen que normalmente existe en los océanos, los terrenos secos pero de bajo nivel topográfico, existentes a orillas del mar, corren el peligro de inundarse. Esto puede ocurrir en áreas extensas. En algunos casos las áreas inundadas podrían haber estado dedicadas a la agricultura con lo cual sufriría la economía y la disponibilidad de alimentos y fibras en los países afectados.

Pero no es solamente el problema de la inundación el único motivo que preocupa en relación con el calentamiento global. En general puede afirmarse que todos los seres vivos en la Tierra, requieren condiciones específicas, a veces muy estrechas, para sobrevivir. Las plantas necesitan un mínimo de agua, temperatura, insolación, vientos y otras variables. Además, los seres vivos mantienen una relación biológica con los demás, constituyendo así una comunidad interdependiente. La desaparición de una especie de la cual se alimentaba otra podría determinar también la desaparición de esta última. Esto mismo podría aplicarse a los microorganismos que producen enfermedades o que sirven en el control de las mismas. Un cambio drástico en el clima puede determinar un desequilibrio importante en esos controles biológicos, generando una situación sanitaria de gravedad impredecible.

## **DOS CAMINOS REALES HACIA EL FUTURO: SOL Y GENES**

La ciencia y la tecnología modernas han abierto muchos caminos nuevos. Quiero primero referirme al aprovechamiento de la energía solar, lo cual está dando origen a un progreso apreciable en ese campo en Cuba, a juzgar por las informaciones que a través de la Internet<sup>4</sup> divulga el Gobierno Cubano. Frente al encarecimiento del petróleo y su probable crítica escasez, Cuba parece haber enfatizado el uso de la

energía solar, lo cual representa una respuesta inteligente a los problemas energéticos. El uso de esa energía que nos regala el sol todos los días, deberá intensificarse. En Europa, Alemania y los Países Bajos están haciendo notables progresos en el aprovechamiento de la energía solar incluyendo al viento.

Antes de embarcarnos en jornadas recorriendo esos caminos, advirtamos primero el peligro que muchos científicos han encontrado en numerosas ocasiones en los caminos de la ciencia, y los obstáculos que se han opuesto al progreso a lo largo de sus jornadas.

### **La lucha por la verdad en la ciencia**

El sol ha sido reconocido desde los tiempos primitivos como una fuente de luz, de calor, en una palabra, de vida. Muchos pueblos antiguos lo consideraban una deidad. Sin embargo cuando Copérnico sugirió que no era el sol el que giraba alrededor de la tierra sino todo lo contrario, se inició una polémica científica y religiosa que produjo el arresto domiciliario de Galileo por toda su vida. Círculos que manejaban el poder no pudieron aceptar que la humanidad, con todas sus virtudes y vanidades, dependía de ese astro caliente a cuyo alrededor giraba puntualmente una vez al año.

Cuando estamos hablando de ciencia en el futuro de Cuba no podemos dejar de mencionar el drama histórico del que fueron primeros actores Copérnico y Galileo. Por que ese hecho no es aislado sino que se repite cada vez que una autocracia poderosa e ignorante está determinada a imponer su barbarie a la sociedad. Cuatro siglos después, la autocracia Soviética en 1948 irónicamente usando “la Academia Lenin de Ciencias Agrícolas de la Unión Soviética,” declaró que la genética era una “seudociencia improductiva y reaccionaria.” El credo oficial, a pesar de una abrumadora evidencia científica en contra, sostuvo la inexistencia de cualquier sustancia hereditaria como los genes, asegurando que “la herencia es la propiedad de los cuerpos vivos de demandar ciertas condiciones ambientales y de reaccionar de ciertas maneras

2. Nicholas Stern, *The Economics of Climate Change* (New York: Cambridge University Press, 2007).

3. Al Gore, *Earth in the Balance* (New York: Rodale Inc., 2006) y Gore, *An Inconvenient Truth* (New York: Rodale Inc., 2006).

4. Dirección de Cuba en el Internet:www.Cubagob.cu.

ante ellas.” Los científicos rusos que no aceptaron tal absurdo sufrieron persecución y a muchos les ha costado la vida su lealtad a la verdad científica.

Los episodios históricos anteriores ilustran cuan fácilmente el error desplaza a la verdad y al buen juicio, aún en las instituciones más poderosas religiosas y políticamente, que disfrutaban de prestigio intelectual. Es penoso. Pero el científico debe estar preparado para enfrentarse a esos abusos del poder. El hecho de que se hayan producido en diferentes instituciones de primera importancia (una religiosa y otra política) en momentos diferentes de la historia, sugiere que cosas similares pueden ocurrir en cualquier momento y en otros contextos institucionales. Recientemente hemos visto como otras informaciones, en este caso militares, se han deformado para servir intereses políticos y económicos.

### EL METODO CIENTÍFICO

Hoy se suele aplicar esta denominación a las normas y procedimientos por medio de los cuales se adquiere conocimiento nuevo en los estudios experimentales tales como se presentan en física, química, fisiología, etc. Es obvio, sin embargo, que hay muchos métodos diversos que siguen los científicos para aumentar sus conocimientos en las diferentes ramas del saber, adaptándolos a las particularidades de cada caso y a los equipos, laboratorios y otros medios disponibles. No obstante, el Método Científico se considera como una guía ideal que sirve de modelo para juzgar otros métodos.

