

Innovación y Ciencia

Volumen XVII • Nº 2 • Tarifa postal reducida 2010 -194 • Colombia \$ 12.000

Aceites esenciales:
el espíritu de las plantas



ASOCIACIÓN COLOMBIANA
PARA EL AVANCE DE LA CIENCIA

10 AÑOS

innovando en el sector naval, marítimo y fluvial



VICEPRESIDENCIA
Plaza San Pedro N° 4-34
Teléfonos: (57) (5) 6647657 - 6644223
Cartagena - Colombia

www.cotecmar.com
mguardo@cotecmar.com

**DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN,
DESARROLLO E INNOVACIÓN**
Km. 9 Vía Mamonal
Teléfonos: (57) (5) 6685033 - 6685297
Cartagena - Colombia

REVISTA INNOVACIÓN Y CIENCIA
VOLUMEN XVII N° 2- 2010

PUBLICACIÓN DE:

Asociación Colombiana para el Avance
de la Ciencia, ACAC

JUNTA DIRECTIVA ACAC

Eduardo Posada Flórez

Raúl Joya O.

Rubén Ardila A.

Guillermo Hoyos V.

Carlos Corredor P.

Marcelo Riveros R.

Elena Stanshenko

Horacio Torres S.

Helena Groot

Centro Internacional de Entrenamiento e

Investigaciones Médicas - CIDEIM

Academia Colombiana de Ciencias Exactas,

Físicas y Naturales - Accefyn

Centro Interactivo Maloka

PRESIDENTE

Eduardo Posada Flórez

DIRECTORA EJECUTIVA

Carmen Helena Carvajal López

EDITOR

Germán Cubillos Alonso

CORDINACIÓN EDITORIAL

María Carolina Suárez S.

COMITÉ EDITORIAL

Eduardo Posada Flórez

Carmen Helena Carvajal

Elizabeth Castañeda

Jordi Carreras

Marcelo Riveros

CONSEJO EDITORIAL INTERNACIONAL

José Antonio López Cerezo

Alejandro Franco García

PRODUCCIÓN, DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN

Susana Carrié M.

CORRECCIÓN DE ESTILO

Eduardo Aristizabal

FOTOGRAFÍA

Autores y Banco de imágenes

IMPRESIÓN

Nomos Impresores

COMERCIALIZACIÓN

Departamento de Mercadeo de ACAC

DISTRIBUCIÓN

Distribuidoras Unidas



CARÁTULA

El espíritu de las plantas

Fotocomposición: Susana Carrié

Innovación y Ciencia es la revista de divulgación científica y tecnológica de la Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia, ACAC.

DERECHOS RESERVADOS

Prohibida su reproducción parcial o total sin autorización expresa del Comité Editorial. La publicación no es responsable legal del contenido de la publicidad de cada edición.

Los conceptos expresados en los artículos no reflejan necesariamente la opinión de los editores.

Resolución Ministerio de Gobierno No. 5447 del 9 de octubre de 1992

ISSN 0121-5140

Tarifa postal reducida No. N° 2010-194. La Red Postal de Colombia, vence 31 de diciembre de 2010

ACAC Calle 44 N° 45-67, Unidad Camilo Torres Bloque C, Módulo 3

Teléfonos: 3150734 – 3155900

Fax: 2216950

Email: innovacionyciencia@acac.org.co

Bogotá, D.C. – Colombia

Precio de venta al público: \$12.000

Suscripción (4 números al año): \$50.000 para Bogotá,

\$55.000 fuera de Bogotá.

Psicología

Las familias de un solo hijo. Implicaciones psicológicas y sociales

RUBÉN ARDILA.

8



Ingeniería

La calidad del concreto: responsabilidad del diseñador y del constructor

MARÍA FERNANDA SERRANO GUZMÁN.

12



Lenguas

Enseñanza de la lengua materna en la educación superior: un desafío para la investigación en el campo curricular

CAROLINA JARAMILLO CORREA

18



Fotos

Ver para conocer, conocer para preservar

CARMEN HELENA CARVAJAL L.

26



Sumario

Innovación y Ciencia • Volumen XVII • Nº 2 • 2010

Productos naturales 28

Aceites esenciales: el espíritu de las plantas

ELENA E. STASHENCO



Biotecnología 44

Revolución verde: ¿una aplicación exitosa o un fracaso de la biotecnología?

ÁNGELA MARÍA WILCHES FLÓREZ



Economía 50

En búsqueda de una economía de equilibrio

GUNTER TRAPP



Astrofísica 63

De cara al sol

SANTIAGO VARGAS DOMÍNGUEZ



Páginas web 73



El 2010 ha sido declarado por Naciones Unidas el Año Internacional de la Biodiversidad, con el fin de promover la protección de la diversidad biológica e impulsar las medidas tendientes a reducir su pérdida permanente. Para ello se llevarán a cabo numerosas actividades a nivel mundial y regional, con el fin de generar movimientos de opinión que conduzcan a frenar los procesos que de manera tan dramática afectan nuestro entorno.

Este tema reviste particular importancia para un país dueño de la mayor biodiversidad por metro cuadrado del mundo como el nuestro que, de acuerdo con un reciente estudio de la Universidad de Yale, entró al grupo de las diez naciones más respetuosas del medio ambiente en el mundo. Sin embargo, vale la pena recordar que si bien hace 20 años nuestro país declaró el 40% del territorio nacional como reserva natural, los cultivos ilícitos y la colonización incontrolada asociada con el desplazamiento, ponen en peligro esos excelentes resultados.

Del mismo modo, los ambiciosos planes que tiene Colombia para el desarrollo de su potencial minero, deben ser llevados a cabo con suma prudencia, velando porque en todo momento se cumplan las normas ambientales y se establezcan los mecanismos apropiados para controlar la explotación clandestina de esos recursos. Ello no sólo por el impacto que puede tener sobre el medio ambiente, sino por su efecto en el recalentamiento de la economía y en la reevaluación del dólar, lo cual por obvias razones afectaría seriamente a nuestro sector exportador.

Vale la pena a ese respecto recordar la decisión tomada por el gobierno chileno en la época del presidente Lagos cuando, consciente de que las riquezas mineras no son renovables, decidió invertir parte de las regalías del cobre en investigación y desarrollo con el fin de construir una capacidad industrial y agrícola de largo plazo. Gracias a ello Chile, junto con Brasil, es el país de América Latina con la mayor inversión en ciencia y tecnología e, igualmente, uno de los que mejor sobrellevó la crisis económica de los años pasados.

En vísperas de una crucial segunda vuelta presidencial en nuestro país, es fundamental que tengamos en cuenta las propuestas de los candidatos sobre estos temas tan cruciales no sólo para Colombia sino para el futuro de toda la especie humana.

EDUARDO POSADA FLÓREZ
Presidente

CARMEN HELENA CARVAJAL LÓPEZ
Directora Ejecutiva



Especificaciones para la presentación de artículos a la revista

Innovación y Ciencia

TEMAS

Ciencias naturales, físicas y sociales, tecnología, política científica y tecnológica, historia de la ciencia.

LENGUAJE

- Claro, ágil y de fácil comprensión para el lector no especializado. Es importante que el título sea atractivo además de significativo.
- Los términos técnicos deben ir seguidos de una definición sencilla entre paréntesis o entre comas; ejemplo: "... en general se registra taquipnea (respiración rápida), cianosis (coloración azulosa de mucosas y partes más claras de piel)...".
- Cuando se incluyan siglas o símbolos, la primera mención debe decodificarse; ejemplo: "En medicina humana se ha acuñado la expresión síndrome de dificultad respiratoria del adulto (SDRA)".
- Sólo deben usarse abreviaturas y expresiones matemáticas en casos estrictamente necesarios.

EXTENSIÓN

Máximo 10 páginas tamaño carta en letra Arial 12, a doble espacio (excluyendo ilustraciones y cuadros).

FORMATO

Texto impreso y copia en CD o disquete, preferiblemente en formato Word.

MATERIAL GRÁFICO

Es importante anexar el mayor número posible de ilustraciones, fotografías y diapositivas, acompañadas de notas explicativas (pie de fotos) y sugerencias de ubicación dentro del texto. Este material puede incluir:

- Fotografías originales en papel fotográfico o diapositiva.
- Fotografías en versión digital de alta resolución (300 DPI) en formato .tif, .jpg o .eps.
- Esquemas gráficos explicativos (versión impresa o digital).
- Tablas o recuadros sin demasiadas columnas.
- El material fotográfico no debe ser tomado de libros, revistas o internet y debe indicarse su autoría o fuente, si es necesario.
- Del material recibido se seleccionará el de mayor calidad para su publicación y una vez editada la revista, el material será devuelto al autor.

REFERENCIAS

En el texto, las referencias se deben citar con el apellido del primer autor y la fecha de publicación. El listado de referencias se debe organizar en orden alfabético, con el siguiente formato:

1. Artículo de revista científica:

Lee, M. R.; Ho, D. D.; Gurney, M. E. (1987), Functional Interaction and Partial Homology Between Human Immunodeficiency Virus and Neuroleukin, en *Science* 237, 1987, pp.1047-1051.

2. Artículo de libro:

Day, R. A. (1990), *Cómo escribir y publicar trabajos científicos*, Washington, Organización Panamericana de la Salud.

RESUMEN

Descripción breve (5 oraciones cortas) del tópico central del artículo, para su inclusión en el índice de la revista.

IDENTIFICACIÓN DEL AUTOR

- Nombre
- Títulos
- Cargo actual
- Correo electrónico
- Dirección postal

RECOMENDACIONES

Los artículos que hayan aparecido en otras publicaciones, los informes de investigación en curso y aquellos textos cuyos temas sean muy especializados y de interés exclusivamente local no serán considerados para publicación.

Asociación Colombiana
para el Avance de la Ciencia -ACAC-
Calle 44 N° 45 - 67 Unidad Camilo Torres
Bloque C • Módulo 3

Fax: 2216950 • 2219953 • Tels: 3155898 • 3150734
innovacionciencia@acac.org.co
Bogotá, DC, Colombia

Psicología



LAS FAMILIAS DE UN SOLO HIJO.

IMPLICACIONES PSICOLÓGICAS Y SOCIALES

RUBÉN ARDILA

PH.D
PSICÓLOGO E INVESTIGADOR.
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

ruben.ardila@etb.net.co

Resumen

Durante los años recientes se han llevado a cabo importantes cambios a nivel mundial relacionados con la familia, los roles de género, el desarrollo a lo largo del ciclo vital, el papel de los hijos, y otros asuntos de gran relevancia psicológica y social. Con la industrialización, la urbanización y los cambios culturales, las familias han pasado de tener muchos hijos a tener pocos. Se analizan estos cambios y se presenta la alternativa de tener un solo hijo, tal como se ha implementado en China desde 1979, y que es una alternativa muy frecuente en Estados Unidos (especialmente en Nueva York) y también en Europa. Se muestran los puntos positivos y negativos de esta propuesta para el contexto de la sociedad colombiana.

Palabras clave: estructura familiar, hijos únicos, desarrollo socio-económico, China.

“Cuando China despierte...”

En las últimas décadas se ha observado un fenómeno histórico de enorme importancia global que ha cambiado la geopolítica, la economía y la sociedad: el surgimiento de China como potencia mundial. En pocas décadas China pasó de ser un país pobre, aislado y de bajo perfil, a convertirse en uno de los principales protagonistas del mundo actual, con un desarrollo acelerado, una sociedad pujante y un papel decisivo en los asuntos planetarios. Véanse Domenach (2006) y Bregotat Obiols (2007), sobre los desarrollos culturales de China y sus perspectivas en el futuro cercano.

“Cuando China despierte...” advirtió Napoleón I. Sin duda “China ya despertó” (como señaló Alan Payrefitte). Entre la China de mediados de la década de 1970 y la China de hoy, las diferencias son muy claras e impactantes. Esto se debe a varios factores, incluyendo la apertura al mundo, la economía de mercado y una planeación social cuidadosa, acorde con la época actual. Dentro de esa planeación se encuentra la política de un solo hijo.

El crecimiento de la población en los países en desarrollo siempre juega un papel predominante en todos los programas gubernamentales. Entre más personas haya, más puestos de trabajo hay que crear, mayores cupos en las escuelas, más amplia atención en salud, más viviendas, etc. China consideró que la única forma de desarrollarse era implementando su “Política de Planificación Familiar”, que implicaba que cada familia solo podía tener un hijo.

Esta política comenzó en 1979 y se ha continuado hasta hoy. Se aplica en las áreas urbanas, y con algunas excepciones. Los habitantes de áreas rurales pueden tener dos hijos, dado que esto ayuda al desarrollo del campo. Ciertas minorías étnicas también pueden hacerlo y personas en condiciones especiales. Pero la mayor parte de la población urbana solo puede tener un hijo. Para los que contravengan esta norma hay multas y además dejan de percibir beneficios importantes que se conceden a las familias con un solo hijo. El objetivo explícito de China, según se hizo público en su momento, fue aliviar los problemas sociales, económicos y ambientales del país.

Como existe planificación familiar, métodos contraceptivos modernos, interrupción voluntaria del embarazo y beneficios para quienes cumplan la norma, la política de un solo hijo ha sido muy exitosa. Según un estudio reciente, el 75% de la gente la respalda (Pew Research Center, 2008). Sin embargo, China ha tenido problemas y descalabros graves, como el aborto selectivo, el infanticidio y el desbalance de género. En varios países del Oriente, incluida China, se prefiere tener hijos varones, y esto ha dado origen a un desbalance de género en niños y adolescentes que ya es notorio en China. Estos son problemas serios que se están enfrentando para buscarles solución.

¿Qué habría sido del planeta sin la política china de un solo hijo? Recordemos que un crecimiento de la natalidad como el que había hace cuatro décadas no podía continuar y que la quinta parte de la población del mundo vive en China. Según las estadísticas chinas, sin esta política del hijo único China tendría hoy



Cortesía del Instituto Internacional de Historia Social. Colección de Stefan R. Landsberger

Figura 1,

Cartel publicitario de la campaña política: *China con un solo hijo*, en los años 1980. Artista Zhou Yuwei.

300 millones de habitantes más de los que tiene. Esto ha permitido una planeación racional, eficiente y exitosa en el gigante asiático. Y el planeta Tierra se ha beneficiado grandemente de la política china, por razones obvias.

En Colombia la tasa de crecimiento poblacional cambió hace varias décadas con el desarrollo del país, la modernización, la industrialización, la inserción de la mujer en el mundo del trabajo y los avances en la educación. Cambió voluntariamente, con planes educativos, no en forma coercitiva. Las familias de 8 y 10 hijos que eran comunes hace seis décadas ya no se encuentran. Las parejas tienen dos o tres hijos, y sólo excepcionalmente un número mayor. Esto ha repercutido muy positivamente en el desarrollo social del país. Véase *El Mundo en Cifras* (2010), editado por *The Economist*.

¿Qué pasaría si en Colombia se implementara la política de un solo hijo? Sin duda esto se haría por medio de *programas educativos*, no por coerción ni por medio de *leyes impositivas*. Con un crecimiento bajo de la población, la calidad de vida aumentaría considerablemente, la educación, la salud, la vivienda, el empleo mejorarían muchísimo. Sería un cambio decisivo, un "salto cuántico" (como se dice en física) que transformaría muy positivamente el país.

Los hijos únicos

Los psicólogos han encontrado que los hijos únicos y los primogénitos son más inteligentes que los demás (véanse Kristensen y Bjerkedal, 2007, Polit y Falbo, 1987, 1988), tienen más dotes de líder, capacidad emprendedora y auto-eficacia que los otros niños. Se dice también que son más egoístas porque no

aprendieron a compartir con sus hermanos durante la primera infancia. Véase también el libro de McKibben (1998) y el artículo del *New York Magazine* (2005) sobre familias con un solo hijo en Nueva York.

Los planes de erradicación de la pobreza, de educación y salud para todos, las metas del milenio de las Naciones Unidas, tienen en cuenta el crecimiento poblacional. En un país con tantos recursos humanos y físicos como es Colombia, esas metas se lograrían con mayor eficiencia si las familias tuvieran un solo hijo.

Los tres escenarios posibles de crecimiento poblacional serían los siguientes:

1. El escenario tradicional, con familias de 8 o 10 hijos, poca posibilidad de ascenso social, roles tradicionales de género, educación limitada.
2. Situación actual, con 2 o 3 hijos, progreso social lento y planes de desarrollo con recursos limitados.
3. Familias de un solo hijo, que llevaría a un avance más rápido de la sociedad, más adecuado logro de metas y mejores alternativas de crecimiento y de desarrollo de las potencialidades de cada persona.

Como se indicó antes, esta última propuesta se trataría de implementar en forma voluntaria, no coercitiva. Se señalaría, por medio de programas educativos masivos, que tienen más ventajas las familias pequeñas que las numerosas y que los niños crecen mejor y son más sanos. La sociedad podría utilizar mejor los recursos y la planeación se haría más eficiente, a nivel de puestos de trabajo, vivienda, salud, justicia, educación y manejo de los recursos naturales.

Las personas más inteligentes de la "élite cognitiva" tienen pocos hijos (Proyecto Slatint sobre inteligencia de los latinoamericanos, véanse también a Lynn y Vanhanen, 2002, 2006). Por otra parte parecería que las naciones más inteligentes (con un promedio más alto de cociente intelectual, algo que se discute mucho y para lo cual no existe una respuesta científica válida), tienen pocos hijos.

Sea cual sea la respuesta, es un hecho que el precepto bíblico de "Creced y multiplicaos" ya caducó. Amén.

El mundo ha mirado a China como modelo de desarrollo y se afirma que el siguiente Imperio, después de los Estados Unidos, va a ser China. Que es preciso estudiar la filosofía de Confucio y aprender mandarín. Es hora de reflexionar si en estos complejos asuntos relacionados con el valor y el costo de los hijos, el crecimiento poblacional y los cambios en la estructura familiar, China tiene también mucho que enseñarnos. Yo pienso que sí.

Referencias

- Bregotat Obiols, E. (2007). *La segunda revolución china*. Barcelona: Ediciones Destino.
- Domenach, J. L. (2006). *¿A dónde va China?* Barcelona: Paidós Ibérica.
- Kristensen, P., & Bjerkedal, T. (2007). "Exploring the relation between birth order and intelligence", *Science*, 316, 1717.
- Lynn, R., & Vanhanen, T. (2002). *IQ and the wealth of nations*, Westport, Conn.: Praeger
- Lynn, R., & Vanhanen, T. (2006). *IQ and global inequality*. Augusta, GA: Washington Summit Publishers.
- McKibben, B. (1998). *Maybe one. A personal and environmental argument for single-child families*. New York: Simon & Schuster.
- Polit, D.F., & Falbo, T. (1987). Only children and personality development: a quantitative review. *Journal of Marriage and the Family*, 49, 309-325.
- Polit, D.F., & Falbo, T. (1988). The intellectual achievement of only children. *Journal of Biosocial Science*, 20, 275-285.
- The onlies. (2005). *New York Magazine*, May 21.
- The Economist (2010). *El mundo en cifras. Edición 2010*. Barcelona: Gestión 2000.