La lógica y la estadística nos proporcionan importantes orientaciones teóricas para el trabajo de investigación. La lógica nos ofrece el razonamiento deductivo que es aquel de cuyas premisas se presume que ofrecen pruebas concluyentes para determinar la veracidad de una conclusión. Los razonamientos deductivos pueden ser válidos o inválidos. Si sus premisas son verdaderas sus conclusiones tienen que serlo en el razonamiento válido. En caso contrario se trata de un razonamiento inválido. Un alto grado de certeza, no es sin embargo, el más frecuente ni en la vida ordinaria ni en el campo de la investigación.

Sobre muchos razonamientos sólo puede afirmarse el grado probable en que son ciertos. Los razonamientos inductivos son de esta naturaleza. Los métodos de John Stuart Mill constituyen un tipo clásico de inferencia inductiva utilizada con frecuencia en la investigación. Un tipo de razonamiento inductivo es la analogía, lo que debe distinguirse del empleo de la analogía y el símil para fines literarios. La inferencia inductiva parte de que siendo similares dos o más cosas en algunas características se puede afirmar que probablemente son también similares en alguna otra característica. El empleo de este tipo de razonamiento debe hacerse con extremo cuidado. El frecuente uso del mismo en los debates políticos da origen a penosos errores cuando se anuncia, por ejemplo, el cercano final de una potencia moderna “como sucedió en el Imperio Romano” sobre la base de que el matrimonio en ambos ha perdido el favor de las clases acomodadas. Esa inferencia se basa en una característica de la sociedad—el “matrimonio”—pero ignora cuestiones tan importantes como el contexto histórico, la diferencia entre los valores culturales del Imperio y los de la “potencia” y multitud de otros.

No es el propósito de este trabajo extendernos en la discusión de los soportes lógicos y técnicos donde debe apoyarse el Método Científico. Creemos útil anotar, sin embargo, un probado resumen de los pasos operativos que usualmente se siguen al ejecutar una investigación siguiendo el método científico. Este modelo se usó con éxito en un complejo “Estudio de Crédito Agrícola no Brasil”<sup>5</sup> que tuvimos el honor de asesorar, ejecutado por el Banco Central de ese país con la colaboración del Banco Interamericano de Desarrollo y otras organizaciones internacionales y nacionales, el que se publicó en 1969. Los pasos que se siguieron fueron:

1. Identificar y seleccionar con la mayor precisión y claridad posibles, los asuntos que serán estudiados, las hipótesis de trabajo que sustentan esa selección así como la finalidad que se persigue al someter tales asuntos a la investigación.

5. Raúl Fernández García, *Metodología de la Investigación*, Segunda reimpresión (México: Editorial Trillas, SA, México), pp. 5–7.

2. Organizar el trabajo, señalando tanto las instituciones y los tipos de especialistas que deben participar, como los recursos necesarios.
3. Identificar y evaluar la bibliografía, determinando los temas que pueden ser estudiados en función de las fuentes bibliográficas, así como aquellos para cuyo satisfactorio análisis se deberán conducir investigaciones especiales.
4. Precisar las informaciones básicas que se deberán obtener por medio de las citadas investigaciones y las fuentes que deberán ofrecerlas, dando particular atención a la necesidad de que el punto de vista de los interesados en la cuestión esté representado en el Estudio.
5. Elaborar un plan general de pesquisas y preparar los medios necesarios para recoger las informaciones (cuestionarios, manuales, formularios, etc.).
6. Recolectar, criticar, tabular y presentar los datos e informaciones recogidas.
7. Analizar los datos e informaciones, sacar las conclusiones y formular las recomendaciones apropiadas.
8. Redactar, aprobar y publicar el informe correspondiente.

Una prueba inicial de la calidad del Informe podría ser obtenida comparando los resultados de las investigaciones con los supuestos de las hipótesis de trabajo. Si ellas revelan una adecuada correspondencia, podemos estar razonablemente seguros de la validez de la estructura lógica de la investigación.

### **GENÉTICA: EL CAMINO MÁGICO Y EL NUEVO ALFABETO**

Cuando los sumerios crearon el primer alfabeto hace miles de años, dieron un gran impulso a la civilización, abriendo incontables posibilidades para una gran cantidad de actividades y medios para llevarlas a cabo. El alfabeto de los sumerios evolucionó al ser adoptado y adaptado por varios pueblos del Mediano Oriente. El número de letras se fue reduciendo con lo cual se aumentó la eficiencia de este instrumento maravilloso. Finalmente los griegos lo adaptaron y lo transmitieron a los pueblos de Europa con unas 26 letras.

Otro alfabeto recientemente descubierto, podría dar un nuevo y tal vez ilimitado impulso a la civilización. Ese nuevo alfabeto se ha desentrañado del DNA, uno de dos tipos de ácido nucleico (el otro es el RNA). El DNA es un complejo orgánico compuesto encontrado en todas las células vivas y muchos virus. Es la sustancia química de los genes. Su estructura, con dos hebras enroscadas entre sí y con una doble hélice que recuerda una escalera torcida, fue primeramente descrita por Crick y Watson en 1953. Cada hebra está formada por una larga cadena de los siguientes “nucleotidos” repetidos: Adenina (A) Guanina (G) Citosina (C) y Tymina (T). Las dos hebras contienen información complementaria escrita con las letras del nuevo alfabeto: A, G, C, T. La magnitud (en términos microscópicos) de un genoma se puede estimar considerando que la mitad del genoma humano contiene 3.100,000,000 de pares de bases As, Gs, Cs y Ts. La función del DNA, cuya total descripción escapa al alcance de este trabajo, encierra el secreto de la vida.