Los psicólogos han encontrado que los hijos únicos y los primogénitos son más inteligentes que los demás, tienen más dotes de líder, capacidad emprendedora y auto-eficacia que los otros niños.

Ingeniería

La calidad del concreto responsabilidad del diseñador y del constructor

MARIA FERNANDA SERRANO GUZMAN

PHD. INGENIERÍA CIVIL
DIRECTORA GENERAL DE INVESTIGACIONES
UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
SECCIONAL BUCARAMANGA

mariaf.serrano@upb.edu.co

Resumen

El concreto es un material que ha sido utilizado y estudiado por cientos de años, ya que tiene la propiedad de permitir ser moldeado en estado fresco y de adquirir dureza y resistencia en estado endurecido. Se compone de la mezcla de cemento, material pétreo o agregado, tales como la arena y el triturado, agua y en ocasiones aditivos que le confieren propiedades especiales. En este artículo se manifiestan algunas responsabilidades tanto del diseñador (calculista estructural) como del constructor para que el concreto que se recibe en las obras sea el adecuado para la estructura que se está construyendo.

La calidad del concreto: responsabilidad del diseñador y del constructor

El concreto es un material de gran aplicación a nivel de la construcción que puede proveer acabados estéticos a un precio relativamente económico (ASTM, 1994). Aunque este material en los tiempos modernos ha conservado las propiedades mecánicas del pasado, el uso de aditivos y variaciones en los elementos constitutivos de la mezcla han permitido el mejoramiento de las mezclas de concreto según su uso futuro.

Antes de la construcción

Previo a la construcción de cualquier estructura se hace necesario que el diseñador (calculista estructural, cuya función es realizar los cálculos estructurales que definen los requisitos de construcción que garanticen durabilidad y calidad en las estructuras) considere y recomiende la resistencia mecánica a compresión que deberá tener dicha estructura, la cual está relacionada con la calidad de los materiales que constituyen la mezcla de concreto.

El concreto es un material compuesto que consiste en un medio de enlace dentro del cual se embeben partículas o fragmentos de agregado (ASTM, 1994; Carino, 1994). Para ello se utiliza un cemento hidráulico, agua, triturado y arena (éstos dos últimos se reconocen como agregados o material pétreo). Los agregados, usados con un medio cementante para formar concretos o morteros, ocupan alrededor del 70 al 80% de la mezcla (ASTM, 1994) y normalmente son materiales inertes y estables (Muñoz y Sarmiento, 2005). El diseñador (calculista estructural) de obras de infraestructura debe, por lo tanto, vigilar que el material que se recomiende en las mezclas de concreto conserve estas características, además de verificar en los sitios de producción del concreto la forma, la textura y la angularidad de estos agregados por cuanto estas características afectan la resistencia y durabilidad del concreto (Al-Rousan y otros, 2007).

En cuanto a la calidad de la resistencia mecánica del concreto, uno de los ensayos más representativos es el de compresión, en el cual un espécimen de concreto es sometido a la acción de una carga axial (Figura 1) de manera que ésta actúe perpendicularmente a la cara del elemento. Es el diseñador (calculista) quien debe determinar la resistencia requerida del concreto según los fines para la cual la estructura va a ser utilizada y según el medio de exposición de esta estructura.

Figura 1.

Ensayo a compresión de muestras de concreto.



De la misma manera, en los cálculos estructurales, es el calculista quien utiliza el módulo de elasticidad (E) del concreto para estimar las derivas y las deflexiones, es decir desplazamientos, a que puede estar sometida una construcción (Figura 2). El módulo de elasticidad del concreto está relacionado con la resistencia a compresión de dicho concreto. Para el caso Colombiano, la norma sismo resistente de 1998 (NSR-98) establece que para el cálculo de E se utilice la expresión $E=12,500\sqrt{f'c}$ (kg/cm²). Sin embargo, es importante destacar que en un estudio reciente realizado por Torrado y Porras (2009) y dirigido por la PhD. María Fernanda Serrano Guzmán reportó que la ecuación más conveniente por lo menos para los 611 especímenes de concreto preparados en Bucaramanga, fue de $E = 6250 * \sqrt{f'c}$ en Kg/cm² vs. la fórmula sugerida por el NSR-98. Esta ecuación produce valores del módulo de elasticidad un 50% por debajo de lo sugerido por el NSR-98, lo que puede resultar poco conservativo y altamente riesgoso por lo cual se propone usar la ecuación sugerida en el estudio para concretos a ser utilizados en el área de Bucaramanga. Se destaca que estudios similares realizados en Bogotá demostraron también que la ecuación del NSR-98 se alejaba de la que se obtenía con los concretos producidos en la zona (Ruiz et al., 2007), lo cual podría estar indicando que se amerita una revisión de esta ecuación para el caso colombiano.

Figura 2.

Determinación del módulo de elasticidad de especímenes de concreto.



Una vez en obra

Una vez el concreto es producido y se ha decidido utilizarlo para una obra, es responsabilidad del constructor verificar entre otros factores el nivel de asentamiento (medida de la consistencia de una mezcla de concreto que tiene la mezcla). Uno de los procedimientos más comunes para determinar el asentamiento es la prueba del Cono de Abrams (Figura 3). En dicha prueba, se llena un molde metálico en tres capas aproximadamente de igual volumen cada una, compactando con 25 golpes dados con una varilla de acero lisa. Una vez finalizada la tercera capa se enrasa la superficie, se retira el molde, se levanta en dirección vertical sin movimientos laterales y sin tocar la mezcla con el molde cuando se ha separado del concreto (Mantalla, 2006). Una vez se remueve el molde, la mezcla se “asienta” y se

mide la diferencia entre la altura de molde y la altura medida sobre el centro de la base superior de la mezcla (Figura 3). Si el concreto recibido cumple con el asentamiento recomendado por el diseñador (calculista estructural) para la estructura, se procede a colocarlo mediante el uso de bombas u otros equipos para ello.



Figura 3.

Prueba de asentamiento
a) Llenado del cono de Abrams,
b) Medida del asentamiento de la mezcla.

Adicionalmente, es responsabilidad del constructor el realizar el curado a dicho concreto. Por curado se entiende al proceso en el cual es necesario continuar suministrando agua al concreto una vez éste ha fraguado, es decir ha pasado del estado fresco al estado endurecido, con el fin de terminar de hidratar al cemento y así conseguir su máxima eficiencia. Pasados 28 días se asume que el concreto presenta su máxima resistencia. El constructor es responsable, de tomar muestras del concreto que está colocando en su obra, de curar dichas muestras en piletas de curado (Figura 4), y de ensayar a compresión los especímenes preparados.



Figura 4.

Piletas para curado de especímenes de concreto.

Adicionalmente, el constructor puede verificar la resistencia del concreto mediante pruebas no destructivas. Una de ellas es la del medidor de pulso ultrasónico con el cual se determina el tiempo que tarda una onda en viajar a través de la masa de concreto; de la relación distancia sobre tiempo se puede determinar la velocidad de viaje de dicha onda, la cual permite predecir la resistencia del concreto en estado endurecido (Figura 5).



**ESCUELA
COLOMBIANA
DE INGENIERÍA
JULIO GARAVITO**
La primera opción y el mejor ejemplo

MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL

Énfasis en: Ingeniería estructural, Recursos hidráulicos y medio ambiente,
Ingeniería ambiental, Geotecnia, Tránsito y transporte.

Título: Magister en Ingeniería Civil

ESPECIALIZACIONES

DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y CONSERVACIÓN DE VÍAS, ESTRUCTURAS,
INGENIERÍA DE FUNDACIONES, RECURSOS HIDRÁULICOS Y MEDIO AMBIENTE, Y
SANEAMIENTO AMBIENTAL .

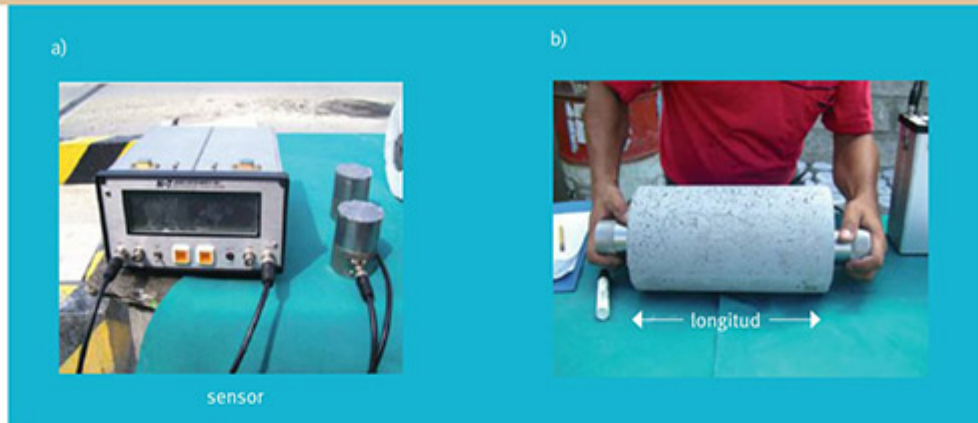
Título: Especialista

Inicio: 9 de agosto de 2010

www.escuelaing.edu.co - Call center: 6683622, Bogotá, D. C., Colombia

Figura 5.

- a) Medidor de pulso ultrasónico,
- b) colocación del transductor para transmisión y recepción de la señal.



fuelle: Torrado y Porras, 2009.

Así, se puede observar que en la selección del tipo de concreto juega un papel importante el criterio del diseñador (calculista) quien establece la resistencia esperada del concreto, la cual está relacionada con la calidad de los agregados, el tipo del cemento y el agua, y las condiciones de transporte y colocación de la mezcla, entre otros muchos factores. Adicionalmente a que el constructor verifique la calidad del concreto en estado fresco que es recibido en las obras, debe posteriormente vigilar que el concreto que se ha colocado esté cumpliendo con los requisitos establecidos por el constructor. En esencia, la calidad del concreto se convierte en una responsabilidad compartida entre el diseñador (calculista estructural) y el constructor, quienes a su vez dependen del control de calidad que se haga en las plantas productoras de mezclas de concreto a cada uno de los insumos que hacen parte de dichas mezclas.

Referencias

- Al-Rousan T., *et al.* (2007, ¿mes?), "Evaluation of Image Analysis Techniques for Quantifying Aggregate Shape Characteristics" en *Construction and Building Materials*, vol. 21, pp. 978-990.
- ASTM, (1994), "Significance of Tests and Properties of Concrete and Concrete-Making Materials", Editores Klieger P. y J. F. Lamond, p. 630.
- Carino N.J., (1994), "Nondestructive Testing of Concrete: History and Challenges", en *American Concrete Institute*, ACI SP-144, Detroit, MI., pp. 623-678.
- Mantalla R., (2006), "Fundamentos de concreto aplicados a la construcción", Publicación del ICPC, Medellín.
- Muñoz J. y L. R. Sarmiento, (2005), "Evaluación técnico-económica del uso del concreto reciclado en la construcción de obras civiles", tesis de pregrado, Universidad Pontificia Bolivariana, Seccional Bucaramanga.
- Ruiz Daniel, H. Vaca, y M. León, (2007), "Propuesta de modificación de la ecuación para la estimación del módulo de elasticidad del concreto en función de la resistencia a la compresión para Bogotá", Bogotá. Pontificia Universidad Javeriana.
- Torrado L.M. y N. Porras, (2009), "Determinación de los módulos de elasticidad del concreto producido con los diferentes materiales existentes en Bucaramanga y su área metropolitana", tesis de grado, Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga.





Durante más de 55 años, el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) ha sido la entidad responsable de la planeación, levantamiento, procesamiento, análisis y difusión de las estadísticas oficiales de Colombia.

Perteneciente a la Rama Ejecutiva, el DANE ofrece al país y al mundo más de 80 investigaciones y operaciones estadísticas de los sectores de la economía, industria, demografía, sociales y agropecuario, entre otras, con los más altos estándares de calidad.

Toda esta labor, sumada a la aplicación de modernas tecnologías de captura, procesamiento y difusión, así como la calidad humana de todos los que participan en el proceso de la organización, permiten que el DANE brinde información estadística para la toma de decisiones y fomente el uso de la misma, lo cual afirma su condición de líder como rector de las estadísticas en Colombia.

A continuación, usted encontrará una descripción general de los planes desarrollados por la entidad, su funcionamiento y aspectos relevantes, así como los estamentos y estructuras que apoyan al DANE desde sus diferentes áreas, para la entrega de información útil y de calidad.

Línea DANE: 01 8000 912002

Centro de contacto ciudadano: 01 8000 952525 - 595 35 25 Bogotá

www.dane.gov.co



ENSEÑANZA DE LA LENGUA MATERNA EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR: UN DESAFÍO PARA LA INVESTIGACIÓN EN EL CAMPO CURRICULAR¹

CAROLINA JARAMILLO CORREA

DOCENTE DEL DEPARTAMENTO DE LENGUAS DE LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA, BOGOTÁ.
PROFESIONAL EN LENGUAS MODERNAS, UNIVERSIDAD DE LOS ANDES BOGOTÁ.
ESPECIALISTA EN ESTUDIOS CULTURALES, PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA,
MAGISTER EN ESTUDIOS DEL DISCURSO Y ARGUMENTACIÓN, UNIVERSIDAD DE ÁMSTERDAM.

c-jaramillo@javeriana.edu.co

Resumen

Las instituciones de educación superior han venido experimentado una serie de transformaciones para ofrecer soluciones y alternativas a las distintas facetas de formación del ser humano entre las que se encuentra la formación lingüística en el campo del español como lengua materna. Hasta ahora, y desde distintas unidades académicas, la Universidad Javeriana ha atendido a las necesidades de formación en lengua materna de sus estudiantes. Sin embargo, la diversidad de programas, de necesidades y de formas de entender la importancia de la enseñanza y el aprendizaje de la lengua materna nos han llevado a cuestionarnos acerca de los currículos que seguimos como docentes en este campo.

Introducción

La enseñanza de la lengua materna en el contexto universitario nos ha llevado a muchos docentes del área a preguntarnos sobre las necesidades de nuestros estudiantes al enfrentarse a aspectos como la escritura académica y la difusión del conocimiento. Asimismo, los protagonistas de la educación superior hemos estado en la tarea de diseñar diversas estrategias para promover el uso académico de la lengua materna en nuestros estudiantes, con el fin de ofrecerles una educación “más integral”. Sin embargo, nos hemos enfrentado a una diversidad de dificultades en la formulación de currículos que suplan dichas necesidades y que al mismo tiempo logren llenar muchos de los vacíos lingüísticos que ha dejado la educación media y que se reflejan a la hora de utilizar la lengua materna en el contexto académico de las universidades.

El presente texto expone la experiencia investigativa del diseño curricular de enseñanza y aprendizaje del español como lengua materna en el nivel de educación superior desde una perspectiva emancipatoria o crítica. Este artículo, al igual que todos los conceptos, resultados y conclusiones que se incluyen en él, son producto de la investigación *“Diseño de un currículo de lengua materna para la Pontificia Universidad Javeriana, desde una perspectiva crítica”* (2007), que surgió como iniciativa para reflexionar y reorientar los procesos de enseñanza de la lengua materna en el nivel de la educación superior, particularmente en el caso de la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá.

En la primera parte de este artículo se presentarán los presupuestos teóricos desde los cuales se orienta el diseño curricular emancipatorio. Seguidamente se expondrá el proceso investigativo llevado a cabo y se dará cuenta de los resultados del proceso en relación con las visiones compartidas por diversos actores curriculares (estudiantes, profesores de diversas disciplinas, directores de programa y decanos académicos) acerca de lo que significa la enseñanza y el aprendizaje de la lengua materna en la educación superior. Finalmente, se presentarán las conclusiones acerca de los presupuestos que orientarían el diseño curricular para la enseñanza de lengua materna en la Pontificia Universidad Javeriana – Bogotá tras la interacción con los diversos actores curriculares como lo propone el enfoque emancipatorio.

1- Este artículo se desprende del proceso y los resultados de la investigación *“Diseño de un currículo de lengua materna para la Pontificia Universidad Javeriana, desde una perspectiva crítica”*, culminada en el año 2007. La investigación fue desarrollada por los profesores Nancy Agray Vargas, Carolina Jaramillo Correa, Vladimir A. Núñez Camacho y William E. Sánchez Amézquita, del Departamento de Lenguas de la Pontificia Universidad Javeriana - Bogotá.



Presupuestos teóricos: ¿qué propone el enfoque emancipatorio?

El enfoque curricular emancipatorio (o crítico), basado en la teoría crítica de la educación (Pennycook, 2001), intenta involucrar a todos los actores educativos y curriculares en dinámicas en las que se comparte, se reflexiona y se discute sobre supuestos teóricos, conceptuales y disciplinares. Lo anterior con el fin de promover una conciencia crítica que permita comprender, cuestionar e interpelar las formas institucionalizadas y las creencias que se construyen sobre las prácticas educativas y sobre el conocimiento considerado “válido” para esas prácticas. Así mismo, siguiendo a Grundy (citada en Sánchez, 2007), el currículo emancipatorio se asocia con los enfoques y estilos de libertad y crítica, lo que implica abordar razones ideológicas, culturales y contextuales a la hora de formular y evaluar propuestas curriculares. De lo anterior se desprende que los profesores, los estudiantes y todas aquellas personas involucradas en los procesos educativos deberíamos preocuparnos por una participación colectiva en la construcción del conocimiento, pues como miembros de una comunidad, todos merecemos la oportunidad de pensar y decidir el qué, el cómo, el porqué y el para qué la educación.

El modelo curricular emancipatorio está constituido por tres niveles de reflexión, que corresponden a los tres niveles desarrollados en esta investigación. Siguiendo el modelo de Grundy (1987), estos tres niveles se definen de la siguiente manera: el nivel de *fundamentación*, en el que se discute y se reflexiona sobre los valores filosóficos, sociales y educativos que orientan la interacción de los diversos actores curriculares (docentes, estudiantes, directivos, etc). El nivel de *decisión o planificación curricular*, en el que los actores curriculares discuten los objetivos, contenidos, experiencias, tiempos, mecanismos de evaluación y otros aspectos a tener en cuenta en el diseño curricular. Finalmente, en el nivel de *actuación del currículo* se construyen acuerdos y principios compartidos y se implementan las decisiones adoptadas por los actores curriculares, teniendo en cuenta que ello exige una responsabilidad conjunta.

Acorde con esto, durante el desarrollo de la investigación se llevó a cabo un proceso de “investigación acción participativa” (Eliot, 1991) en cada una de estas tres fases. Ésta modalidad investigativa se entiende como “una forma de estudiar y de explorar una situación social, en nuestro caso educativa, con la finalidad de mejorarla. En ella participan como “indagadores” o investigadores los mismos actores implicados en la realidad investigada” (Suárez, 2002).

Proceso de investigación: ¿cómo construir un currículo emancipatorio?

Como se mencionó en el apartado anterior, el diseño curricular de enseñanza de lengua materna en la Universidad Javeriana de Bogotá se llevó a cabo a partir de las tres fases que plantea el enfoque emancipatorio. La primera de ellas consistió en la realización de un seminario con los profesores del área de español (lengua materna) de la universidad, en el que se discutieron los criterios generales que orientarían el currículo. Como resultado del seminario, se llegó a una visión compartida por los docentes sobre lo que ellos entendían por los conceptos de lenguaje, lengua y enseñanza y aprendizaje del español como lengua materna en el nivel de la educación superior.