Los genes son unidades hereditarias que ocupan posiciones fijas en los cromosomas, y son los portadores del DNA, determinando las funciones biológicas en los seres vivos. El genoma es el juego completo de instrucciones genéticas en el núcleo de cada célula. De hecho, cada célula contiene dos genomas en su núcleo, provenientes de cada uno de los dos progenitores. Por tanto, contiene la herencia de cada progenitor y guarda, en un juego doble de genes en el núcleo de cada célula, las instrucciones genéticas codificadas que regirán la vida del organismo. Nosotros heredamos dos copias de cada gene destinadas a determinar la forma, funciones, reacciones y todas las demás actividades de un individuo, incluyendo las enfermedades probables que padecerá en su vejez y las causas probables de su muerte. La ingeniería genética es la manipulación artificial del DNA para modificar un organismo o un conjunto de organismos.

La genética contemporánea labora con los genes para producir resultados deseables en la medicina, la agricultura e infinidad de otras actividades humanas. La genética es la ciencia, por excelencia, que podría ayudar al hombre, por ejemplo, a reducir el efecto negativo de un cambio en el régimen de lluvias que pro-

dujera más o menos precipitaciones, mediante la creación de variedades de plantas menos susceptibles a los excesos o defectos de las aguas. Se llama “genotipo” a la constitución genética de un organismo.

El alfabeto creado en el Mediano Oriente hace unos 6000 años y que apoyó la administración de las primeras ciudades, su agricultura, sus sistemas de contabilidad, su literatura y creencias religiosas, fue uno de los principales pilares de las civilizaciones que vinieron después. Hoy un alfabeto se asoma a la historia en un momento crucial: el alfabeto genético. Las posibilidades de barajar millones de bases en el genoma humano y en el de otras especies, para obtener resultados deseables a los fines de superar los peligros del cambio de climas, nos parecen infinitas, pero el tiempo disponible no parece serlo. Literalmente, estamos en una carrera contra el tiempo. La cooperación internacional, tan lastimada en los últimos años, no alienta esperanzas de una dinámica colaboración entre todas las naciones dentro de un proyecto destinado a sumar conocimientos, talentos, equipos, experiencias, recursos financieros y humanos, espacios geográficos, etc.

Si el alfabeto en Sumeria impulsó las antiguas civilizaciones del Mediano Oriente y el Mediterráneo, el nuevo alfabeto de la genética podría ayudarnos a atenuar y tal vez evitar los peligros de la crisis climática. Si el primer alfabeto hizo posible escribir cualquier idea con signos que podrían interpretar otras personas, el nuevo alfabeto podría permitirnos, modificar la naturaleza misma de muchos seres vivos y adaptarlos a las nuevas circunstancias. Con el alfabeto clásico podríamos escribir *El origen de las especies* y un discurso de José Martí. Con el alfabeto genético podríamos adaptar una planta de frijol que sufre por la sequía del cambio de climas, a fin de que tuviera una mayor resistencia a la baja humedad, o a ciertas enfermedades, o que adelantara o retrasara su ciclo biológico para escapar efectos nocivos del cambio de climas.

Creo que el recurso más importante para afrontar la crisis ecológica, es el convencimiento universal de que toda la humanidad navega en un sólo barco y si se hunde ese barco, sencillamente nos ahogaremos todos. Por eso creo que la estrategia del salvamento

debe descansar en la convicción profunda de que lo que está en juego, no es la probabilidad de que una teoría se confirme o no, sino la propia supervivencia de cada uno de nosotros. Con base en esa convicción, debemos disponernos a cooperar en un fraterno esfuerzo internacional para lograr las finalidades que son vitales para todos.

### **PETRÓLEO: PRECARIO APOYO DEL BIENESTAR Y LA PAZ**

Los adelantos hechos últimamente en las tecnologías para la búsqueda del petróleo, permiten alentar algunas esperanzas de que las reservas conocidas del oro negro pudieran aumentar. Sin embargo, esas consideraciones dependen de eventos futuros que nadie puede garantizar.

Con respecto a Cuba, la *International Petroleum Encyclopedia*, reporta los siguientes datos: Producción de Petróleo: 42,000 B/D (Barriles por día); Reservas de Petróleo: 2.6 billones BBL (Barriles de Petróleo Estándar); Reservas de Gas: 636 BCF (Billones de pies cúbicos).

El Gobierno Cubano ha abierto bloques para explotación costera de petróleo. Las áreas abiertas están al norte del noreste y sudeste de la Isla, en el estrecho occidental de la Florida, al sureste del golfo de México y noroeste de mar Caribe. Cubapetróleo dividió el área en 59 bloques de 2,000 kilómetros cuadrados cada uno y ofreció contratos de participación en la producción. Los bloques están en 200 a 300 metros de agua.

La producción bruta de Cuba en 1999 fue reportada en el orden de 50,000 B/D durante el año. Según Sherritt Internacional Corp. de Toronto, Cuba aparentemente tiene una configuración geológica favorable para la acumulación masiva de petróleo y gas.