En el trabajo con este primer grupo de actores curriculares, se concluyó que la noción del lenguaje obedece a una facultad humana relacionada con el pensamiento, cuya función es construir, significar y transformar la realidad. Ésta se manifiesta a través de sistemas semióticos verbales y no verbales y establece una relación dialéctica con la realidad que construye. Por otra parte, la *lengua* fue entendida como la manifestación verbal del lenguaje, que se construye social e históricamente, relacionándose con una comunidad de habla específica. Una de sus características formales son las variaciones regionales, sociales y situacionales.

Tras la discusión sobre la noción de *aprendizaje*, se concluyó que se entendería como un proceso volitivo permanente de interacción con la cultura y con el medio y como un proceso dialéctico, dinámico y reflexivo que implica transformaciones de estructuras cognitivas. Asimismo, en cuanto a la noción de *enseñanza*, se compartió la idea de que ésta obedece a un proceso de mediación intersubjetiva que se caracteriza por ser un proceso interactivo y dialógico que implica cuestionamiento y reflexión, y cuya base es la interacción social relacionada con las prácticas culturales.

En la segunda fase de la investigación, se recuperaron los contenidos y actividades de los programas de enseñanza de español como lengua materna en la Universidad; además, se discutieron los diversos ajustes que hacían los docentes del área a dichos programas. Se partió del hecho de que dichos ajustes obedecían a aspectos como la diversidad de carreras de las que provienen los estudiantes que toman los cursos de español, las múltiples necesidades según el nivel de uso académico de la lengua y la variedad de concepciones que tienen los docentes sobre lo que significa el uso de la lengua materna en el nivel de la educación superior (por ejemplo, formulación de tesis e hipótesis, redacción académica, argumentación, expresión oral, lectura crítica, etc.).

Finalmente, con base en la información anterior, en la tercera fase se diseñaron y aplicaron encuestas para todos los actores curriculares que directa o indirectamente participan en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la lengua materna (la muestra incluyó decanos académicos, directores de programa, docentes de diversas áreas y estudiantes de todas las carreras de la Universidad). Lo anterior se realizó con el fin de ampliar tanto las primeras visiones compartidas sobre lo que significa *lenguaje*, *lengua* y *enseñanza* y *aprendizaje* de la lengua materna en la educación superior, como las perspectivas acerca de lo que debería incluir un currículo de enseñanza de lengua materna para toda la Universidad, reflexionando sobre las necesidades de todos los actores curriculares encuestados.

Promover una conciencia crítica que permita comprender, cuestionar e interpelar las formas institucionalizadas y las creencias que se construyen sobre las prácticas educativas y sobre el conocimiento considerado “válido” para esas prácticas.

Resultados: hacia una visión compartida por todos los actores curriculares

A partir de los resultados de las tres fases del proceso se construyó la visión compartida por todos los actores curriculares con respecto a lo que significa el lenguaje, la lengua y los procesos de enseñanza y aprendizaje de la lengua materna en el nivel de la educación superior, visión que se tendría en cuenta para el diseño curricular.

Las tres fases nos permitieron establecer que para el diseño curricular de la enseñanza de español en la universidad, se entendería *el lenguaje* como un vehículo de comunicación propio de los procesos de interacción humana. La comunidad académica coincidió en que esta actividad no se reduce a la pura expresión verbal, sino que existen otras formas de lenguaje dirigidas hacia múltiples procesos de significación de la realidad como lo son el lenguaje musical, espacial, pictórico, etc.

Asimismo, la interacción con los diversos actores curriculares nos permitió establecer que la *lengua* es un concepto más difuso que varía dependiendo del papel curricular. Los directivos de la universidad (decanos, directores de departamento y directores de programa) tienden a asociar este concepto con las construcciones cotidianas de significado. Definen la *lengua* como el instrumento verbal que permite tanto significar la realidad, como aprehender la realidad significada por los interlocutores y transmitida verbalmente.

Por su parte, los estudiantes de la universidad entienden el concepto de lengua como el medio de interacción social por excelencia, que a su vez involucra la codificación del pensamiento en códigos verbales. Vale la pena mencionar que todos los actores curriculares coincidieron en que la *lengua* se rige por un sistema de normas que permiten la comunicación, al hacer referencia a la gramática, la pronunciación, la ortografía y los signos de puntuación como elementos fundamentales de una "buena comunicación verbal".

Entonces, se concluyó sobre la noción de *lengua* que los tres elementos anteriores (construcción verbal de significado y de la realidad, medio de interacción y codificación verbal y sistema de normas) deberían ser incluidos en el diseño curricular.

Con respecto a lo que significa *enseñanza de lengua materna* en el nivel universitario, los directivos y profesores de la universidad asumieron esta actividad como la interpretación permanente de la cultura y del lenguaje a partir de un proceso de comprensión por parte de los usuarios de la lengua. Los participantes en el proceso estuvieron de acuerdo en que la *enseñanza de lengua materna* parte del reconocimiento de

que existen diversas formas de lengua y de habla que obedecen a diversas lógicas de pensamiento y de significación de la realidad de acuerdo con los contextos socio-culturales. Así, ello debe reflejarse en el currículo de la Universidad. Asimismo, en el caso particular de los estudiantes, ellos estuvieron de acuerdo en que la enseñanza del español debe incluir las "normas correctas" de usos de la lengua (entendidas éstas como ortografía y puntuación), aunque coinciden en que ello no debería ser el papel de la enseñanza en la educación superior. Quizás esto último obedezca a las falencias con los que los estudiantes llegan a la universidad, y se convierte en un aspecto que debería explorarse en la educación media.

Finalmente, los actores curriculares coincidieron en que el *aprendizaje de lengua materna* debe incluir el "buen manejo" de las reglas de la lengua. Sin embargo, es necesario aclarar, como ya se mencionó, que este aspecto no se considera clave para la enseñanza en el nivel universitario. Los actores curriculares presuponen que estos aspectos ya se deben conocer cuando se ingresa a la universidad, y de no ser así, deben hacer parte del trabajo autónomo de los estudiantes. Al contrario, según directivos, docentes y estudiantes, el *aprendizaje* en el nivel universitario debería enfocarse en aspectos como los

En el caso particular de los estudiantes, ellos estuvieron de acuerdo en que la enseñanza del español debe incluir las "normas correctas" de usos de la lengua (entendidas éstas como ortografía y puntuación), aunque coinciden en que ello no debería ser el papel de la enseñanza en la educación superior.



procesos de interacción entre comunidades, entendidos éstos como los modos formales e informales de transmisión del conocimiento: comprensión de textos académicos, lectura crítica, elaboración de informes, ensayos, artículos de investigación, etc., y elaboración de presentaciones, exposiciones y sustentaciones orales, entre otras.

Conclusiones: ¿qué nos queda?

En concordancia con el enfoque emancipatorio, el diseño curricular de enseñanza del español como lengua materna para estudiantes de la Pontificia Universidad Javeriana pone en consideración las diversas concepciones de los actores curriculares que, además, y desde el punto de vista de las disciplinas, obedecen a aquellas formuladas por la filosofía del lenguaje, la semiótica crítica y los estudios del discurso. Éstas no se limitan a la expresión verbal, sino que abordan aspectos como los procesos de significación espacial, musical, pictórica y corporal, entre otros, de acuerdo con los intereses de estudiantes y docentes de diversos programas de la institución.

Asimismo, el desarrollo de una propuesta para la educación superior en el campo del lenguaje al parecer no podría desconocer los procesos de interacción social, la construcción de la identidad cultural y el respeto de los valores locales, regionales y universales. Los dos aspectos anteriores nos permiten visualizar que la enseñanza de la lengua materna en la universidad debería centrarse menos en aspectos formales del lenguaje y la lengua (como las reglas y normas gramaticales y de puntuación), y considerar en cambio las diversas formas que permiten a los grupos sociales y culturales elaborar significados e interactuar para construir nuevas realidades. Este aspecto, además, sugiere reflexionar en compañía de otros actores curriculares que realizan la misma tarea, como por ejemplo quienes participan en la enseñanza y aprendizaje de la lengua materna en la educación media.

Consideramos también que los niveles de competencia y el conjunto de acciones complementarias que permitan atender las necesidades de formación en lengua materna de la comunidad universitaria en general, deberían desarrollarse a partir de investigaciones en las que se haga un reconocimiento



Foto: ©Susana Carrié

reflexivo de las funciones de los lenguajes y de las lenguas en los procesos históricos, sociales y culturales de las comunidades. Sugerimos igualmente que, como miembros de la comunidad educativa, y sobre todo por estar inmersos en la cuestión de los currículos, reflexionemos de manera crítica acerca de las concepciones e imaginarios que construimos permanentemente sobre las nociones de sociedad, educación, cultura, lenguaje y comunicación, y las relaciones que establecemos entre ellas.

Finalmente, el proceso desarrollado y los resultados obtenidos también evidencian la necesidad de seguir trabajando dentro y fuera de la Universidad con diversas comunidades educativas en marcos conceptuales y culturales más amplios. Ello quizá permitiría a los actores involucrados en los currículos transformar sus concepciones acerca de lo que significa la enseñanza y el aprendizaje del español como lengua materna y, a partir de ello, lograr mayor coherencia entre lo que sabemos, decimos, sentimos y hacemos al respecto.

Referencias

- Elliot, J. (1991), *Action Research for Educational Change*. Londres, Open University Press.
- Grundy, S. (1987), *Curriculum: Product or Praxis?* Londres, The Falmer Press.
- Pennycook, A. (2001), *Critical Applied Linguistics: A Critical Introduction*. Lawrence Earlbaum Associated Publishers. Londres.
- Sánchez, W. et al. (2007), *Diseño de un currículo de lengua materna para la Pontificia Universidad Javeriana desde una perspectiva crítica*. Informe final de investigación. Bogotá, Pontificia Universidad Javeriana.
- Suárez, P. (2002), "Algunas reflexiones sobre la investigación-acción colaboradora en educación", en *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 1(1).



» TU UNIVERSIDAD, TU PAÍS



investigación - *ciencia* - tecnología

» 8 SEDES

» Amazonas » Bogotá » Caribe » Manizales
» Medellín » Orinoquia » Palmira » Tumaco

un

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
ciencia y tecnología para el país

Ver para conocer, conocer para preservar





Valle de Cocora en Salento, Quindío

Ofrece la más diversa variedad de flora y fauna típicas del bosque de niebla. En el Valle del Cocora encontramos grandes concentraciones de **Palma de Cera**, planta que por su majestuosidad fue denominada árbol nacional. En esta región se encuentran también las reservas naturales de Acaime y Herencia Verde.

Foto de: Carmen Helena Carvajal L.

ACEITES ESENCIALES: EL ESPÍRITU DE LAS PLANTAS



ELENA E. STASHENKO

QUÍMICA, PH.D., PROFESORA TITULAR LAUREADA
DIRECTORA DEL CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN
BIOMOLÉCULAS, CIBIMOL
DIRECTORA DEL CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES
PARA LA AGRO-INDUSTRIALIZACIÓN DE ESPECIES VEGETALES
AROMÁTICAS Y MEDICINALES TROPICALES, CENIVAM,
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER,
EDIFICIO 45 - CENIVAM, BUCARAMANGA

elena@tucan.uis.edu.co

Resumen

Los aceites esenciales son metabolitos secundarios volátiles destilados de plantas aromáticas. Son mezclas líquidas de muchas y diversas sustancias, y se caracterizan por un olor fuerte, distintivo y generalmente placentero. Se producen industrialmente y encuentran múltiples aplicaciones en diferentes ramas de la industria de alimentos, como saborizantes y aromatizantes, para la fabricación de perfumes, cremas, lociones, diversos productos cosméticos y de aseo personal, agroquímicos, biorreguladores y fitofármacos, entre muchos otros usos.

El año 2010 fue proclamado por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) como el Año Internacional de la Biodiversidad. Esto confirma lo trascendental de este inagotable y multifacético fenómeno, desde el punto de vista ambiental y de conservación, de la prospección y de la investigación científica, así como a través de la variedad de aplicaciones y usos sostenibles de los productos derivados de la biodiversidad. La biodiversidad no solo se refiere a las especies vegetales, animales o microorganismos, la biodiversidad también es química, molecular, o sea, está relacionada con miles y miles de moléculas (productos del metabolismo) que generan, por ejemplo, las plantas. Los *metabolitos primarios* (proteínas, lípidos, azúcares, etc.) en las plantas son vitales para que la planta crezca, se multiplique y viva, mientras que los *metabolitos secundarios* le sirven para sobrevivir. Los metabolitos secundarios son moléculas de bajo y mediano peso molecular, generados en la planta por varias rutas de biosíntesis; pertenecen a diferentes clases o familias de sustancias químicas, entre ellas, alcoholes, ácidos, ésteres, fenoles y terpenoides, entre otras. Los principales metabolitos secundarios en las plantas son terpenos, derivados fenólicos y alcaloides. A muchos de ellos, sobre todo a los monoterpenoides (10 átomos de carbono en la molécula), sesquiterpenoides (15 átomos de carbono en la molécula) y fenilpropanoides, les caracteriza un olor típico y una volatilidad relativamente alta.

(En la página anterior)

El aceite esencial es un líquido transparente, muy volátil, con fuerte olor, es un espíritu, el alma de la planta aromática -para muchas flores- es un perfume *per se*.



Foto: ©Elena Stashenko.

Foto 1.

Flores de ylang-ylang (*Cananga odorata*, Familia *Annonaceae*) en pleno desarrollo, importante materia prima para la obtención de aceite esencial de amplio uso en la industria de perfumes y jabones.



Foto: ©Elena Stashenko.

Foto 2.

Hoja de la planta llamada en Colombia "pronto alivio", pertenece a la familia *Verbenaceae* y género *Lippia* (*Lippia alba*), la planta es de amplio uso en medicina popular y con alto contenido de aceite esencial, cuyas propiedades son estudiadas y descritas en muchos artículos científicos.



XVIII CONVENCIÓN CIENTÍFICA NACIONAL

CIENCIA, TECNOLOGÍA, SOCIEDAD + INNOVACIÓN
MEDELLÍN - COLOMBIA

29/1
SEPT A OCT
2010

La Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia, ACAC., los invita a participar en la XVIII Convención Científica Nacional, cuyo tema central es Ciencia, Tecnología, Sociedad + Innovación.

COSTOS DE PARTICIPACIÓN

PROGRAMACIÓN ACADÉMICA

Particulares: \$ 100.000
Asociados ACAC: \$ 80.000
Estudiantes: \$30.000 (Carné vigente)
Estudiantes Asociados: \$20.000

TALLERES

Taller 1: Políticas del conocimiento y desarrollo humano en América Latina.
Taller 2: Administración, monitoreo y seguimiento de proyectos de investigación.

CUPOS LIMITADOS
Particulares \$50.000
Asociados \$40.000
*Cada Taller

ÁREA COMERCIAL E INSTITUCIONAL

Valor m² por alquiler de Stand
Particulares \$100.000 m²
Asociados \$90.000 m²
Área mínima a adquirir: 6 m²

En cualquiera de los casos incluye el valor del IVA



INFORMES E INSCRIPCIONES:

Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia, ACAC
TELÉFONOS BOGOTÁ: 3154009 - 3150728 -
221 4626 - 3150742 - 2219953
convencion@acac.org.co; convencioncientifica@acac.org.co;
mercadeo@acac.org.co; acup@acac.org.co

Lugar: PLAZA MAYOR MEDELLÍN CONVENCIONES Y EXPOSICIONES



Foto: ©Elena Stashenko.

Foto 3.

Planta de citronela (*Cymbopogon nardus*, familia *Poaceae*), fuente de aceite esencial de citronela, uno de los de mayor producción en el mundo y de amplio uso en diversos productos terminados (jabones, lociones, repelentes de insectos, aromatizantes).

Aún no se conocen a cabalidad (a ciencia cierta y con todo lujo de detalles experimentales comprobatorios), todos los propósitos y papeles de los metabolitos secundarios en las plantas, porque pueden cumplir muchas y distintas funciones y operan a través de variados mecanismos. Son agentes de defensa química de las plantas, actúan contra depredadores, insectos, microorganismos (bacterias, virus, hongos), y en general, contra diferentes tipos de plagas; también son remedio para la planta cuando está enferma, lesionada, experimenta un *estrés* (e.g., falta de luz, agua, nutrientes, temperaturas altas o muy bajas), o cuando está infectada. Muchas de estas sustancias son repelentes de insectos, otras son las llamadas sustancias antialimentarias (antiapetito), o sea, quitan a los depredadores las ganas de tragar la planta, pero algunos metabolitos secundarios son también atrayentes de insectos benévolos, a los que necesitan para su polinización y la reproducción (Dudareva, 2006). Muchos compuestos volátiles participan en el proceso de la respiración de la planta, ayudan a regular la humedad en ella, entre otras funciones fisiológicas que cumplen. Las plantas se “comunican” entre sí, se “quieren” o se “repelen”, lo que repercute sobre la velocidad de su crecimiento, propagación, fertilidad, resistencia o la abundancia de biomasa. Desde antaño se ha observado esta propiedad en las plantas que crecen bien o difícilmente cuando se siembran juntas. Por ejemplo, el ajeno, el paico o el hinojo, entre otras, poseen mucha “antipatía” hacia la mayoría de plantas aromáticas “dulces” que crecen al lado. Sin embargo, si se siembran alrededor de un cultivo de plantas de interés, pueden ejercer una función benévola ya que ahuyentarán insectos perjudiciales para el cultivo. Muchas plantas sembradas al lado del eucalipto o del pino pueden rendir menos; su crecimiento y su desarrollo se retrasará notoriamente. En las raíces de algunas plantas se encuentran sustancias que impiden la germinación de semillas de otras especies vegetales, lo que evita la futura competencia por los nutrientes; nuevamente, pueden mencionarse, entre otras, diferentes especies de los géneros *Eucalyptus*, *Pinus*, *Salvia* o de *Artemisia*. Contrario a esto, se conoce también una acción beneficiosa que se observa en los cultivos de maíz mezclados con frijol, trigo o cebada sembrados con alverja, entre otras combinaciones. Las personas se comunican a través de palabras, las plantas emiten mensajes moleculares, que se “leen” y se “interpretan” por otras plantas o insectos, y pueden desencadenar reacciones enzimáticas que gobiernan uno u otro proceso fisiológico en la planta o sirven de gatillo para “disparar” la biosíntesis de nuevos metabolitos secundarios funcionales (aleloquímicos).

En los albores de la historia de la humanidad la relación “hombre-planta” estaba basada, entre otras propiedades (la belleza, el sabor, el valor nutritivo), en la apreciación de su olor, o sea, las plantas se diferenciaban entre las que olían bien, tenían una fragancia deliciosa y aquellas insípidas que no sabían a nada o que olían nauseabundo. Esta selección y la preferencia por especies vegetales con fragancia placentera no son casuales, son productos de la evolución. Lo que olía mal -y ello se aprendió por prueba y error-, presentaba un peligro, ya que el mal olor y la fetidez suelen acompañar la actividad de bacterias nocivas para la salud humana y son satélites de pudrición y descomposición. Diversas propiedades de metabolitos secundarios de las plantas se han utilizado en medicina popular como remedios caseros, en agricultura, como biorreguladores moleculares de diferente índole, por ejemplo, bioinsecticidas.