El petróleo y el agua son dos sustancias de las que el mundo depende vitalmente. El “oro negro,” acumulado en las entrañas de la Tierra desde hace millones de años, una vez refinado, se ha utilizado como combustible y materia prima en cantidades siempre crecientes. La industria moderna del petróleo comenzó en 1859, hace menos de 2 siglos. Al principio, el petróleo se usó principalmente para alumbrar. Siguió su uso como generador de fuerza para mover las máq-

uinias de las industrias y los automóviles; como fuente de calor y generación de electricidad, al mismo tiempo que creció su empleo como materia prima para distintos propósitos. De continuar el actual nivel de consumo, la cantidad de petróleo en las reservas “conocidas” quedaría agotada a mediados de este siglo. Mientras se siga usando el petróleo en la escala actual, los gases de invernadero continuarán constituyendo una amenaza para todos. Desde luego, el carbón y otros productos también contribuyen a agravar ese problema.

No se puede negar la posibilidad de que se descubran nuevas reservas de petróleo que permitan aumentar las disponibilidades actuales, pero ciertamente la suerte de la humanidad no es prudente jugarla, como en un casino, a un hecho fortuito. En otras partes de este trabajo se discuten otros ángulos de este grave dilema que se le presenta a la raza humana. Sabemos que hay soluciones alternativas, como el desarrollo de la energía solar, que podría aliviar la situación. Además, nos parece inevitable sugerir que la conducta despilfarradora que ha sido confundida con el bienestar económico, deberán moderarse y ajustarse a las limitaciones de un pequeño planeta.

Cuba ya utilizaba el alcohol como combustible en 1949, como fue documentado al principio de este trabajo, respondiendo a la escasez de petróleo generada en la Segunda Guerra Mundial. Hoy Brasil considera que sus necesidades de combustible son satisfechas casi totalmente por el alcohol derivado de la caña de azúcar. En otros países se usan el maíz y otros granos para producir alcohol y esto generan inquietudes porque esos granos son también un alimento muy importante para segmentos pobres de la población. Al consumirse más maíz y otros cereales para fabricar alcohol, se plantean diversas situaciones que debemos mencionar.

El primer efecto es el aumento del precio de los alimentos al aumentar la demanda del maíz y sus sucedáneos. Por ser esos granos alimentos básicos de la población de bajos ingresos, su encarecimiento tiene repercusiones sociales y posiblemente políticas. De

manera que la cuestión requiere una consideración muy cuidadosa a fin de “no desvestir un santo para vestir a otro.” El dilema ilustra cuan difícil es la solución de muchos de los problemas que plantearía el agotamiento del petróleo.

### **“EL SOL SALE PARA TODOS”<sup>6</sup>**

La sabiduría popular ha consagrado en la frase que encabeza estas notas una realidad obvia: “el sol sale para todos”: Si los progresos logrados en años recientes en el aprovechamiento de la energía solar los desarrollamos para ayudarnos a solventar la crisis energética, podríamos magnificar los beneficios del sol. Cuba a juzgar por información de la Internet proporcionadas por el Gobierno Cubano, ha hecho progresos en ese campo, los que mencionamos antes. Creo que la posición constructiva de todos los cubanos al respecto, los de aquí y los de allá, es conocer en detalle esos progresos, los que deberán desarrollarse en beneficio de Cuba.

Una comprensión, aunque sea superficial, de aspectos técnicos básicos de la energía solar es conveniente. El calor es una forma de energía: la energía de los átomos en movimiento. Los átomos usualmente se adhieren en grupos llamados moléculas. Tanto los átomos como las moléculas están constantemente moviéndose y vibrando. Cuanto más caliente es el objeto las moléculas vibran con más velocidad.

El calor fluye de las áreas más calientes a las más frías. Sólo detiene su movimiento cuando ambas áreas alcanzan la misma temperatura. El movimiento de la energía se realiza de tres maneras: radiación, convección y conducción.

Radiación es la transferencia directa del calor por medio de ondas electromagnéticas. La luz se conduce de dos maneras diferentes. Actúa como una onda y como partículas. Cuando la luz del sol se proyecta como ondas, la llamamos ondas electromagnéticas. Cuando la luz solar actúa como partículas la llamamos paquetes de energía (fotones). Las ondas electromagnéticas se mueven a través del vacío y también a través del aire y del agua.

---

6. *Your Solar Home Guidebook*, The Rarus Institute ([www.rarus.org](http://www.rarus.org)).

El sol produce diferentes clases de luz que incluyen: luz visible, luz ultravioleta, luz infrarroja y otras. La luz infrarroja se llama también “calor” (ondas de calor). Cuando la luz del sol alumbra un objeto, es absorbida por éste o rebota. Todas las luces causan que las cosas se calienten pero la luz infrarroja genera el mayor aumento de temperatura. La mayoría de la energía que nos llega del sol es radiación infrarroja y luz visible. Cuando un objeto se calienta, despiden calor como radiación infrarroja. Cuando la luz da en un objeto éste la absorbe o la rebota. Las superficies oscuras absorben casi toda la luz que llega a ellas. Las superficies blancas reflejan la luz y el calor.

La energía de la luz puede convertirse directamente en electricidad mediante un equipo que se llama “célula fotovoltaica,” o célula solar o célula PV. Las células fotovoltaicas no tienen partes móviles y trabajan silenciosamente sin contaminar el ambiente. Están hechas de materiales semiconductores como el silicón, el elemento más común en la corteza terrestre. El silicón en las células PV es tratado químicamente para hacer capas positivas y negativas. Entre las dos capas se crea un campo eléctrico similar al de una batería.

Además de actuar por ondas, la luz también se comporta como una corriente de pequeñas partículas de energía que se llaman “fotones.” Los fotones son un tipo de partícula poco usual porque parecen no tener peso o masa. Ellos tampoco tienen cargas eléctricas. Aún cuando pensemos que los átomos son increíblemente pequeños, si nosotros miráramos dentro de los átomos podríamos ver partículas más pequeñas aún. El centro de los átomos se llama núcleo. Girando alrededor del núcleo hay partículas de electricidad llamadas electrones.

Cuando la luz alumbra una célula fotovoltaica, se produce electricidad. Los fotones al golpear la célula hacen que su energía sea absorbida por algunos de los electrones en los átomos. Si un electrón absorbe suficiente energía, su órbita se hace tan grande que se separa del núcleo. El electrón es ahora una partícula libre negativamente cargada. Esos electrones tratan de volver a sus átomos pero el diseño de las células los empuja a través de la capa negativa. Si un alambre

es conectado entre las capas de arriba y debajo de la célula los electrones correrán a lo largo y se convertirán con los átomos en la capa positiva. El flujo de electrones cargados negativamente se llama corriente eléctrica. El proceso de fotones liberando electrones se llama efecto fotovoltaico.

Las células fotovoltaicas se producen en diferentes tamaños pero aún las más grandes generan usualmente menos de 3 watts. Esto no es suficiente para dar la energía que requieren la mayoría de los aparatos domésticos. Consecuentemente, para disponer de más energía se conectan varias células en paquetes herméticos llamados “módulos fotovoltaicos o paneles solares fotovoltaicos.” Tales módulos también se llaman paneles solares o módulos PV.

### **Manera de aumentar la electricidad en los paneles**

Recuérdese que los paneles producen más energía cuando la luz les llega en un ángulo de 90 grados y cuando están directamente frente al sol. La electricidad solar es diferente de la que le proporciona su compañía de electricidad. Mientras la primera es directa (DC), o sea, fluye en un solo sentido, la de la compañía es alterna (AC) Los paneles le dan corriente directa. La corriente alterna implica un movimiento en ambas direcciones, o sea la corriente fluye en una dirección y cambia para la dirección contraria alternando 60 veces por segundo Para operar aparatos eléctricos en nuestra casa con paneles solares necesitamos transformar la corriente directa en corriente alterna. Para ello se usan los “inversores.” Para disponer en la noche de la electricidad captada durante el día, deberá acumularse ésta en una batería durante las horas de sol.

### **Usos de la electricidad solar**

El presente trabajo constituye una introducción al aprovechamiento de la luz solar para generar electricidad. Por su naturaleza introductoria, no debe considerarse como una guía completa para asistir al usuario en la planificación e instalación de un equipo completo para captar y aprovechar la energía solar. Para ello recomendamos consultar asociaciones de energía solar como la American Solar Energy Society ([www.ases.org/](http://www.ases.org/))

La electricidad generada por la luz solar puede producir múltiples beneficios. En una escala modesta, ligada al bienestar de las familias de agricultores en el medio rural, podemos sugerir lo siguiente.

- a. Alumbrar la vivienda y así aprovechar las horas de la noche para el trabajo, el estudio y el entretenimiento.
- b. Mantener una pequeña caja refrigerante para prolongar la conservación de alimentos y proveer bebidas frías en el verano.
- c. Operar ventiladores para refrescar el ambiente.
- d. Operar radios para información y entretenimiento.

Las necesidades señaladas han sido seleccionadas con vista a ahorrar recursos y mejorar los aspectos económicos, de salud y productividad de la familia campesina. Dadas las finalidades indicadas sería posible obtener programas de crédito especiales para los agricultores por parte de los bancos agrícolas. Ello haría más agradable la vida en los campos creando incentivos para permanecer en los mismos y frenando el traslado a las ciudades con el consiguiente alivio en las grandes concentraciones humanas.

### UN RECURSO CRÍTICO: AGUA

El *Atlas of the World*, Eighth Edition, de la National Geographic Society, incluye interesantes datos sobre el agua:

- De la totalidad del agua en el planeta, el 97.5% es agua salada y 2.5% es agua fresca (no salada).
- Del agua del subsuelo y la superficie, el 69% es para la agricultura, 21% para uso industrial y 10% para uso doméstico.
- El 70% del peso del cuerpo humano es agua.
- En relación con la disponibilidad del agua existente, nótese que, de manera creciente, ésta está contaminada con productos tóxicos o químicos.

El agua es y siempre ha sido un factor crítico en la vida de los pueblos. Hoy, el crecimiento de la población alrededor del Planeta está aumentando las presiones sobre este recurso vital. En el Mediano Oriente y otras partes del Globo es motivo de fricciones. En relación con este recurso tan importante, caben similares consideraciones a las recomendadas sobre el uso prudente del petróleo.

Petróleo y agua son cuestiones de tal envergadura que abarcan materias que van más allá del alcance de este modesto trabajo. Creo que si damos una solución racional al manejo de las mismas, considerando los intereses generales de toda la familia humana, sería una demostración de que la inteligencia del hombre para dar solución a los problemas contemporáneos no ha perdido su eficacia para asegurar nuevamente la supervivencia de la especie, ahora, en las condiciones creadas precisamente por la propia inteligencia. Tal vez en ese logro estaría el hombre confirmando su excelencia al demostrar su capacidad para perfeccionar su propia obra.