Entre muchos metabolitos secundarios se destacan los compuestos volátiles, que conforman una clase muy especial de sustancias que se llaman *aceites esenciales*, *aceites etéreos* o *volátiles*, o simplemente *esencias*. Son líquidos, transparentes, fragantes, por lo general de color amarillo-claro a amarillo-oscuro. La excepción la conforma el aceite de manzanilla, que es de color azul. Se llaman “aceites” por su aspecto aparentemente grasoso, pero, en realidad, las esencias no tienen nada que ver con los “aceites” comestibles o de cocina (de girasol, oliva, palma), que son mezclas de triglicéridos; contrario a estos últimos, los aceites esenciales no dejarían una mancha grasosa si caen sobre una tela o un papel ya que se evaporarían al instante dejando sólo su recuerdo, placentero y tenue (Guenther, 1948).

Se encuentra la mención sobre las esencias y plantas aromáticas en jeroglíficos egipcios, manuscritos chinos, hindúes, escrituras de sacerdotes de la Edad Media y de alquimistas. Sus usos no sólo eran curativos sino también mágico-religiosos. Algunos frascos sellados se encontraron en la tumba de Tutankamon, en Egipto, y contenían un ungüento cuyo análisis reveló la presencia de extracto de árbol de incienso y de la esencia de nardo índico. La literatura Ayurvédica revela que en la India, desde ya hace



Foto: ©Elena Stashenko.

Foto 4.

Interacción "Planta-insecto". Diversos insectos visitan las plantas con diferentes propósitos, pero más atención llaman las flores.



Foto: ©Elena Stashenko.

Foto 5.

Interacción "Planta-insecto".

SUSCRIBASE A LA REVISTA **Innovación y Ciencia**



La Revista *Innovación y Ciencia*, cuenta desde su aparición en octubre de 1992, con una gran acogida por parte del público y se ha convertido en un valioso instrumento de capacitación y actualización para sus lectores. El lenguaje divulgativo con que se tratan los temas científicos ha despertado entusiasmo palpable por la ciencia y sus aplicaciones. Está dirigida a empresarios, profesionales, científicos, docentes y estudiantes y, en general, a todos los lectores no especializados que buscan un tratamiento serio, ameno y accesible de temas científicos y tecnológicos de actualidad.

**VALOR DE LA SUSCRIPCIÓN POR UN AÑO PARA FUERA DE BOGOTÁ
\$55.000 INCLUYE COSTO DE ENVÍO**

**VALOR DE LA SUSCRIPCIÓN POR UN AÑO PARA BOGOTÁ
\$50.000 INCLUYE COSTO DE ENVÍO**

CONSIGNACIÓN EN: BANCO DE OCCIDENTE CUENTA DE AHORROS N° 26880746 - 8, A NOMBRE DE LA ASOCIACIÓN COLOMBIANA PARA EL AVANCE DE LA CIENCIA, SOLICITAMOS ENVIAR COPIA DE LA CONSIGNACIÓN CON EL SELLO DEL BANCO LEGIBLE AL TELEFAX (1) 221 9953

**USTED PUEDE CANCELAR TAMBIÉN CON TARJETA DÉBITO O CRÉDITO,
SIMPLEMENTE NOS ENVÍA UN CORREO HACIÉNDONOSLO SABER.**

INFORMES

Tel: 221 4631 - 315 0734
E-mail: innovacionyciencia@acac.org.co
mercadeo@acac.org.co

PUBLICACIÓN DE LA
ASOCIACIÓN COLOMBIANA
PARA EL AVANCE DE LA CIENCIA



Foto: © Juliana Díaz-Stashenko.

Foto 6.

El aspecto de un aceite esencial es "grasoso", pero no es así. Si unas gotas de la esencia caen sobre la tela o un papel de filtro, en pocos minutos se evaporarán sin dejar ninguna huella, solo un placentero y tenue recuerdo, una fragancia.

más de 2000 años, se empleaban esencias para curar diferentes enfermedades. Los griegos antiguos y los romanos usaban esencias y extractos de plantas con fines cosméticos y para baños, que tomaban varias veces al día, aromatizaban con esencias su cabello, cuerpo y hasta la cama, para tener un sueño placentero, o como afrodisíacos. El verdadero despliegue del uso de aceites esenciales en diferentes productos y por sí solos, así como su elaboración industrial, empezó en Francia a finales del siglo XVII. El conocimiento obtenido por los árabes en la Edad Media sobre cómo destilar el alcohol fue el éxito para la posterior elaboración de perfumes en su forma de presentación moderna y uso, puesto que un perfume es una mezcla de agua y alcohol y aceites esenciales, junto con algunos aditivos (antioxidantes, fijadores, colorantes, etc.).

Los aceites esenciales son la "quinta esencia" de la planta, como llamó a los principios activos de las cosas, plantas, sales o minerales Teophrastus Bombastus von Hohenheim (más conocido como Paracelso). Estos aceites se producen en cantidades apreciables (0,2-6%) cuando se extraen de las llamadas plantas "aromáticas", en su mayoría hierbas con un fuerte y característico olor o fragancia que al ser sometidas al efecto del vapor de agua sueltan y recondensan luego una mezcla odorífera líquida compuesta por una variedad grande de sustancias volátiles y químicamente distintas, que, por lo general, evocan el olor de la planta (Bandoni, 2000). Esta mezcla puede tener de 50 a 300 sustancias, entre hidrocarburos terpénicos, sus derivados oxigenados, alcoholes, aldehídos y cetonas, así como compuestos fenólicos, éteres y otros derivados. Las moléculas constituyentes de los aceites contienen carbono, hidrógeno u oxígeno, pero también pueden tener nitrógeno (aceite de ylang-ylang) o azufre (esencias de *grape-fruit*, cebolla, ajo). El olor de un aceite esencial es fuerte, penetrante, pero cuando su pequeña alícuota se incorpora a una solución alcohólica, el aroma se torna delicioso, es un perfume *per se*.

Los aceites esenciales son solubles en disolventes orgánicos, por ejemplo alcoholes (perfumes, lociones), pero su solubilidad en agua es muy baja, y ello se aprovecha en el proceso de su obtención (Husnu, 2009). El aislamiento de los aceites esenciales del material vegetal se puede llevar a cabo de tres maneras, a saber: 1. *Arrastre con vapor*: transcurre con un vapor seco, sobrecalentado, que penetra el material vegetal bajo presión mayor que la atmosférica generado por una caldera; 2. *Destilación con agua-vapor*: en este sistema se emplea un vapor húmedo, formado a partir de agua en ebullición, que atraviesa el material vegetal suspendido encima, sobre una malla; 3. *Hidrodestilación*: se realiza cuando la planta se sumerge directamente al agua, que se calienta a ebullición (Denny, 2001). El aislamiento de aceite esencial de una planta aromática es un proceso netamente físico y no involucra las transformaciones químicas de las moléculas. El vapor de agua, al romper en la planta las vesículas o glándulas que contienen el aceite esencial, se mezcla con sustancias volátiles constituyentes del aceite y las "arrastra"; luego, al pasar por el condensador, la mezcla de vapor y aceite se enfría y se condensa. Los compuestos orgánicos provenientes de la planta no son solubles en agua y pueden ser separados de ella por una simple decantación (un proceso físico de separación de fases) en un recipiente llamado Florentino (frasco separador). Por lo general, los aceites esenciales flotan sobre el agua ya que poseen una densidad menor que 1 (la densidad del agua). Sin embargo, algunas esencias, como por ejemplo el aceite de clavo, resultan ser más pesadas que el agua y se recogen debajo de ella. Algunas sustancias polares, constituyentes frecuentes de aceites esenciales, por ejemplo, alcoholes, aldehídos o cetonas, son parcialmente solubles en agua. El agua condensada y separada del aceite extraído, que se llama *hidrolato*, puede luego utilizarse para una siguiente extracción (este proceso se llama cohobación) o para el riego de material vegetal, así como para la aromatización y la limpieza de pisos, viviendas, piscinas, jacuzzi, saunas, entre otras aplicaciones, que requieren la desinfección y la aromatización.

La mezcla de metabolitos secundarios volátiles se distribuye por todas las partes de la planta, a menudo no uniformemente, y puede concentrarse en una de sus partes, por ejemplo en las *flores* (rosa,

Foto 7.

Un equipo de destilación para obtener aceites esenciales, diseñado en la Universidad Industrial de Santander en el Centro de Investigación de Excelencia, CENIVAM (Bucaramanga).



jazmín, ylang-ylang), en la *corteza* (canela), en las *semillas* (anís, cilantro), en la *cáscara de frutos* (limón, naranja, lima, mandarina), en la *madera* (pino, sándalo), en *rizomas y raíces* (*jengibre, cúrcuma, valeriana, vetiver*), pero más frecuentemente, en *hojas y tallos* (mentas, albahacas, mejorana, pachulí, tomillo, salvia, ruda, oréganos). Por ejemplo, los cítricos dan tres tipos de aceites: de las cáscaras se obtiene *aceite esencial*; de las flores, una mezcla llamada *nerolí* o *azahar* (concreto o absoluto, para su aislamiento se emplean solventes orgánicos); de las hojas jóvenes, *aceite de petit grain*. De planta a planta, los rendimientos de aceite varían mucho, desde 0,01% (jazmín, rosa) hasta 4-6% en semillas de cilantro, anís o coriandro. El rendimiento del aceite es una característica muy importante para su viabilidad económica, pero su otra característica, no menos importante, es organoléptica o sensorial (Ohloff, 1994), o sea, evaluar a qué sabe, si es bienoliente y si es atractivo sensorialmente para ser incorporado en un producto comercial dado (bebidas, jabones, pastas dentífricas, etc.).

Las plantas aromáticas -las que generan esencias en cantidades apreciables-, pertenecen también al grupo de las llamadas *plantas medicinales*. Sus componentes, solos o combinados, exhiben una o varias actividades biológicas (Mann, 1994), v.gr. antibacteriana (manzanilla, caléndula, salvia, lavanda, árbol de té, etc.), antiviral (guaca, orégano del monte, etc.), antifúngica (tomillo, orégano, etc.), anti-parasitaria (paico), antioxidante (romero, salvia, mejorana, orégano, etc.), entre otras (Lewis, 2003). La clave del éxito en el uso de algunos aceites esenciales para eliminar bacterias, incluyendo algunas resistentes a los antibióticos tradicionales y varios hongos patógenos, está relacionada con su composición química, a menudo muy compleja, y con la presencia de ciertos compuestos fenólicos o algunos terpenoides, por ejemplo timol, carvacrol, estragol o terpineol, cineol, entre otros, o la combinación de éstos. Los aceites son mezclas *multicomponente* formadas por sustancias con actividad biológica diversa potenciada a menudo por esta combinación única de varias sustancias que pueden ejercer un notorio sinergismo (Lawrence, 2005). Es muy importante el uso de aceites esenciales como calmantes, relajantes (lavanda, ylang-ylang) o, al contrario, como estimulantes (cítricos), y en general, como agentes que actúan benévolamente sobre el estado de ánimo de las personas, su rendimiento físico o su humor. Esto se aprovecha en aromaterapia (Dweck, 2009) y fisioterapia, en distintos centros de salud, spa (Arieff, 2005); los aceites se usan ampliamente en sanatorios, balnearios y otros sitios de descanso y recuperación de la salud (Lawless, 1995).

Las plantas sirven como adornos, decoran y alegran la vista y el paisaje, son fuentes para propagar el material vegetal (semillas, plántulas), se usan para preparar infusiones, decocciones y algunos remedios caseros (Duke, 2009), pero también son una materia prima importantísima para obtener nuevos productos con valor agregado alto, entre éstos, los aceites esenciales (Arctander, 1994). Se presume que existen alrededor de 3000 plantas que cumplen con la característica de ser "aromáticas", o sea, que poseen aceites esenciales en cantidades extraíbles, pero sólo unos 300 aceites esenciales se comercializan en el mundo para diferentes aplicaciones en industrias de alimentos, productos de aseo e higiene personal, perfumes, cosméticos, fitomedicinas, entre otras (Bandoni, 2000). Las plantas aromáticas que se utilizan industrialmente y se comercializan bajo posición arancelaria definida se originan en diferentes regiones geográficas del mundo: *Mediterráneo* (romero, albahaca, salvia, tomillo, hinojo, cilantro, hisopo, laurel, mejorana y otras); *región tropical*, principalmente, en Asia y África (citronela, palmarrosa, limonaria, cúrcuma, jengibre, canela, clavo, cítricos, cardamomo, vetiver, patchoulí, buchú, geranio, mirra, incienso, entre otras) (Jirovetz, 2007, Vasisht, 2004, Wiart, 2006); en Australia (eucaliptos, sándalo, árbol de té) (Weiss, 1997) y *neo-tropical*, en las Américas (vainilla, cidrón, orégano mexicano, palo de rosa, copaiba, lináloe, sasafrás). Más de 10 revistas internacionales científicas se especializan exclusivamente en publicar artículos sobre aceites esenciales extraídos de plantas aromáticas "nuevas" y conocidas, o sobre nuevos usos de esencias; la mayoría de las pesquisas científicas se enfoca en establecer relaciones entre las condiciones geoclimáticas y agrícolas de cultivo de plantas aromáticas, variables de post-cosecha y procesos de extracción de aceites esenciales, con su *calidad*. La *calidad* de un aceite esencial depende básicamente de su composición química, de cuántos y cuáles componentes lo conforman y en qué proporción se encuentran. Sustancias a nivel de *trazas*, difícilmente detectables por equipos analíticos instrumentales, pueden jugar un papel definitivo cuando un aceite se evalúa sensorialmente y se toma la decisión sobre su comercialización, precio o aplicación en



Foto: Olena Stashenko.

Foto 8.

CENIVAM – Centro Nacional de Investigaciones para la Agro-industrialización de Especies Vegetales Aromáticas y Medicinales Tropicales. Complejo agro-industrial piloto, colección de especies tropicales ex-vivo. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga.

un producto final (Jirovets, 2005). Cada año se publican más monografías y libros sobre las plantas aromáticas, sobre su cultivo, propagación, obtención de aceites y los numerosos y variados usos que éstos pueden tener. En los últimos 40 años se observa un aumento exponencial del número de publicaciones sobre aceites esenciales, básicamente en las áreas de agricultura y ciencias biológicas, química y medicina. Por ejemplo, la Base de Datos *Scopus* (Elsevier, B.V., 2009) registra 115 artículos científicos sobre aceites esenciales publicados en 1980, mientras que en 2008 este número subió a 2289 (Stashenko, 2010). Los investigadores de los EE.UU., Brasil, Italia, India, Turquía e Irán son los que publicaron más sobre aceites esenciales, sus diversas propiedades y aplicaciones. Estos países se destacan también como grandes productores o consumidores de esencias (Lawrence, 2007; Bandoni, 2008).

Los aceites esenciales se pueden clasificar de distintas maneras según el criterio que se use, por ejemplo, con base en la *naturaleza química* de sus componentes mayoritarios (monoterpenoides, sesquiterpenoides o fenilpropanoides), el *origen* y la *consistencia* (fluidos, bálsamos, oleorresinas), o según el área de su *aplicación* en la industria o medicina, a saber: (1) *aceites perfumísticos* (jazmín, patchouli, geranio, ylang-ylang, palmarrosa, sándalo); (2) *aceites de especias* (clavo, canela, cúrcuma, jengibre, cardamomo, coriandro); (3) *aceites cítricos* (limón, naranja, mandarina, bergamota, lima); y (4) *aceites herbáceos* (mentas, manzanilla, romero, salvia, orégano, lavanda). Básicamente, el área de aplicación de un aceite esencial lo definen sus características sensoriales y la composición química; éstas son interdependientes, es decir, de la composición del aceite dependerán sus características organolépticas (sensoriales) y la actividad biológica, por ejemplo, propiedades antimicrobianas o antioxidantes. Los aceites esenciales pueden ser atractivos para su obtención y comercialización a diferentes escalas industriales por distintas razones; entre estas figuran las siguientes: (1) un alto rendimiento; (2) propiedades sensoriales excepcionales, únicas, o algunas características de actividad biológica aprovechables en diferentes productos terminados (v.gr. repelente de insectos, jabón antifúngico, crema



Foto: ©Elena Slashenko.

Foto 9.

Aceite esencial – espíritu de la planta; se extraen – según la especie vegetal-, de flores, hojas, corteza, raíces, semillas o cáscaras de fruta.

antibacteriana, etc.); (3) como fuente de un compuesto químico que se encuentra en un aceite en concentración alta y que puede servir como un material de partida para la síntesis de nuevas moléculas de interés, como por ejemplo el citral en aceites de cítricos o de limonaria que se emplea para obtener iononas (valiosos ingredientes en perfumes finos) y la vitamina A, entre otros derivados (Bandoni, 2008). El efecto de olores sobre el estado anímico se ha observado desde antaño (Toller, 1994, Vasisht, 2003, Bowles, 2003), pero hoy en día esta propiedad se aprovecha intensamente no sólo en los lugares o centros para el cuidado de salud, sino también en hoteles, oficinas, talleres, transporte, almacenes, centros comerciales, aulas y salas de conferencias y cine, etc. Estos sitios empiezan a asociarse con su fragancia, que forma parte de un recuerdo positivo; además, un olor atractivo de un producto es un argumento más para que sea elegido. Ello resuena aún más con la conciencia colectiva que hoy en día se dirige hacia el uso de los productos o ingredientes de origen natural como parte de una importante tendencia mundial moderna. El empleo de aceites esenciales en agricultura también es cada vez más frecuente; éstos forman parte de mezclas de los llamados *biopesticidas*, francamente menos nocivos para el ambiente y los consumidores que las sustancias de origen sintético (los mal llamados “químicos”). Los aceites esenciales se utilizan en mezclas de diferentes sustancias, aprovechando sus efectos alelopáticos (es decir, diferentes interacciones químicas “planta-planta” o “planta-organismo”, ya sean éstas perjudiciales o benéficas), como sinergistas de principios activos de los biopesticidas o como repelentes de insectos o agentes antiapetito, entre otras funciones que manifiestan (Mittal, 2007).

El mayor consumidor de aceites esenciales es la industria de alimentos. Los aceites de cítricos, en cantidades altas, se usan en bebidas gaseosas, los de anís y cardamomo, menta y ajeno, en diferentes bebidas alcohólicas, aguardientes y vermouths; los de orégano, tomillo, romero, albahaca, coriandro, hinojo, alcaravea, cúrcuma, jengibre, canela, vainilla, entre otros, en condimentos, aromatizantes y saborizantes. Los aceites de diferentes mentas se emplean en pastas dentífricas, en productos de

la industria tabacalera, y en enjuagues bucales; los de lavanda, rosa, patchouli, vetiver, ylang-ylang, en perfumes; los de citronela, romero, albahaca, lavandinas, cananga y otros en jabones, lociones, ambientadores, etc. (Leung, 1996).