No se puede disimular la importancia de una crisis energética a nivel mundial. La energía del sol y otras fuentes constituyen recursos de gran valor como atenuantes de la crisis. La investigación científica y la tecnología, que han servido al hombre tan eficazmente a lo largo de la historia, parecen ofrecer las mejores esperanzas para resolver el problema a largo plazo. Desde luego, una actitud más responsable en el uso de los recursos del planeta será necesaria si queremos evitar que la crítica escasez del petróleo sea seguida por la del agua, y la del suelo agrícola, así como por las de todos los demás recursos escasos que hoy discuten los economistas, los abogados, los inversionistas, los políticos, los diplomáticos, los militares y los predicadores mientras en la lejanía se oye el estallido de las bombas y el ronco rugir de los cañones.

El agua es esencial para la vida, no solamente del ser humano sino de las plantas y los animales que nos proveen alimentación. Una crisis en el abastecimiento del agua puede desencadenar un caos social en cualquier país. Las alteraciones del clima que pueden considerarse posibles dentro de un escenario de calentamiento global, deben colocar en un estado de prudente alerta a los países que como Cuba han dependido históricamente de la producción agrícola.

El breve resumen anterior dibuja un panorama poco alentador. Si a ello añadimos el aumento geométrico de la población del Planeta, tendremos que concluir que el porvenir de la humanidad depende en gran medida de la conducta de la especie humana en relación con todos los factores que influyen en esta si-

tuación tales como las políticas y situación económicas, creencias religiosas y éticas, intereses de la defensa nacional, estado de la salud pública, y particularmente, la actitud de la población respecto del tamaño de las familias. etc. Además, debemos estimular la creación de una actitud personal y colectiva orientada a usar racionalmente todos los recursos, y a evitar todos los desperdicios, todos los excesos y todos los usos innecesarios.

Realizar esas tareas constituye una labor de titanes, pero hay que reconocer que si no se actúa en una forma que comprenda la mayor parte de la humanidad, los resultados no serán satisfactorios. Los líderes políticos, los pensadores, los investigadores, los empresarios, los líderes religiosos, los intelectuales, las fuerzas económicas y militares, y sobre todo, los ciudadanos comunes y corrientes deberán estar persuadidos de la importancia de esta cuestión. Al final serán estos últimos sencillos ciudadanos del pueblo, los que decidirán.

Obviamente, este trabajo no puede tratar satisfactoriamente temas tan complejos como los antes mencionados, sino meramente esbozar algunos de sus caracteres principales. Consecuentemente, pasaremos a limitar nuestra atención a algunos elementos del uso del agua en la agricultura, ayudados por los instructivos técnicos facilitados por el Centro para la Cooperación Internacional y el Centro para la Cooperación Internacional para el Desarrollo Agrícola de los Ministerios de Relaciones Exteriores y el de Agricultura y Desarrollo Rural, respectivamente, del Estado de Israel, a través de nuestro amigo y colega el Dr. Jacob Sagiv. Al usar ese material lo hacemos persuadidos de su elevada calidad, pero al hacerlo reconocemos que cualquier responsabilidad por el uso del mismo por parte de nosotros en este trabajo me corresponde a mí.

En otra parte mencionamos que la agricultura nació en el Oriente Medio, en Sumeria, situada entre los ríos Eúfrates y Tigris, hace miles de años. Sus habitantes, superando su natural ignorancia de pioneros, crearon la agricultura, la maquinaria más poderosa que se ha concebido para alimentar a los humanos. Otros países de esa región no fueron tan afortunados como Sumeria en la dotación de recursos naturales

como el agua, que allá contó con el aporte de dos ríos. Los antes mencionados documentos reflejan técnicas agrícolas concebidas en las fronteras más avanzadas de la ciencia en condiciones de escasez de importantes recursos naturales, lo que agradecemos por permitirnos enriquecer este trabajo.

Cuba y todos los países deberán incrementar el intercambio de conocimientos técnicos e información en relación con la agricultura en general y con el desarrollo genético de variedades agrícolas resistentes a condiciones que podrían resultar de un cambio de climas. Entre otras, las instituciones internacionales ofrecen asistencia valiosa en esos campos. Además, Cuba por razones de semejanzas de clima, o cultura, o relaciones establecidas, debería promover la cooperación técnica con países como la India, Israel, Estados Unidos y particularmente con los países latinoamericanos.

### **Irrigación**

En condiciones naturales las plantas toman el agua que necesitan de las lluvias. Cuando éstas son insuficientes o su distribución no se ajusta al ciclo biológico de la planta, el agricultor corrige las deficiencias proveyendo el agua faltante por medio de sistemas de irrigación. También puede hacerlo cuando del suministro de agua adicional se espera obtener cosechas mayores.