Los centros de producción de aceites esenciales donde se destila más del 60% de todos los aceites esenciales del mundo se ubican en la actualidad en China, India, Indonesia, Egipto, Turquía, México y Brasil, países en vía de desarrollo económico muy rápido, y en otros casi 20 países en vía de desarrollo (Madagascar, Vietnam, Birmania, Guatemala, Sri Lanka, Marruecos, entre otros). A todos estos países los une su larga tradición agrícola, su gran potencial agro-industrial, su alta población y la mano de obra relativamente barata. Sin embargo, los países en vía de desarrollo rápido (v.gr., Brasil, China, India) poseen, además, un nivel de avances agro-tecnológicos alto, lo que permite garantizar la obtención de aceites esenciales y sus derivados a una escala grande y de muy buena calidad. China es uno de los mayores productores mundiales de aceites esenciales de eucalipto (7.000-11.000 ton/año), citronela (800-1.500 ton/año), anís estrellado (2.300-3.000 ton/año), *Litsea cubeba* (800-1.200 ton/año), cedro (2.500-3.500 ton/año), yerbabuena (*Mentha spicata*) (500-900 ton/año), entre otros aceites destilados de lavanda, lavandina, distintas mentas, ajo, cebolla, pino, etc. La combinación de la tecnología propia y la agricultura con costo laboral relativamente bajo, la implementación de biotecnología en los procesos de obtención de aceites esenciales, junto con grandes subsidios gubernamentales y el interés estatal firme para apoyar la industria de aceites esenciales en China, hacen de este país el mayor productor y exportador de esencias naturales en el mundo. La India produce y exporta prácticamente todos los aceites esenciales, desde los más comunes, v.gr., de menta, eucalipto, lavanda, pino, cedro, tomillo, clavo, patchouli, etc., hasta los más exóticos, por ejemplo, aceites perfumísticos, como *Attar oil*, aceite de davana (*Artemisia pallens* Wall), esencia de sándalo, etc. Es el mayor productor de aceite de menta inglesa (*Mentha piperita*) y de múltiples productos químicos derivados de aceites tanto naturales (mentol, mentona, alcanfor, cineol) como sintéticos, a precios relativamente bajos, de buena calidad y altamente competitivos en el mercado mundial de sabores y fragancias. La industria de aceites esenciales en la India está basada en las cooperativas agrícolas, usa la tecnología doméstica sencilla y se apoya en los subsidios gubernamentales para su desarrollo. Es el país con el mayor número de destiladores de aceites esenciales instalados en el mundo. Decenas de institutos y centros de investigación, innovación y desarrollo productivo están diseminados por toda la India, generando un importante enlace entre ciencia, tecnología, innovación y campo. Otro país a mencionar es Indonesia, que produce más de 90% del aceite esencial de patchouli en el mundo, una de las materias primas más importantes en la industria de fragancias y perfumes. Se destaca también la producción en Indonesia de aceites de clavo, citronela, limonaria, palmarrosa, jazmín, ylang-ylang, cananga, casia, nuez moscada, otros. El Consejo estatal de aceites esenciales (*Indonesian Essential Oil Council*) gobierna y coordina la actividad productiva de aceites esenciales en Indonesia, ya que esta actividad económica representa una considerable contribución al producto interno bruto (PIB) del país (AEOC & Expo, 2010).

Contradictoriamente, Colombia no entra en la lista de países productores de esencias; es importador neto, lo que es más que extraño, sobre todo, cuando existen formalmente todas las condiciones (clima, tierra, posibilidad de varias cosechas al año, tradición de país agrícola, etc.) para el desarrollo de esta importante industria que generaría productos agrícolas costosos y brindaría nuevas oportunidades de trabajo en el campo. Sin embargo, el desarrollo de una nueva industria implica un interés y una inversión económica tanto estatal como del sector privado, e indudablemente un esfuerzo de investigadores para construir una plataforma técnico-científica que permitiría apoyar a los proyectos agro-industriales y crear una tecnología propia e innovadora que sería la base para competir exitosamente en el mercado internacional de aceites esenciales (CENIVAM, 2010).

Es difícil estimar la cifra exacta de producción anual de aceites esenciales en el mundo, pero posiblemente supera 150.000 toneladas métricas (se excluyen aceites de terpenina destilados de las especies del género *Pinus* sp.). El aceite de naranja se produce en el mundo en el más alto volumen, de ca. 30.000 – 40.000 toneladas métricas al año. En general, 20 aceites esenciales conforman más de 90% (en cuanto al volumen) de casi 250 aceites que se comercializan. Aceites de naranja, menta y eucalipto figuran entre los 20 primeros (Weiss, 1997, ITC, 2009). Hay dificultad para estimar las cifras exactas de

producción anual de aceites en el mundo, puesto que en muchos países, v.gr. en la India, Indonesia, Brasil, estos productos se destinan tanto para la exportación como para el uso interno. La producción de aceites individuales, así como su demanda, pueden fluctuar de año a año. Factores económicos que dependen de la oferta y la demanda y de las condiciones climáticas, geopolíticas y sociales de los países productores inciden dramáticamente sobre sus precios en el mercado. En el mundo, tan sólo 10 empresas, encabezadas por *Givaudan*, seguida de *Firmenich* e *IFF*, controlan más del 70% de la venta y la distribución de aceites esenciales, aromatizantes, sabores y fragancias. Son productoras y distribuidoras de esencias naturales, artificiales y sintéticas, y tienen representación en más del 60% de los países del mundo (Stashenko, 2010). Aunque los aceites esenciales poseen un volumen métrico de producción anual relativamente pequeño en comparación con los del petróleo o gas natural, aceites vegetales, biocombustibles, polímeros y fertilizantes, etc., estos productos gozan, empero, de un valor agregado muy alto.

La diversidad química y sensorial de los aceites esenciales está estrechamente relacionada con la biodiversidad de las especies vegetales aromáticas de las cuales provienen; éstos pueden ser árboles, arbustos o hierbas que pertenecen a diferentes familias botánicas, géneros y especies. En Colombia, muchas de las plantas aromáticas son introducidas de Asia, África o Australia, pero la mayoría, las más tradicionales, conocidas y usadas, muy comunes y -desde hace muchos años naturalizadas-, provienen de la región Mediterránea. Es un gran reto para Colombia llevar a cabo un estudio detallado y sistemático de su flora aromática autóctona; el estudio abarcaría los aspectos etno-botánicos, toxicológicos, fisiológicos, agronómicos y sobre la domesticación de las plantas, así como las investigaciones fitoquímicas sobre los aceites esenciales, sus propiedades sensoriales y actividades biológicas.

Los aceites esenciales son productos agro-industriales, forestales no maderables, muy especiales, *sui generis*, con alto valor agregado, cuya principal característica distintiva es su fragancia, un olor intenso y muy particular para cada aceite, que depende tanto del tipo de la planta de la cual se extrae como de la composición química, que puede ser variable y es muy compleja. Las esencias se extraen de plantas que se cultivan generalmente en climas tropicales y sub-tropicales; en algunos países (Madagascar, Indonesia, Islas Comoras), los cultivos de plantas aromáticas y la industria de aceites esenciales presentan una apreciable contribución a su PIB. Las esencias jamás dejarán de ser altamente preciadas aunque la producción y demanda de los aceites esenciales fluctúen en el tiempo y según el país, (dado que dependen de la situación económica regional y global), por la constante necesidad y la demanda creciente de muchas industrias que las utilizan en un mundo de consumidores cada vez más exigentes que reclaman ingredientes naturales en los diversos productos que diariamente consumen o usan.

Referencias

AEOC & Expo (2010). Memorias del *Asian Aroma Ingredients Congress & Expo (Asian Essential Oil Congress & Expo)*. mayo 7-9, 2010. Gurgaon, Delhi, India,

Arctander, S. (1994), *Perfume and Flavor Materials of Natural Origin*, Allured Publishing Corp., Carol Stream, Illinois.

Arieff, A.; Burkhart, B. (2005), *SPA*, Taschen, Barcelona.

Bandoni, A. (Ed.) (2000), *Los recursos vegetales aromáticos en Latinoamérica. Su aprovechamiento industrial para la producción de aromas y sabores*, CYTED. Subprograma IV. Proyecto IV.6. Universidad Nacional de la Plata, La Plata, Argentina.

Bandoni, A.; Czepak, M. P. (Eds.) (2008), *Os recursos vegetais aromáticos no Brasil: seu aproveitamento industrial para a produção de aromas e sabres*, Edufes, Vitória, Brasil.

Bowles, E. J. (2003), *The Chemistry of Aromatherapeutic Oils*, 3rd Ed. Allen & Unwin, Crows Nest, Australia.

CENIVAM (2010). Centro de Investigación de Excelencia (2004-2009). Informe Final del Proyecto "Estudio Integral de Especies Aromáticas y Medicinales Tropicales Promisorias para el Desarrollo Competitivo y Sostenible de la Agroindustria de Esencias, Extractos y Derivados Naturales en Colombia",

(CO N° 432-2004, Colciencias-CENIVAM). Portal en internet: <http://cenivam.uis.edu.co> (Consulta: mayo, 2010).

Denny, E. F. K. (Tim) (2001), *Field Distillation for Herbaceous Oils*, 3rd Ed. Denny, McKenzie Associates, Lilydale, Tasmania, Australia.

Dudareva, N. A., Pichersky, E. (Eds.) (2006), *Biology of Floral Scent*, CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Ratón, Florida.

Duke, J. A., Bogenschulz-Godwin, M. Jo; Ottesen, A. R. (2009), *Duke's Handbook of Medicinal Plants of Latin America*, CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Ratón, Florida.

Dweck, A. C. (2009), The Internal and External Use of Medicinal Plants, en *Clin. Dermatol.*, 27, 2009, pp.148-158.

Günter, E. (1948-1952), *The Essential Oils*, Vol. I-VI. Robert E. Krieger Publishing Company, Malabar, FL.
Husnu Can Baser, K.; Buchbauer, G. (Eds) (2009), *Handbook of Essential Oils: Science, Technology and Applications*, CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, Florida.

ITC. International Trade Centre. (2009), UNCTAD/WTD. *Market News Service. Essential Oil and Oleoresins*, Bulletin MNS, Junio, 2009.

Jirovets, L.; Buchbauer, G. (Eds.) (2005), *Processing, Analysis and Application of Essential Oils*, Har Krishan Bhalla & Sons, Dehradun, India.

Jirovetz, L.; Dung, N. X.; Varshney, V. K. (Eds.) (2007), *Aromatic Plants from Asia: Their Chemistry and Application in Food and Therapy*, Har Krishan Bhalla & Sons, India.

Lawless, J. (1995), *The Illustrated Encyclopedia of Essential Oils. The Complete Guide to the Use of Oils in Aromatherapy and Herbalism*, Barnes & Noble Books, Londres.

Lawrence, B. M. (1979-2007), *Essential Oils. Progress in Essential Oils, 1979-1980, 1981-1987, 1988-1991, 1992-1994, 1995-2000, 2001-2004, 2005-2007*. Allured Publishing Corp., Carol Stream, Illinois.

Lawrence, B. M. (Ed.) (2005), *The Antimicrobial/Biological Activity of Essential Oils*, Allured Publishing Corp., Carol Stream, Illinois.

Leung, A. Y.; Foster, S. (1996), *Encyclopedia of Common Natural Ingredients used in Food, Drugs, and Cosmetics*, 2nd Ed. John Wiley & Sons, Inc., Nueva York.

Lewis, W. H.; Elvin-Lewis, M. P. F. (2003), *Medicinal Botany, Plants Affecting Human Health*, 2nd Ed. John Wiley & Sons, Inc.

Mann, J.; Davidson, R. S.; Hobbs, J. B.; Banthorpe, D. V.; Harborne, J. B. (1994), *Natural Products: Their Chemistry and Biological Significance*, Longman Scientific & Technical, Harlow, UK.

Mittal, R.; Singh, S. P. (2007), Shifting from agriculture to agribusiness: The case of aromatic plants, en *Agric. Econ. Res. Rev.*, 20, 2007, pp.541-550.

Ohloff, G. (1994), *Scent and Fragrances. The Fascination of Odors and their Chemical Perspectives*, Springer-Verlag, Berlín.

Stashenko, E.E. (2010), *Aceites esenciales*, Ediciones UIS, Bucaramanga, Colombia.

Toller, van S.; Dodd, G. H. (Eds.) (1994), *Perfumery. The Psychology and Biology of Fragrance*, Chapman & Hall, London.

Vasisht, K.; Kumar, V. (Eds.) (2003), *Medicinal Plants and their Utilization*, ICS-UNIDO. International Centre for Science and High Technology, Trieste, Italia.

Vasisht, K.; Kumar, V. (Eds.) (2004), *Compendium of Medicinal and Aromatic Plants. Africa*, ICS-UNIDO, Trieste, Italia.

Weiss, E. A. (1997), *Essential Oil Crops*, CAB International, Nueva York.

Wiat, C. (2006), *Medicinal Plants of Asia and the Pacific*, CRC, Taylor & Francis Group, Boca Ratón, Florida.



Biotecnología

ÁNGELA MARÍA WILCHES FLÓREZ

Microbióloga
M.Sc. Microbiología
Dirección Nacional de Investigaciones
Universidad Antonio Nariño

asistente.dni2@uan.edu.co

REVOLUCIÓN

VERDE

¿una aplicación exitosa
o un fracaso de la biotecnología?

Introducción

En la actualidad dar una definición de biotecnología resulta una tarea complicada debido a las muchas dimensiones que el término ha adquirido. Sin embargo, hay un concepto base que ilustra lo que esta disciplina puede ser: tecnología que utiliza las propiedades de los seres vivos para generar productos o modificar procesos o propiedades de los organismos (microorganismos, plantas o animales) con fines específicos y determinados.

La biotecnología no se considera en sí misma una ciencia definida como tal, sino un sinergismo multidisciplinario en el cual se involucran diferentes ciencias como la biología, la bioquímica, la genética, la virología, la agronomía, la ingeniería, la química, la medicina y la veterinaria, entre otras; su enfoque está orientado tanto a la investigación básica como a la resolución de problemas prácticos y la obtención de bienes y servicios para el beneficio del hombre. La biotecnología nace con el objetivo de aportar soluciones innovadoras y sustentables a la contaminación ambiental, la producción de medicamentos, las alternativas en la agricultura y las técnicas modernas para el mejoramiento genético del ganado, los peces y las aves, por citar algunas de las aplicaciones.

La biotecnología es una tecnología ambivalente en lo que respecta al concepto de tecnología emergente, ya que en ella confluyen aplicaciones tecnológicas tan antiguas como el hombre, tal es el caso de la transformación de alimentos (pan, cerveza, vino, lácteos), que recurre a tecnologías tradicionales como son los procesos de fermentación utilizados en la industria agroalimentaria y farmacéutica, así como tecnologías modernas derivadas del conocimiento de las bases de la información genética y de la capacidad para modificarla. En resumen, la biotecnología es una tecnología que utiliza las propiedades de los seres vivos para producir y transformar alimentos, para obtener sustancias con actividad terapéutica, para dar solución a las alteraciones del medio ambiente. En unos casos utiliza las propiedades de los seres vivos tal como se encuentran en la naturaleza, lo que corresponde a la biotecnología antigua o clásica; en otros casos recurre al conocimiento de las capacidades funcionales de los organismos para producir sustancias o mejorar procesos, constituyéndose así en la denominada biotecnología moderna o de segunda generación (por ejemplo, producción de antibióticos, vitaminas, entre otros). Actualmente, se ha llegado a hablar de biotecnología de tercera y cuarta generación, las cuales surgen en la segunda mitad del siglo XX como resultado de la profundización del conocimiento de las bases moleculares de la vida, lo que permitió la manipulación del genoma para saltar las barreras entre especies. La biotecnología de tercera generación se basa en la manipulación de las moléculas de ADN para obtener organismos o productos útiles, y la de cuarta generación, en el conocimiento de la secuencia en que se encuentran los nucleótidos en el ADN y el conjunto de las proteínas en el organismo en busca de aplicaciones en la salud humana, como podría ser la medicina personalizada basada en la genómica y la proteómica.

Debido a su desarrollo, la biotecnología moderna se ha convertido en una disciplina controversial, pues es capaz de generar importantes soluciones a grandes problemas, pero a la vez crea problemas de magnitudes insospechadas; por ello genera enormes temores, al tiempo que da surgimiento a nuevas esperanzas en el futuro del mundo, de los recursos y de la forma en que nos relacionamos con ellos. Un sector en el que se ha sentido el gran impacto de los aportes de la biotecnología es la agricultura; este artículo pretende analizar, precisamente, el impacto que tuvo la denominada revolución verde en el sector agrícola y en la vida de las personas.

La producción agrícola en el mundo actual se obtiene por medio de dos grandes sistemas o formas de hacer agricultura: la agricultura tradicional y la agricultura moderna científica.

La agricultura tradicional tiene la peculiaridad de seguir un método empírico espontáneo de obtención de conocimientos, así como formas tradicionales de transmitirlos, conservarlos e intercambiarlos; además, es practicada por los agricultores de bajos recursos económicos, lo que establece un modo de producción predominantemente de autoconsumo. Históricamente, este sistema ha prevalecido en

El genetista Norman Borlaug. (En la página anterior) considerado el padre de la "revolución verde".



Campeſinos afroamericanos, cultivando la caña de azucar. 1942.

todos los rincones de la tierra, aplicado por un alto porcentaje de agricultores en la mayoría de las zonas agrícolas. El agricultor precapitalista es conservador en el sentido eſtricto de la palabra, debido a que conserva y no destruye, además, es un innovador profundo que a lo largo de su historia ha recolectado, seleccionado, mezclado, desarrollado, domesticado y diversificado semillas y plantas, creando sus propias prácticas y tecnologías agrícolas diversas con un alto sentido integral y respeto con su medio, readaptándolas al entorno local que conoce y marca su propio ritmo en respuesta a su cultura y realidad. De hecho, han sido los agricultores tradicionales los que han garantizado durante los siglos una alimentación sana y ambientalmente respetuosa, asegurando la autosuficiencia alimentaria a nivel regional. Para el campesino tradicional las semillas no constituyen únicamente la fuente de futuros alimentos: son el lugar en el que se almacenan la cultura y la historia, las semillas son el primer eslabón en la cadena alimentaria, son el máximo símbolo de seguridad alimentaria.

Por otro lado, la agricultura moderna se basa en los conocimientos derivados de la ciencia y está inmersa en los mecanismos modernos de difusión, conservación y mejoramiento de los sistemas de información; íntimamente vinculada al sistema económico capitalista, ocupa las regiones con mayor potencial agrícola e intenta resolver los problemas por medio de la innovación tecnológica.

Origen de la revolución verde

La revolución verde implicó un adelanto tecnológico en el sector agrícola y, en menor grado, en la ganadería. Comienza en México con la participación del norteamericano Norman Borlaug, considerado el "padre de la revolución verde" y de la agricultura moderna, quien fue un convencido de que "el mundo no tendrá paz si hay estómagos vacíos"; este genetista innovó en el campo de las semillas híbridas y defendió la investigación como único medio para reforzar la producción de alimentos.