El diseño de un sistema de irrigación debe satisfacer múltiples requisitos. No se trata de una cuestión “difícil” sino de una empresa compleja que exige conocimientos técnicos básicos sobre lo siguiente:

1. El suelo, su topografía, el suministro de agua, su calidad y el tipo de cosechas.
2. El programa de trabajo de la finca y el estimado de la profundidad del agua a aplicar en cada ciclo de irrigación.
3. El periodo “pico” del consumo diario de agua, la frecuencia de su suministro y la cantidad óptima de las aplicaciones.
4. Las varias alternativas de los tipos de sistemas de irrigación.
5. Determinar el espaciamiento de los aspersores, su descarga, tamaño de las “cabezas,” presión de

- agua así como el número mínimo de aspersores que deben operar simultáneamente.
6. Dividir el campo en áreas de acuerdo con las cosechas, disponibilidad de agua y número de turnos.
  7. Determinar el mejor plano para el conducto principal y los laterales, así como el tamaño de los laterales y del propio conducto principal.
  8. Seleccionar la bomba, preparar los planos, el programa de trabajo e instrucciones y el layout.
  9. Preparar un diagrama esquemático para cada juego de secundarias y colectores que pueden operar simultáneamente.
  10. Preparar un diagrama mostrando los requerimientos de la descarga, presión, la elevación y la dimensión de la tubería.
  11. Seleccionar las tuberías apropiadas empezando por el extremo final de la descarga y terminando por la fuente de agua.

La irrigación de tierras agrícolas es uno de los principales consumidores de agua para el uso humano. La irrigación suele aumentar, a veces considerablemente, los rendimientos así como los ingresos de los agricultores, especialmente en las regiones áridas. Las civilizaciones antiguas prosperaron y se desarrollaron cerca de fuentes de agua usadas para irrigar. En años de sequía los pueblos se veían obligados a emigrar. Desafortunadamente innumerables guerras fueron desatadas por la escasez de agua.

Proyectos gigantescos de irrigación se construyeron en el mundo antiguo. Entre ellos uno de 1200 Km. de largo, el “Gran Canal” en China. En la India y Sri Lanka, se construyeron sistemas de irrigación hace miles de años. La agricultura Egipcia en los tiempos faraónicos es conocida en el mundo entero y fue una fuente importante de alimentación de Roma, mientras el emperador extendía los límites de sus dominios.

Antes de que la electricidad se usara como fuente de fuerza, el agua tenía que ser conducida por gravedad a lo largo de desniveles naturales que requerían la construcción de canales entrelazados, para que el agua fluyera. Esta técnica tenía limitaciones por que obviamente el agua no puede llegar a terrenos situados por encima de las fuentes de agua. Una revolu-

ción tecnológica importante en la tecnología de irrigación empezó con el desarrollo de bombas que permitieron elevar el agua por encima del nivel de su fuente.

Hoy la tecnología agrícola clasifica la irrigación en dos categorías principales: (1) superficie — irrigación sin presión (zanjas, muros, inundación etc.). Este es el sistema de irrigación más usado en el mundo; y (2) irrigación presurizada — aspersión de una superficie y goteos.

Los factores más importante a considerar son la estructura del suelo y sus propiedades físicas; su permeabilidad; el flujo del agua en la superficie del suelo y su movimiento dentro del suelo; la capacidad del campo; el punto de marchitamiento y el estado de la aeración del suelo. Los factores climáticos más importantes son: la precipitación y la evapotranspiración durante la estación de crecimiento. La observación completa de estos factores ayudará a obtener altos rendimientos y buena calidad del producto.

Cualquiera de los métodos que se use constituye una especialidad técnica cuya explicación satisfactoria sobrepasaría la naturaleza, límites y propósitos del presente trabajo. Por ello, en relación con la irrigación de superficie y los demás métodos nos limitaremos a una breve mención, destacando, si fuera del caso, los problemas como salinización y erosión del suelo que deben tenerse en cuenta en cualquier proyecto de riego. El agricultor puede obtener una orientación preliminar útil en este trabajo, pero la ejecución de un proyecto concreto debe estar supervisada por un técnico en la materia. Además, aunque hemos mencionado sistemas importantes, puede haber otros que por diversas razones no nos fue posible incluir.

El regadío genera beneficios pero al mismo tiempo puede ocasionar perjuicios. En regiones áridas muchos suelos contienen sales que se han acumulado por siglos por que la cantidad de lluvia no es suficiente para lavarlos y quitarles las sales excesivas. Además, la sal contenida en el agua de irrigación es una gran amenaza a la agricultura irrigada alrededor del mundo. Las principales sales que causan la salinidad son los cationes de calcio, magnesio, y sodio y los aniones sulfato, cloruro y bicarbonato.

La excesiva salinidad restringe las plantas que se pueden cultivar. Cuando las sales se disuelven forman soda u otros compuestos alcalinos, el suelo se vuelve cáustico y se crean condiciones difíciles. En suelos alcalinos la materia orgánica puede disolverse y ser llevada a la superficie donde se depositan al evaporarse la humedad del suelo. Entonces se cementan en la superficie y producen un suelo estéril que no permite la penetración en el cual pocas plantas pueden crecer. El estudio de esta materia es complejo y requiere la colaboración de especialistas calificados.

Hay fuertes indicaciones de que muchos suelos están sufriendo declinante calidad, lo que obviamente reduce la productividad. El mejoramiento de los factores relacionados con la calidad de los suelos está al alcance del agricultor individual. El puede, por ejemplo, mantener la materia orgánica a altos niveles. Esto tendrá un efecto positivo en la compactación del suelo, lo que ayudará a realizar apropiadas técnicas de cultivo y aún reducir dichos cultivos.

Pero poco puede hacer el agricultor individual sobre la lluvia ácida. Ella puede ser creada por plantas eléctricas situadas a muchas millas de su finca. Este es un ejemplo más de que la crisis ecológica que tratamos en otras partes tiene lamentablemente efectos globales.