Su empeño por introducir semillas híbridas en países en vías de desarrollo, como India y Pakistán, así como sus diversas innovaciones agrarias, las cuales contribuyeron a combatir la inanición en el mundo durante la segunda mitad del siglo XX, fueron reconocidas por el Comité de los Premios Nobel. Borlaug trabajó durante toda la pasada década en defensa del uso de la biotecnología para lu-

char contra el hambre y en proyectos para aliviar la pobreza, y aunque comenzó su investigación sobre productos fitosanitarios en su época universitaria, fue en 1944 en México donde inició los trabajos que más de dos décadas después serían recompensados con el Nobel de Paz. Fue en ese año cuando trabajó en el programa agrícola "Chapingo", iniciado por el gobierno del presidente mexicano Manuel Ávila Camacho en colaboración con la Fundación Rockefeller, con el fin de sanear las cosechas de trigo que eran devastadas por los mohos.

En esa ocasión, el genetista consiguió espigar los trigos resistentes a las plagas y en 1955 disponía ya de 6.000 cruces resistentes a los hongos. Después de viajar a Sur América, en 1960 fue enviado por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) a la India y a otros países asiáticos afectados por la hambruna. En esa ocasión, Borlaug cruzó razas enanas de trigo con las de Occidente y consiguió en cinco años multiplicar por diez las cosechas de trigo en la India.

Entre 1964 y 1982 dirigió en México el Centro Internacional de Mejora del Maíz y el Trigo (CIMMYT), donde, gracias a sus descubrimientos, se logró crear especies capaces de multiplicar la producción de cereales hasta hacer autosuficiente a este país.

Apodado por sus logros el "cerebro de la revolución verde", los países que aplicaron su teoría en los años posteriores a 1975 consiguieron buenas cosechas, y algunos tan extensos como la India, Pakistán, Bangladesh y Turquía incrementaron aproximadamente en un 250 por ciento los rendimientos por hectárea. En reconocimiento a sus trabajos, el científico norteamericano consiguió el 20 de octubre de 1970 el Premio Nobel de la Paz por sus investigaciones en las diferentes especies de cereales, y aunque no hay un Nobel específico para la agricultura, en esa ocasión, el de la Paz para el genetista Borlaug se ajustaba a sus trabajos en pro del bienestar de los pueblos.

En este sentido, el Nobel de la Paz declaraba en 1975: "Hay que dar a la agricultura y la ganadería prioridad de inversión sobre todos los demás sectores. Si hay cooperación mundial, la humanidad no pasará hambre". El origen de la revolución verde se remonta a finales de la Segunda Guerra Mundial, cuando se planteó la necesidad de producir mayores cantidades de alimentos bajo el supuesto de abastecer a las poblaciones hambrientas del mundo, paso que llevaría a la agricultura a dar un giro sin precedentes en la historia y que impulsaría a las naciones dominantes a un nuevo proceso de industrialización en detrimento de las naciones periféricas. En la década de los sesenta se llamó revolución verde al término que involucraba un aumento importante en la producción agrícola como respuesta al adelanto tecnológico también conocido como agro-genética. La finalidad consistía en aumentar los rendimientos por unidad de superficie y se consiguió mediante el uso masivo de agroquímicos y biocidas, la mecanización y el avance técnico agronómico.

El impacto de la revolución verde

Muy rápidamente después de iniciada la revolución verde, se reconoció que los avances tecnológicos que introducía debían ir acompañados de tierras muy fértiles, con abundante agua y con el uso de grandes cantidades de fertilizantes y plaguicidas para resultar eficientes. Por lo tanto, la revolución verde no resultó aplicable en muchas de las grandes áreas de cultivo extensivo del tercer mundo. Además, la degradación del suelo y la contaminación del medio ambiente y los seres vivos, así como los efectos sociales adversos, fueron aspectos evidentes.

Para el campesino tradicional las semillas no constituyen únicamente la fuente de futuros alimentos: son el lugar en el que se almacenan la cultura y la historia, las semillas son el primer eslabón en la cadena alimentaria, son el máximo símbolo de seguridad alimentaria.

De cierta manera, la revolución verde ha permitido que a los agricultores se les robe la libertad de escoger lo que cultivan y a los consumidores la de decidir lo que comen.

Según Edmundo Flores, la humanidad no se tendría que haber preocupado por la maldición malthusiana¹ hasta la llegada del año 2000, ya que se tenía suficiente comida y bebida para todos. Sin embargo, la situación hasta el presente contradice los augurios de la revolución verde en respuesta al hambre del mundo, dejando bastante claro que el fenómeno a considerar no era la producción de alimentos sino su distribución desigual. Curiosamente, el período de mayor producción de alimentos del que se tenga memoria ha coincidido precisamente con la denominada revolución verde e, incongruentemente, también ha concordado con el mayor índice de hambre que la historia de la humanidad haya registrado.

La agricultura de la revolución verde involucra un claro desplazamiento en la diversidad de especies y de ecosistemas, debido a que uniforma los cultivos en unos cuantos; a esta práctica se le conoce como monocultivo y ha generado otros problemas como el deterioro de la calidad del agua por aumento en la concentración de nitratos, fosfatos y pesticidas, entre otros; el deterioro del suelo por desaparición de la cubierta vegetal y la erosión, la presencia de metales pesados, la pérdida de riqueza en materia orgánica, humus y microorganismos; el empobrecimiento genético y el aumento de la sensibilidad de las plantas a ataques de diversa índole (bacteriana, fúngica, por malezas, etc.), y el incremento de especies de microorganismos resistentes. Adicionalmente, la revolución verde, junto con los aumentos en el rendimiento de los cultivos, ha beneficiado primordialmente a aquellas regiones capaces de absorber los altos costos que involucra dicha tecnología, así como los medios que el agricultor requiere. En consecuencia, el campesinado pobre y las regiones aisladas han quedado al margen de ese lejano intento.

En contraste con los aspectos negativos que se le atribuyen a la revolución verde, se encuentran otros puntos de vista que rescatan sus aspectos favorables; entre los aspectos positivos que se le reconocen está el de ofrecer una manera de satisfacer la demanda creciente de alimentos sin imponer una presión aun mayor sobre los escasos recursos naturales, ya que permite cultivar plantas de mejor calidad con altos rendimientos y al mismo tiempo protege y sostiene el medio ambiente, disminuye el uso de plaguicidas en los cultivos destinados a la alimentación y trabaja en la recuperación de suelos, aprovechando superficies abandonadas para la agricultura siempre con la idea de la seguridad alimentaria.

La bioética y las nuevas tecnologías

La revolución verde de las décadas de los sesenta y setenta del siglo XX ha permitido incrementar la producción de alimentos del mundo con base en el uso intensivo de una tecnología de monocultivos, fertilizantes, agroquímicos, semillas y maquinaria, pero su impacto no ha sido homogéneo, ni tampoco sus resultados han sido todo lo beneficiosos que se esperaba en cuanto al valor moral de la dignidad humana y a asegurar el derecho al alimento; por el contrario, en muchos casos se ha favorecido a los más poderosos en perjuicio de los más pobres. De cierta manera, la revolución verde ha permitido que a los agricultores se les robe la libertad de escoger lo que cultivan y a los consumidores la de decidir lo que comen. Todo este contexto plantea una serie de disyuntivas éticas que llaman la atención sobre los principios y valores que defienden o cuestionan una tecnología. Al referirse a las tecnologías aplicadas en agricultura se habla de aquellos procedimientos requeridos para la puesta en práctica de un cultivo o producción determinados, por lo tanto, diferentes tecnologías obtendrán distintos resultados, así como diversas realidades pueden requerir variadas tecnologías.

Pensar que la biotecnología resolverá por sí misma el problema del hambre es un argumento promovido por las transnacionales con base en una apreciación incorrecta de la cuestión, pues pasa por alto que el problema del hambre en el mundo no es un problema tecnológico, sino socioeconómico con un componente tecnológico. Se debe entender que el hambre mundial no es un asunto técnico, depende del sistema de relaciones predominante en el sistema de producción, distribución y comercialización,

1. En 1798 el economista Thomas Malthus presentó la teoría sobre el abastecimiento de alimentos y el incremento de la población: el descenso en la producción de alimentos y el aumento en el crecimiento de la población condenarían a la humanidad a una era de hambruna.

altamente polarizado en extremos de riqueza y pobreza que implican abundancia y opulencia de una parte y hambrunas de otra. La contribución de la biotecnología a la solución del problema del hambre se ha convertido en centro de debate y enfrentamiento entre las empresas transnacionales y los promotores de la agroecología; para dar salida a este “conflicto de intereses” autores como Adela Cortina y Carlos Delgado proponen como opción para el análisis de los problemas éticos de la biotecnología abordarlos desde la bioética global, planteando la transformación de la biotecnología en un bien público. Este planteamiento puede conjugarse con la aplicación del principio de responsabilidad articulado comunicativa y participativamente, es decir, la actitud de responsabilidad que surge como consecuencia de la reflexión sobre las amenazas que implica un desarrollo desenfrenado de la técnica, y tiene características nuevas, pues no es sólo una simple repetición de los argumentos morales tradicionales, ni tampoco un refugio en formas alternas de espiritualidad, sino que exige un desarrollo comunicativo, comprometido con la razón dialogal y, en última instancia, con la opinión pública. Adicionalmente, no se puede olvidar que en situaciones que tienen que ver con la experimentación y la investigación en biotecnología se deben trazar diferencias epistemológicas con la ciencia biológica, la cual es la primera que debe evaluar críticamente y ofrecer un marco de referencia al proceder biotecnológico, ya que, reconociendo el aporte que significa para la humanidad, no se debe obstaculizar sino ponerla a su servicio y no a la inversa; el biotecnólogo debe asumir responsabilidad frente a la vida y la dignidad humana. Es importante tener presente que con el análisis bioético generado para abordar la problemática surgida en el contexto de la biotecnología, tanto de manera puntual sobre el tema desarrollado en este documento, es decir la revolución verde, como también de manera general extrapolándolo a todo tipo de desarrollo biotecnológico, se debe poder dar respuesta a preguntas como éstas: ¿Es necesario poner un freno a los adelantos científico-técnicos que están ocurriendo? ¿Cómo asegurar, o por lo menos discutir, la conveniencia de tales adelantos para solucionar los grandes problemas del planeta? ¿Tiene el hombre conocimiento de las transformaciones que están ocurriendo y van a ocurrir a mediano y corto plazo? La bioética debe presentarse como respuesta a la pregunta sobre la licitud moral del dominio del hombre sobre el hombre, y en el campo de la ciencia, como una solución posible que evita una posible catástrofe biotecnológica; debe dar respuesta a estos puntos desde la perspectiva de una ética normativa y se ha de apoyar en la realidad objetiva del hombre, de su vida y sus valores.

Referencias

- Díaz León, M.A. (1998), *Nueve mil años de agricultura en México*. México, Ediciones GEA, Universidad Autónoma de Chapingo.
- Donadio, M.C. (2004), *Biodiversidad y biotecnología. Reflexiones en bioética*, Buenos Aires, Editorial de la Universidad Católica.
- Shiva, V. (2003), *Cosecha robada*, Barcelona, Ediciones Paidós.
- Delgado, C. (2008), *Hacia un nuevo saber*. Bogotá, D.C., Universidad El Bosque, Kimpres.
- Hoyos, G. (2000), *Ciencia, tecnología y ética*, Medellín, Instituto Tecnológico Metropolitano. Los cuadernos de la Escuela. N° 6. Ediciones de la Tekhné.
- Hernández, J. y Soto, C.Y. (2009), “Calentamiento global, bioética y la nueva biología”, en *Innovación y ciencia*, vol. XVI, num. 2, p. 26.
- Pengue, W. (2005), *Agricultura industrial y transnacionalización de América Latina*, México, Universidad Autónoma de México.
- Universidad Católica del Uruguay, Módulo 5, *Ética, bioética y ciencias agrarias*, Montevideo, Instituto de Ética y Bioética.
- Montoya, D. (2007), “Nuevas necesidades en ingeniería para el desarrollo de la biotecnología”, en *Revista Colombiana de Biotecnología*, vol. IX, num. 2.
- Muñoz, E. (1999), *Biotecnología y desarrollo en distintos contextos culturales, influencias e impactos*, Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Instituto de Estudios Sociales Avanzados.
- Castro, M.F. y Bernal Y. (2004), *Biotecnología y medio ambiente: entre temores y esperanzas. Bioética y biotecnología en la perspectiva CTS*. Bogotá, D.C., Colección Bios y Ethos, Ediciones El Bosque.

Economía

EN BÚSQUEDA DE UNA ECONOMÍA DE EQUILIBRIO

GUNTER TRAPP

PH.D. FACULTAD DE CIENCIAS.

UNIVERSIDAD DE MUNICH, ALEMANIA

email: guntertrapp@hotmail.com

Resumen

Los conocidos escenarios de desarrollo global para el siglo XXI (D. Meadows et al. 2002) prevén la transición (controlada o catastrófica) desde el actual modelo de desarrollo basado en el crecimiento a uno de equilibrio ("Desarrollo sostenible"). Esta transición requerirá forzosamente un cambio de los actuales modelos económicos de crecimiento por otro(s) de tipo estacionario ("Steady State Economy"), cuyas características son todavía poco conocidas, menos aceptadas y, salvo excepciones, ignoradas en la economía convencional. La actual crisis económica global anticipa e ilustra los trastornos y traumas que todos sufriremos si no logramos a tiempo una transición controlada. Nos alerta sobre la urgencia de incorporar en los modelos económicos vigentes, y en sus aplicaciones a nivel nacional e internacional, las modificaciones que un desarrollo sostenible exige. Sólo así se evitará un colapso catastrófico.

Conceptos básicos

Los tres conceptos: desarrollo (cualitativo), crecimiento (cuantitativo) y progreso (valorativo) están estrechamente relacionados y a menudo se confunden. En el presente trabajo se procura mantener las diferencias entre estos conceptos.

Desarrollo: Nuestro concepto de desarrollo, como cambio secuencial, se remonta a la observación de los seres vivos (de reproducción sexual) que "cumplen su ciclo natural": huevo - embrión - juvenil - adulto - viejo - muerto. No sin importantes modificaciones, este concepto también se está aplicando a la evolución de las especies, del sistema solar, de tecnologías, de culturas y civilizaciones¹.

Crecimiento: Muchas veces, un crecimiento acompaña al desarrollo, o a partes del mismo. En un ambiente finito, como nuestro planeta tierra, ningún crecimiento material puede continuar indefinidamente. Diversos mecanismos o condiciones ("procesos de retroalimentación negativa") lo frenan y lo impiden, estableciendo límites al crecimiento². Si los mecanismos que frenan el crecimiento se demoran en actuar, el crecimiento puede momentáneamente pasar su límite para luego convertirse en un colapso ("efecto burbuja"). Es importante distinguir dos formas de crecimiento: el de velocidad constante y el acelerado.

Un crecimiento de velocidad constante: ("crecimiento lineal"), por ejemplo el de la distancia recorrida por un avión durante sus horas de vuelo, permite predicciones con base en una proporcionalidad directa que captamos intuitivamente: en iguales intervalos de tiempo (por ejemplo cada hora) se añaden (se suman) iguales incrementos (por ejemplo 900 kilómetros) a la distancia recorrida. La "regla de tres", que nos enseñaron en las matemáticas de bachillerato es válida.

Un crecimiento exponencial ("progresión geométrica"): por ejemplo el del número de microbios en un proceso de fermentación, suele desafiar nuestra intuición. En iguales intervalos de tiempo (por ejemplo cada minuto) este número **se multiplica** por el mismo factor (ejemplo: se duplica). La "regla de tres" no es aplicable. Este hecho se convierte en causa frecuente de fallas en las proyecciones a futuro, resultando, por ejemplo, en la crónica insuficiencia de servicios públicos y de infraestructura vial de nuestras ciudades con crecimiento acelerado, en la "sorprendente" rapidez con la cual se agotan recursos explotados en forma acelerada (ejemplo: el petróleo), en la angustiosa rapidez con la que nos asalta el calentamiento global. Sin embargo, no es difícil evitar esta clase de fallas: basta reemplazar una intuición inadecuada por la aritmética, usando la fórmula que relaciona el tiempo de duplicación "T" con el porcentaje "p" de crecimiento:

$$T = 70 / p$$

Considere como ejemplo el aumento del costo de vida del 3,5 % por año.

¿Al cabo de cuántos años se duplica el costo de vida?

Respuesta: El tiempo de duplicación es $T = 70 / 3,5 = 20$ años

1. Hasta qué punto en estos contextos también se "cumple un ciclo natural" es una pregunta abierta.

2. Un refrán alemán resume este hecho: "No hay árbol que crezca hasta el cielo"

Otro ejemplo se da en el recuadro II

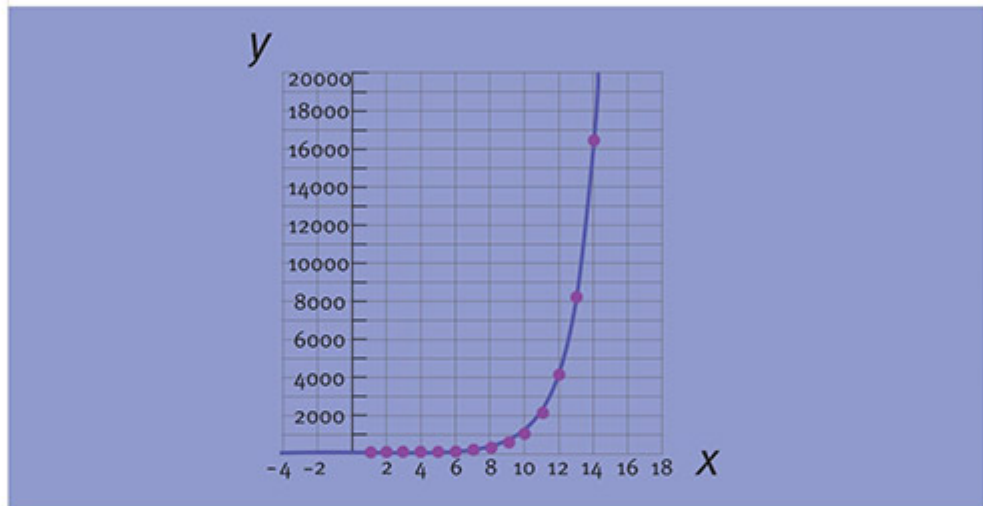
El crecimiento exponencial (ver figura1) requiere especial atención por varias razones:

- Es la forma de crecimiento demográfico y de consumo que nuestro desarrollo tecnológico-industrial actual ha producido.
- Es la forma de crecimiento más difícil de controlar cuando, en un contexto problemático, alcanza proporciones notorias (ejemplos: la plaga en un monocultivo, los gases de invernadero en la atmósfera, la población humana en un mundo lleno). "Cuando se nota el problema, ya es tarde".
- Es la forma de crecimiento que más rápidamente encuentra su límite y que con mayor frecuencia produce un efecto burbuja.

Ejemplos de crecimiento exponencial incluyen: la leyenda del ajedrez y el arroz (recuadro I), el aumento de la población humana global durante los últimos siglos (figura 2), la multiplicación de un capital o una deuda (recuadro II), la evolución de la deuda pública (figuras. 3 y 4), y las tristemente famosas pirámides fraudulentas. Lo que todos estos ejemplos tienen en común es su mecanismo de retroalimentación positiva ("procesos auto-catalíticos"), que los lleva con rapidez hacia su final, con o sin efecto burbuja.

Figura.1

Crecimiento de la deuda pública de los Estados Unidos.



Fuente: www.2.norwalk-city.k12.ct.us

[Recuadro 1] La Leyenda del ajedrez y el arroz

Érase una vez en Oriente un sabio que enseñó a su rey el juego de ajedrez. El rey, fascinado y agradecido, le ofreció como recompensa "lo que pidiera", a lo que el sabio respondió: "Majestad, le pido una cantidad de arroz relacionada con los 64 cuadros del tablero de ajedrez: para el primer cuadro pido un grano, para el segundo cuadro dos granos, para el tercero cuatro granos, para el siguiente ocho granos y así sucesivamente, para cada nuevo cuadro el doble del anterior, hasta llegar al último cuadro del tablero". El rey, extrañado de "tanta modestia", le ordenó al administrador del granero real entregar el arroz, de acuerdo con la fórmula del sabio. Horas más tarde, el administrador, perturbado, informó al rey: "Majestad, he procedido como Ud. me ordenó. Pero todas nuestras mil toneladas de arroz se han ido, y apenas voy en la mitad del tablero".

Usted puede verificar que el administrador no mintió teniendo en cuenta que 32 granos de arroz pesan (aproximadamente) un gramo³. Una continuación del cálculo hasta el último cuadro del tablero muestra que la cantidad pedida por el "modesto" sabio supera el total de arroz jamás cosechado.

3. Sucesivas multiplicaciones por dos se simplifican observando que diez duplicaciones equivalen a una multiplicación por mil (el valor exacto sería 1024)

Crecimiento de Población Mundial a lo largo de la historia

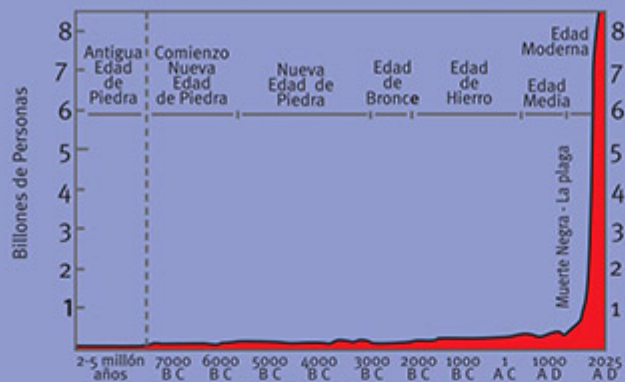


Figura.2
Crecimiento de la población global

(RECUADRO II) El crecimiento de capitales y deudas

a) Suponga que hace 700 años, cuando se inventó el moderno sistema de prestar dinero a interés (compuesto), un antepasado nuestro hubiera colocado a nuestro favor el equivalente de un dólar a un modesto interés del 1 % anual, interés aplicado en forma ininterrumpida hasta el día de hoy. ¿Qué capital tendríamos hoy?

- Según la fórmula del crecimiento exponencial, el tiempo de duplicación es:

$$T = 70 / 1\% = 70 \text{ años.}$$

- Los 700 años corresponden a diez periodos de duplicación
- diez duplicaciones equivalen a una multiplicación por mil 3
- La respuesta: hoy tendríamos mil dólares.

b) ¿Qué capital tendríamos hoy con un interés (mas real) del 4 % en vez del 1% anual?

- Esta vez el tiempo de duplicación se reduce a la cuarta parte: $T = 70 / 4 = 17.5 \text{ años.}$

- Los 700 años equivalen a 40 periodos de duplicación.
- 40 duplicaciones equivalen a una multiplicación por un millón de millones
- Hoy tendríamos un billón de dólares.

c) Si hace 700 años nuestro hipotético antepasado hubiera pedido prestado un dólar al 4 % anual, ¿Cuál sería la deuda hoy?

- El mismo monto que en (b): un billón de dólares (un valor diez veces superior al que pagó el gobierno norteamericano en 2008 por el rescate de A.I.G.)

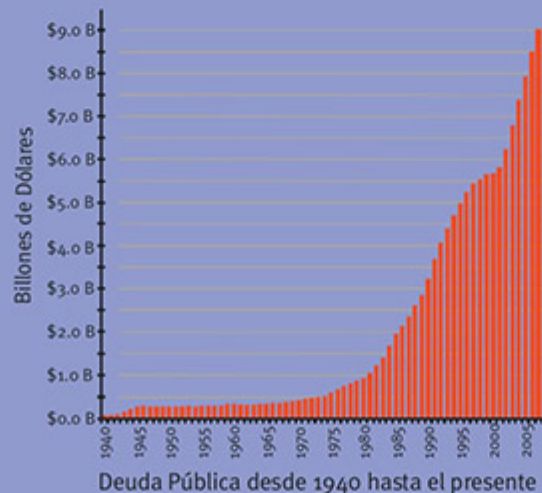
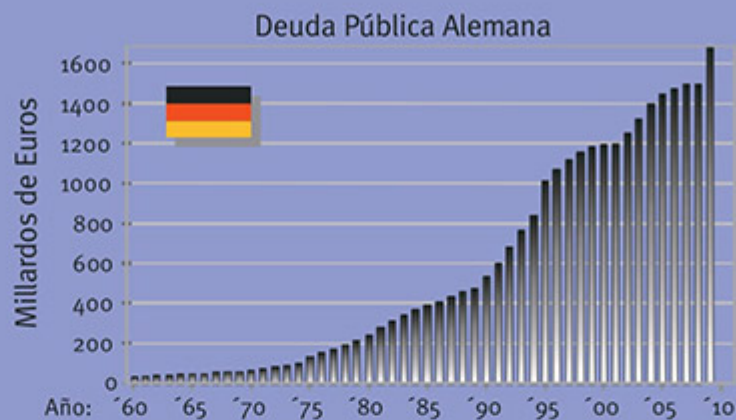


Figura 3.
Crecimiento exponencial.

Fuente: www.norwalk-citytax.ob.us

Figura 4.

Crecimiento de la deuda pública de Alemania.



Fuente: Wikipedia.

Efecto burbuja (“overshoot” en inglés) se denomina un crecimiento que sobrepasa su límite y termina en colapso. Ejemplos clásicos en la economía son el desplome de Wall Street en 1929 y la crisis inmobiliaria de Estados Unidos en 2009, ambos con devastadoras consecuencias mundiales. Pero también en la vida cotidiana se presenta el efecto burbuja en muchas formas. Considere una persona que expone su piel al sol para broncearse. Obviamente existe un límite para el tiempo de exposición, más allá del cual la piel sufre quemaduras. Pero este límite no se advierte por el dolor, así que la persona lo ignora. Cuando el dolor finalmente se manifiesta y la persona interrumpe su exposición al sol, ya es tarde, ya se quemó.

Los elementos que conducen a un efecto burbuja son tres:

- Algo que crece.
- La existencia de un límite para este crecimiento.
- El mecanismo que detiene el crecimiento no actúa a tiempo.

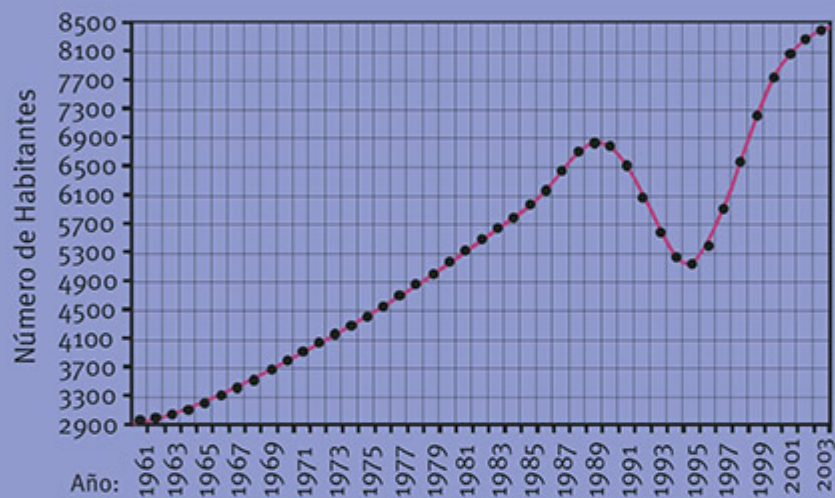
El efecto burbuja también afecta a poblaciones animales y humanas. Ejemplos conocidos incluyen “Los Renos de San Mateo” (G. Trapp G. 2008:), casos históricos como el de los mayas centroamericanos y el de los polinesios de la Isla de Pascua, donde la destrucción de recursos por una población excesiva terminó en tragedia (Diamond J. 2004) y casos recientes como el genocidio de 1994 en Rwanda donde un acelerado crecimiento demográfico detonó la crónica rivalidad entre las etnias Tutsi y Hutu (figuras. 5 y 6). La población humana global también ha entrado en un efecto burbuja que amenaza con terminar en tragedia en el siglo XXI.

Progreso: Si un desarrollo (o parte del mismo) se considera deseable, se suele hablar de progreso.⁴ Ejemplos incluyen el reemplazo de tecnologías contaminantes por “limpias”, la aparición de especies vivas cada vez más complejas (¡considerada deseable porque ha conducido al homo sapiens!), la mejora económica o social de una persona y, desde luego, la acumulación sistemática del conocimiento científico y tecnológico.

El desarrollo de la civilización tecnológica-industrial occidental durante los últimos 300 años, basado en un acelerado crecimiento de innovación tecnológica, de explotación de recursos y de población ha sido percibido como progreso, tanto por quienes se han beneficiado de él, como por los (todavía) no beneficiados, percepción que constituye la base implícita de la distinción entre “desarrollados” y “subdesarrollados” y la de los programas nacionales e internacionales de desarrollo. La continuidad de este proceso durante varios siglos ha creado costumbre: ha permitido interpretarlo como un fenómeno duradero, propio de la naturaleza humana y su verdadero destino. Esta interpretación es equivocada por varias razones:

4. Nadie consideraría como progreso la última parte del desarrollo de un ser vivo: adulto – viejo – muerto

- El período de 300 años representa apenas una milésima parte de la historia de nuestra especie. Antepasados nuestros que vivieron en épocas estancadas (sin progreso) no por eso eran menos humanos que nosotros, ni lo son nuestros contemporáneos en zonas excluidas del progreso.
- El desarrollo actual produjo, y sigue produciendo, víctimas tales como las poblaciones indígenas de las colonias, la clase obrera en épocas del capitalismo salvaje, las generaciones futuras a quienes dejaremos un planeta empobrecido y contaminado.
- El desarrollo actual no ha aliviado los problemas de la convivencia humana tales como contrastes sociales, hacinamiento, corrupción, violencia, etc. Al contrario, ha agregado nuevas facetas: la amenaza nuclear, el agotamiento de recursos, la contaminación ambiental.
- El desarrollo actual no es sostenible. Su fin se advierte, no en un lejano futuro, sino en el presente siglo XXI.



Fuente: Wikipedia.

Figura 5.

Auto-genocidio en Rwanda
1990 - 94:
Colapso de la
población



Fuente: Zekesterm.edublogs.org

Figura 6.

Auto-genocidio en Rwanda
1990 - 94:
Víctimas.



Fuente: imgothru.edu.tw (National Tsing Hua University, Taiwan)

Figura 7.

Terrazas de Arroz: ejemplo de un ecosistema artificial estable.

Dinámica de poblaciones y capacidad de carga

Las especies de un ecosistema estable están en un equilibrio dinámico. De acuerdo con las condiciones reinantes, cada especie mantiene, generación tras generación, su población estable en un nivel llamado “capacidad de carga”. Esta estabilidad implica para cada especie la igualdad entre tasa de natalidad (fertilidad) y tasa de mortalidad. Los peces con alta fertilidad (de cada desove nacen miles de alevines) sufren de una mortalidad igualmente alta (muy pocos alevines alcanzan la edad reproductiva). En cambio, los elefantes tienen natalidad y mortalidad baja. El *Homo sapiens*, a pesar de sus atributos únicos, no está exento de esta dinámica: en un ecosistema estable, solo dos hijos de cada pareja humana (la “cuota de reemplazo”) alcanzan la edad reproductiva. Los demás caen víctimas de desnutrición, enfermedad o violencia⁵. Vivir en un ecosistema estable significa para todas las especies estar sujetas al cruel escenario de la selección natural darwiniana, donde sólo los más aptos sobreviven y se reproducen.

Como Darwin observó, la fertilidad natural de cada especie supera ampliamente su cuota de reemplazo, lo que le permite compensar en pocas generaciones cualquier merma de población causada por fluctuaciones adversas en su ecosistema. También le permite aumentar rápidamente su población en casos de cambios ambientales favorables. Es este el camino seguido por el hombre para evitar las penurias del ecosistema estable: ha procurado aumentar la capacidad de carga para su especie colonizando nuevos territorios y transformando a su favor los ecosistemas naturales. En una ola lenta pero irresistible conquistó todos los continentes habitables y se llevó por delante las especies vulnerables⁶: como cazador eliminó la megafauna de continentes, como agricultor desnudó paisajes enteros arrasando bosques y suelos, como dueño de la tecnología moderna está causando la mayor extinción en masa. Son muchos los paraísos que el hombre ha echado a perder, y son pocos los éxitos duraderos⁷. Demasiadas veces, prometedores aumentos iniciales de la capacidad de carga resultaron insostenibles y se convirtieron en su contrario, en momentos cuando el éxito inicial ya había producido el correspondiente crecimiento demográfico. Resultado: el trágico desenlace de un efecto burbuja.

5. Los tres jinetes del Apocalipsis: hambre, peste y guerra, han acompañado a la humanidad desde siempre.

6. Los biólogos conocen bien los devastadores efectos que suele producir la “exitosa” introducción de especies exóticas.

7. Resultaron ecológicamente estables milenarias terrazas de arroz en el Asia (ver figura 7) y paisajes de Europa central (figura 8).

Ninguna conquista geográfica o tecnológica del hombre lo ha podido liberar definitivamente del escenario del ecosistema estable: cada aumento de la capacidad de carga quedó copado al cabo de pocas generaciones por el correspondiente aumento de población. Para salir del dilema, el hombre tiene dos alternativas:

El (hipotético) aumento sin fin de la capacidad de carga (perpetuo crecimiento)

El voluntario ajuste de la tasa de natalidad humana a la cuota de reemplazo.

Los límites del crecimiento

La ilusión de un perpetuo crecimiento demográfico y económico ha surgido como extrapolación del progreso científico-tecnológico observado en Occidente en forma continua desde el siglo XVIII. Entre las voces discrepantes es notoria la de Thomas Malthus quien ya a fines del siglo XVIII (Malthus T. 1798), llamó la atención al hecho de que recursos limitados ponían límites al crecimiento. Contrastó la estancada producción de trigo (recurso principal de su época para la alimentación cotidiana) con el crecimiento exponencial de la población obrera inglesa y predijo una situación catastrófica de desnutrición y miseria que sólo en la segunda mitad del siglo XIX encontró su solución con la introducción de los abonos químicos y el consiguiente aumento de la producción cerealera⁸. Quienes han tildado a Malthus de "equivocado" porque hoy los obreros de los países desarrollados no están en la miseria olvidan la situación del proletariado del siglo XIX: con escasas posibilidades de escape (emigración a América) y sin perspectivas de ascenso social, formaban una "subespecie" en desequilibrio demográfico (más natalidad que mortalidad). Malthus recomendó matrimonios tardíos y abstinencia sexual para reducir

8. Un siglo después la amenaza de una nueva escasez, esta vez a nivel global, pronosticada por Ehrlich (P. Ehrlich 1968) se evitó con la llamada "revolución verde"

Figura 8.

Campaña europea:
ejemplo de un
ecosistema
artificial estable.



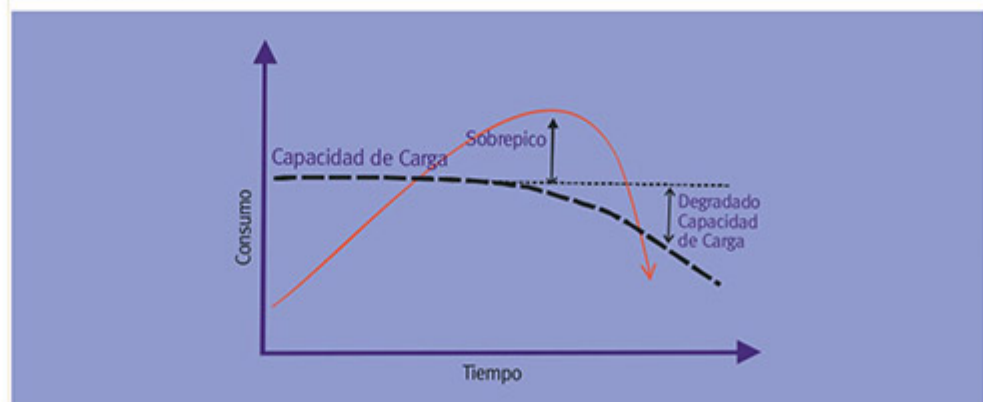
voluntariamente la tasa de natalidad, pero también advirtió el camino involuntario hacia el equilibrio: el trágico aumento de la mortalidad.

Las guerras mundiales del siglo XX, como innumerables conflictos anteriores, fueron consecuencia (por lo menos en parte) de aspiraciones territoriales, del anhelo de las naciones de aumentar su capacidad de carga a costa de los vecinos⁹. Pero a partir de la mitad del siglo XX quedó claro que correr fronteras no solucionaba los problemas del acelerado crecimiento de la población mundial. El *best seller* "La bomba de la población" (Ehrlich P. 1968) encendió el debate demográfico con la pregunta de cuántos seres humanos cabían en nuestro planeta, en otras palabras, cuál era su capacidad de carga. Se reconoció que esta capacidad dependía de la disponibilidad de recursos, de la tecnología para extraer y transformarlos y del estilo (frugal o derrochador) de la vida humana. Demoliendo la ilusión de un perpetuo crecimiento se mostró que el crecimiento exponencial de la población global estaba llegando con rapidez a su límite, ya fuera por escasez de tierras cultivables, de agua dulce, de fuentes de energía u de otro recurso vital. Con buenas razones, nuestro planeta se comparó con una nave espacial (B. Ward 1966) dotada de provisiones limitadas y con un creciente sobrecupo de pasajeros peleándose los mejores puestos. Más tarde Wackernagel desarrollaría la forma cuantitativa de determinar la superficie que cada persona necesita, directa o indirectamente, para atender sus necesidades de alimento, vivienda, bienes y servicios etc. y para neutralizar o reciclar sus desechos, superficie conocida como la "huella ecológica" (Wackernagel M.1995).