### **EROSIÓN**

El suelo, que tradicionalmente se ha considerado un recurso renovable, conserva esta importante cualidad sólo en tanto sea manejado con técnicas que permitan una producción sostenida. Existe una extensa literatura técnica sobre este tema cuya gravedad han experimentado, en el pasado, civilizaciones que perdieron por la erosión la capacidad de subsistir. La erosión es universal y se trata de un fenómeno que es pobremente comprendido, especialmente por aquellos profesionales que se han educado dando al transcurrir del “tiempo” una importancia tal y una inflexibilidad doctrinaria tal, que el “valor presente” de beneficios que se obtendrán después de 50 años, por ejemplo, prácticamente representan cantidades casi despreciables. Olvidan esos especialistas del futuro sin futuro, que los pueblos duran más que 50 años y que los que pierden el suelo, como lamentablemente ha ocurrido, lo pierden casi todo.

Nuestra recomendación general sobre el grave problema de la erosión simplemente es tener en cuenta este azote al diseñar todas las políticas agrícolas, fiscales, comerciales, etc. Además, incluir en los programas educacionales a todos los niveles, empezando en la escuela primaria, una materia destinada a educar a los nuevos ciudadanos del mundo en la importancia del buen uso de todos los recursos naturales, y muy particularmente de su preservación.

El suelo agrícola debe ser considerado un patrimonio de la humanidad.

### **LOS CUBANOS ANTE LA HISTORIA**

La historia del pueblo cubano es rica en logros económicos, intelectuales, políticos, militares y en muchos otros campos de la actividad humana. La independencia de Cuba se logró después de tres décadas de una lucha desigual que al final, fue aprovechada desmedidamente por otras potencias.

Cuba, en la época colonial, a la entrada de la América, sirvió de punto de reunión a las flotas españolas que llevaban el producto del despojo del Continente subyugado, a la llamada Madre Patria. Creo que esa circunstancia, o sea, la entrada y salida de barcos con marinerías de diversos países, que permanecían en La Habana a la espera de los buques que completarían el convoy Interatlántico, enriquecieron la perspectiva que los cubanos de la época tenían del mundo. Refiriéndose a otro episodio histórico donde los cubanos se han visto desplazados a tierras extranjeras, Martí percibió la gran oportunidad que se abría a los mismos, de enriquecerse culturalmente y aportar esa riqueza intelectual al regresar a Cuba. Esos factores, o sea, las visitas de las flotas a La Habana, el exilio cubano durante las guerras de independencia y el más reciente, creemos que han favorecido en Cuba el desarrollo de una cultura universalista. Diría Martí al recomendar que los cubanos aprendieran el idioma inglés, que ellos deberían aprender el idioma y hábitos del Norte con más facilidad que los del Norte el de las civilizaciones ajenas.

Hoy, para meditar sobre el papel que nos corresponde desempeñar para cumplir ante la Historia nuestros deberes con Cuba y para contemplar a nuestra Patria con una visión desprovista de excesivas sensibilida-

des patrióticas, quiero mirarla como la percibió el talento de un estadista, no cubano, pero familiarizado con Cuba a través de la cultura, la geografía y la historia. Me refiero a Don Joaquín Balaguer, intelectual de grandes méritos y político, en el mejor sentido de la palabra, que dotado de una sabiduría mágica asistió con éxito a la República Dominicana en la difícil transición de la tiranía a la democracia. Tomo como referencia el maravilloso discurso de Don Joaquín en la inauguración de la estatua de José Martí en la capital dominicana el 10 de octubre de 1975.<sup>7</sup>

Dice Balaguer aplicando a Martí un pensamiento de Shakespeare “Las Repúblicas se hacen de hombres pero ser hombre es en la tierra difícilísima y pocas veces lograda carrera.” En otro párrafo de su discurso añade: “Pero la vida de Martí no podía escapar el destino trágico que desde un principio preside la suerte de la revolución cubana. En la especie de tragedia griega que marca el rumbo de esa gesta sin precedentes en los anales de la humanidad, los sucesos desencadenan bajo un signo de grandeza y de horror

que no se advierte en ninguna de las otras guerras de independencia de América.” Citando a Martí, Don Joaquín añade: “Tal como es admirable el que da su vida por servir a una gran idea, es abominable el que se vale de una gran idea para servir sus esperanzas personales ... La patria no es de nadie, y si es de alguien, será, y esto sólo en espíritu, de quien la sirve con mayor desprendimiento e inteligencia.”

Nosotros nos preguntamos, en este confuso momento de la Historia, cual debe ser la brújula que los cubanos debemos usar para orientarnos en la búsqueda de un destino para Cuba digno de Martí y los héroes que la hicieron posible. Dice Balaguer: ..”debe ser Martí el punto de convergencia de todos los ideales, de todos los intereses y de todas las virtudes del alma cubana. Volver la vista a él debería ser la consigna de todos los hombres y mujeres nacidos en aquella isla maravillosa. Gracias a él, la Cuba pasajera, fundada sobre intereses transitorios y producto de situaciones no permanentes, podría convertirse en una sola Cuba: la Cuba eterna.”

---

7. Joaquín Balaguer, *Discurso en el develizamiento de la Estatua de José Martí*, el 10 de Octubre de 1975, en la ciudad de Santo Domingo.