Wackernagel mostró que a partir de los años 80 del siglo XX la huella ecológica había empezado a sobrepasar la superficie disponible del planeta. Desde esa época estamos en creciente sobregiro, para usar una metáfora de la economía. Como el capital natural ya no produce lo suficiente, nos lo estamos comiendo. En vez de cuidar y conservar la capacidad de carga del planeta en momentos cuando más la necesitamos, la estamos desbaratando¹⁰ (figura 9). En 1972 se publicó, bajo los auspicios del Club de Roma, otro *best seller*: "Los límites del crecimiento" (Meadows D. *et al.*, 1972). Con base en programas computarizados desarrollados en el M.I.T se desplegaron diversos escenarios para los siguientes cien años de acuerdo con diferentes alternativas globales en cuanto al comportamiento demográfico, a la disponibilidad de recursos y, por primera vez, al grado de contaminación ambiental. El más pesimista de estos escenarios, basado en una continuación del reinante crecimiento de población, consumo y contaminación ("Business as usual") conducía a un efecto burbuja global con colapso catastrófico en el siglo XXI. Se mostró, que el colapso sólo se podía evitar parando a tiempo este crecimiento. Curiosamente, mientras que la metodología usada no encontró críticas serias, las conclusiones produjeron incredulidad, hostilidad y rechazo porque cuestionaban el paradigma del progreso en su forma actual. La exigencia de renunciar al crecimiento se vio como amenaza al progreso (y ciertamente a los intereses creados por él) y no como alternativa para alejar el espectro del colapso y para crear un mundo más equitativo y compatible con nuestra biósfera. Lo que no produjo el libro fue cualquier viraje hacia un desarrollo sostenible.

Figura 9.

Efecto burbuja:
el exceso de
consumo merma
la capacidad de
carga.



Fuente: celtición.wordpress.blogspot

9. Hitler todavía se sintió con derecho a invadir a Rusia y Ucrania porque sus bajas densidades de población prometían una solución para el "pueblo sin espacio" alemán.

10. Desde 2003 existe la Red global de la huella ecológica que actualiza periódicamente su valor a nivel de los países y a nivel global. En la actualidad, la huella ecológica global supera en un 25% la superficie disponible del planeta.

Hacia un desarrollo sostenible

Treinta años más tarde una versión actualizada de “Los límites del crecimiento” (Meadows D. *et al.* 2004), reafirmó las conclusiones originales en momentos en que su lógica ya había empezado a penetrar el ideario del desarrollo y progreso¹¹, cuando ya se hablaba de desarrollo sostenible y de economía ecológica¹², conceptos que estaban por convertirse en imperativos y exigencias de un mundo político y económico dominado por intereses de corto plazo. La nueva versión también señaló cómo se habían estrechado las opciones para el futuro durante los treinta años transcurridos sin cambio en los patrones de crecimiento. En palabras de Aurelio Pecci del Club de Roma “el futuro ya no es lo que hubiera podido ser si los humanos hubiéramos sabido usar mejor nuestros cerebros y nuestras oportunidades”. La burbuja había crecido pero el mundo continuaba su “Business as usual”. Se necesitó la alarma producida por el cambio climático¹³, la entrada de China e India al círculo de las potencias económicas mundiales y la crisis económica global 2008/09 para despertar mayor interés en los cambios requeridos para evitar el colapso de la burbuja.

Calentamiento global

El calentamiento global, inicialmente negado, después subestimado y atribuido a causas naturales y finalmente admitido por los principales productores de dióxido de carbono, CO₂, y sus aliados, está hoy en la agenda de todos los gobiernos, como también lo son las opciones para detenerlo o, por lo menos, limitarlo y evitar sus peores consecuencias. Se han hecho famosos el Cuarto Informe del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático IPCC y la película de Al Gore “Una verdad incómoda” de 2007¹⁴; y el Informe Stern sobre la economía del cambio climático (Stern N. 2007). Ha quedado en claro la urgencia de una drástica reducción en las emisiones de CO₂ causadas por el uso de combustibles fósiles como principal fuente de energía. También quedó claro que se trata de un problema global cuya solución requiere un consenso internacional.

La Conferencia sobre el Cambio Climático de Copenhague (2009) frustró las expectativas. Los países con mayor producción de CO₂ no estaban dispuestos a iniciar el cambio desde una economía de energía barata pero nociva hacia una economía de energía más limpia pero más cara. Ningún país quiso arriesgar su competitividad cobrando a su industria energética el costo que implican las medidas necesarias: el secuestro de CO₂¹⁵ y la introducción masiva de energías alternativas, costo estimado por Stern en el 1% del PIB anual global. Se aplazó la decisión sobre un convenio internacional a sabiendas que cualquier pérdida de tiempo agrava el problema, aumenta el costo futuro y arriesga que el cambio climático alcance dimensiones inmanejables. Las más pesimistas proyecciones de Stern mencionan un impagable 20 % “o más” del PIB anual global en el futuro. Un cartel contemporáneo (figura 10) expresa la frustración.

La permanente generación de energía barata con base en combustibles fósiles se ha calificado como “la mayor falla de los mecanismos de mercado”. El esquema de “Certificados de Carbono”, puesto en marcha desde 2005 en Europa y otras partes del mundo, está encaminado a corregir esta falla: equivale a un impuesto a la industria energética creado para cubrir el costo de la protección atmosférica del CO₂. Pero se queda corto frente a las dimensiones del problema. Por ahora este esquema solo alcanza cubrir un diez por ciento del verdadero costo. El 90 por ciento sigue siendo un subsidio indirecto, un perverso estímulo al “Business as usual”, y una pesada hipoteca para el futuro.

11. Max Planck, premio Nobel de Física, observó al comienzo del siglo XX que nuevas ideas se imponen no porque sus adversarios se convencen, sino porque mueren y son reemplazados por una generación para quienes las nuevas ideas son lo normal.

12. En 1989 se fundó la International Society of Ecological Economics ISEE.

13. Para sorpresa de muchos, el primer límite al crecimiento no vino del lado de los recursos (agua, tierras cultivable etc.) sino de la contaminación ambiental: los gases de invernadero.

14. Mercedores del Premio Nobel de la Paz 2007.

15. Se estima que la tecnología del secuestro del CO₂ consumirá un tercio de la energía producida por las plantas termoeléctricas.

Figura 10.

Esperanzas frustradas. Cartel en el Aeropuerto de Copenhague al finalizar la Conferencia sobre el Cambio Climático.



El impacto de los países emergentes

Una conclusión tajante, tanto de "los límites del crecimiento" como del comportamiento de la "huella ecológica" global, es la imposibilidad de que toda la población mundial alcance el actual nivel de consumo de los países desarrollados. Esta realidad dista mucho de la creencia que con suficiente educación y transferencia tecnológica los países subdesarrollados, tarde o temprano, alcanzarán a los desarrollados. Es una realidad doblemente dolorosa: para los países pobres significa que tienen que moderar sus expectativas, para los países ricos significa que, con o sin crisis, tendrán que reducir su nivel de consumo si no quieren exacerbar las actuales disparidades e injusticias. Para quienes identifican progreso con crecimiento, la inevitable conclusión es que el progreso de unos va en detrimento de los demás.

La entrada de países populosos como China, India y Brasil en el círculo de las potencias económicas mundiales ha dado una nueva actualidad a esta conclusión. Antes se consideraban por separado dos clases de crecimiento: la económica de los países ricos y la demográfica de los países pobres. Ahora los países emergentes combinan las dos clases de crecimiento. En un mundo ya superpoblado, miles de millones de personas adicionales compiten por recursos y puestos de trabajo, y erosionan la histórica ventaja que (todavía) mantienen los países desarrollados. Desde el punto de vista de las empresas multinacionales, el auge de países emergentes es bienvenido porque promete crecimiento a corto plazo: genera nuevos mercados y, con el traslado de sus instalaciones a zonas con mano de obra barata, mejora su competitividad. Para los países emergentes lo que todavía frena su completa asimilación a los desarrollados es su desventaja en innovación tecnológica. En un mundo globalizado esta desventaja se reduce con rapidez¹⁶ lo que obligará a los países desarrollados a competir (y a compartir) con los emergentes en igualdad de condiciones, con profundas consecuencias para el mercado laboral, energético, de alimentos, etc.

La crisis económica mundial de 2008-2009

Muchas crisis económicas, incluida la de 2008-2009, son síntomas de causas profundas así se desatan por un efecto burbuja trivial: una demanda creciente (e irracional, reforzada por especulación y manipuleo) por valores de la bolsa, por inmuebles, materias primas u otros bienes que sube los precios a niveles exorbitantes e insostenibles. Cuando se impone la realidad se revienta la burbuja, la euforia se transforma en depresión: la pérdida de liquidez afecta a la economía real, frena la demanda, disminuye la producción, aumenta el desempleo, etc. Las crisis han acompañado a las economías de mercado en forma recurrente y han sido objeto de innumerables estudios, como lo han sido las formas de superarlas mediante un renovado crecimiento de la misma cadena (liquidez, demanda, producción, empleo, inversión etc.), pero sin analizar ni corregir las causas profundas. Estas causas se delatan porque suelen reflejarse en los valores más preciados que tratan de salvarse en una crisis: los puestos de trabajo, la estabilidad de la moneda, la seguridad alimenticia y energética, la biodiversidad etc. De hecho, tenemos que:

16. Recuérdese el rápido auge de Japón y Corea, hoy seguidos por los "Tigres Asiáticos".

- El mercado laboral¹⁷ está caracterizado por una crónica (“estructural”) sobreoferta global de mano de obra.
- La estabilidad de la moneda está amenazada por el crónico crecimiento de la deuda pública de los estados.¹⁸
- La seguridad alimenticia pelagra por el cambio climático y por la competencia de los cultivos bioenergéticos.¹⁹
- La seguridad energética está comprometida por la ya intolerable emisión de CO₂ y el sobrecosto de su control.²⁰
- La biodiversidad es la víctima de la alteración de los ecosistemas a favor del Homo sapiens.

A diferencia de casos anteriores, la actual crisis se debe a una combinación de estas causas; consecuencia de un crecimiento que ya tocó límites. Esto es la razón de las mayores dificultades para superarla. No son descabelladas las voces que sostienen que la crisis del 2008/09 está lejos de ser resuelta. Tratar de resolverla con mayor crecimiento equivale a ofrecer como remedio lo que causó la crisis.

Un nuevo enfoque

Los límites del crecimiento son hechos del mundo real y la economía no puede ignorarlos. Seguir apostando al crecimiento cuando ya se han pasado sus límites (ejemplo: la huella ecológica) significa profundizar la crisis. El crecimiento, así hubiera alcanzado en su momento categoría de paradigma, nunca fue más que el medio para un fin: el mayor bienestar del ser humano. Cuando los costos del crecimiento superan los beneficios, es hora de reemplazarlo por otros medios, así haya que cambiar arraigadas costumbres culturales²¹.

El reemplazo de antiguas costumbres e ideas es lento (ver nota 11), pero el cambio es urgente. Se han desperdiciado 40 valiosos años desde las primeras advertencias, más de la mitad del plazo pronosticado que nos separa del inicio de la forzada disminución de la población humana. Enfrascados en nuestra economía del (perpetuo) crecimiento, seguimos abriendo la brecha entre la capacidad de carga del planeta y la cantidad de personas que lo pisan. Sumisos al viejo paradigma del crecimiento nos empeñamos en cavar la fosa común para nuestros hijos. Detrás del gradual descenso en la curva del efecto burbuja (fig. 9) se esconde una aterradora amenaza: la repetición a nivel global del auto-suicidio cometido por poblaciones locales como las de Rwanda (figuras. 5 y 6), la amenaza de destruir toda solidaridad entre personas y naciones bajo el grito “sálvese quién pueda”. El clamor por una economía de equilibrio y su puesta en marcha tiene que entenderse en este contexto, como también se debe entender la desesperación de quienes se estrellan contra la ignorancia, indiferencia y hostilidad de un mundo de intereses creados.

Los rasgos esenciales de una economía de equilibrio no son desconocidos (ver Daly H. 2008). En la medida en que aprendamos a procrear de manera responsable y a distanciarnos del consumismo, la transición a una economía de equilibrio se abrirá camino. El manejo económico exitoso de un país ya no se medirá por el crecimiento del Producto Interno Bruto PIB²², el éxito personal no se ostentará en lujo y despilfarro. La cantidad como base del prestigio se reemplazará por la calidad, la satisfacción de poseer más que el vecino se reemplazará por la de compartir²³. Las estructuras del poder se basarán en dedicación, conocimiento y sabiduría, en vez de inmerecidos privilegios. Con razón, los últimos capítulos de los “Límites del Crecimiento” (Meadows D. *et al.* 2004) hablan de visión, conectividad, sinceridad y solidaridad. Tener esta utopía puede ayudar a orientar una vida, muchas vidas, y crear, contra todos los intereses atados al crecimiento, un mundo sostenible.

17. La noción misma de un mercado de trabajo (de trabajadores) siempre ha sido problemática.

18. Las leyes o directrices que teóricamente limitan el endeudamiento, por ejemplo de los Estados Unidos y de la Unión Europea, se han alterado (cada par de años en EE. UU.) o ignorado (flagrantemente en el caso de Grecia llevándola al borde de la bancarrota)

19. En 2008 la carestía de alimentos produjo serios disturbios en varios países.

20. Este sobrecosto llevará a un aumento del costo de vida global.

20. Un caso extremo es el cambio de la familia tradicional china por la muy fomentada familia de hijo(a) único(a) (ver figuras 11). Al cabo de dos generaciones ya no hay hermanos ni cuñados, ni primos, ni tíos, ni sobrinos.

22. Ya existen medidas alternativas como el Índice de Desarrollo Humano de las Naciones Unidas

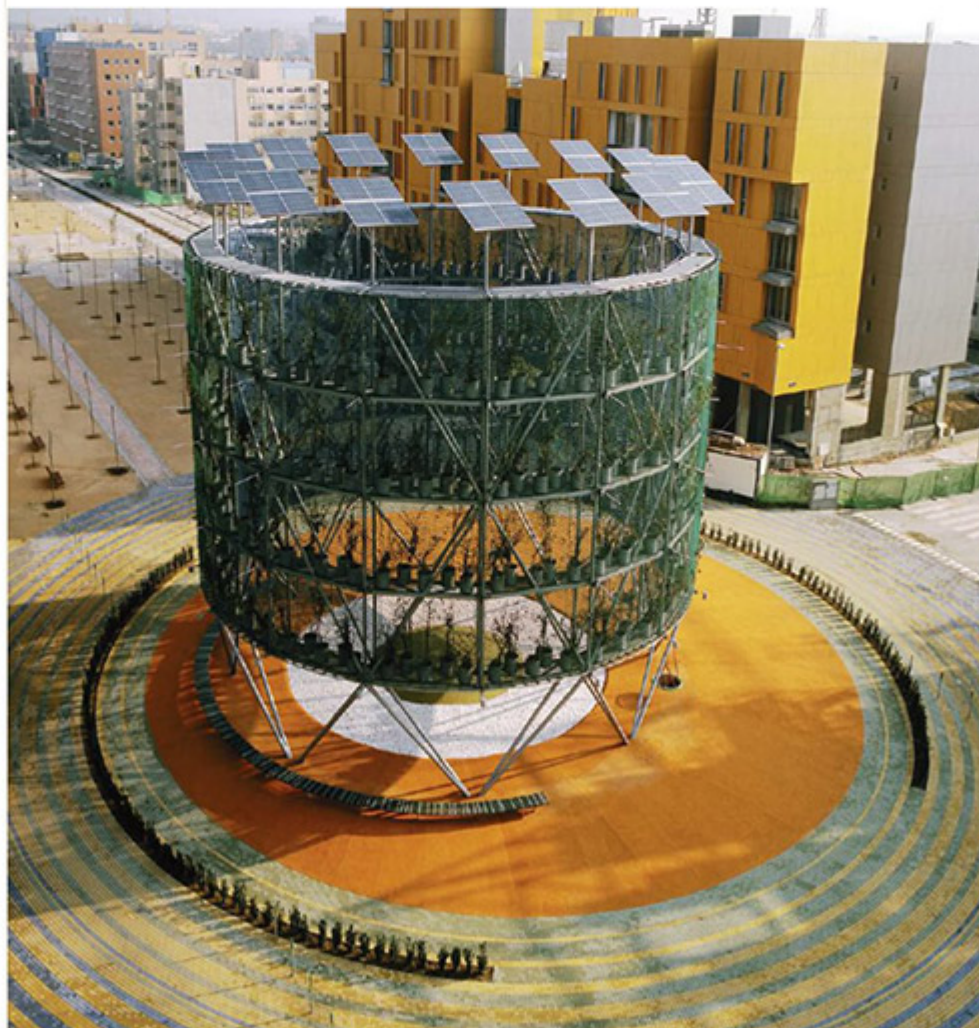
23. En el fondo se trata de una nueva ética propuesta, entre otros, por Küng (Küng H. 1997).

Referencias

- Daly H. E. (2008), *A Steady State Economy*, Londres. Paper presented to the UK Sustainable Development Commission.
- Diamond J. M. (2005), *Collapse, How Societies Chose to Fail or Succeed*, Penguin Books.
- Ehrlich P. R. (1968), *The Population Bomb*, Buccaneer Books, Cutchogue, Nueva York.
- Küng H. (1997), *A Global Ethic for Global Politics and Economics*, Oxford, University Press.
- Malthus R. T. (1798), *An Essay on the Principle of Population*, Londres.
- Meadows D. H., et al. (1972), *The Limits to Growth*, N.Y Potomac Associates.
- Meadows D. H.; Randers J. y Meadows D. L. (2004), *Limits to Growth, the 30 year update*, White River Junction. V.T., Chelsea Green Publishing Co.
- Stern N. H. (2007), *The Stern Review: The economics of Climate Change*, Cambridge University Press. Informe al Gobierno del Reino Unido.
- Trapp, G. (2008), *Desarrollo ¿Sostenible o No?*, en *Innovación y Ciencia*, vol. 15 Núm.3 pp. 37 - 38.
- Wackernagel M; Rees W.E. y Testamale P.(1995), *Our Ecological Footprint: Reducing human Impact on the Earth*. Gabriole Island, B.C., New Society Publications.
- Ward B. (1966), *Spaceship Earth*, Columbia University Press, Nueva York.

Figura 11.

Auditorio en el Eco Boulevard de Valdecasas Madrid, España.



Fotógrafos: ©Emilio P. Dolzetas y ©Roland Halbe

DE CARA AL SOL

SANTIAGO VARGAS DOMÍNGUEZ

FÍSICO, UNIVERSIDAD DE LOS ANDES, COLOMBIA
PHD. EN ASTROFÍSICA, INSTITUTO DE ASTROFÍSICA
DE CANARIAS, ESPAÑA.

INVESTIGADOR DEL GRUPO DE FÍSICA SOLAR
Y ESTELAR DEL MULLARD SPACE SCIENCE LABORATORY
(UNIVERSITY COLLEGE LONDON).

svd@mssl.ucl.ac.uk

Resumen

El Sol ha sido un gran protagonista de nuestra historia como especie, y de él depende no sólo la vida en la Tierra sino la climatología de todo nuestro vecindario cósmico. Hoy en día la astronomía en general y el estudio del Sol en particular viven una época dorada. Ha sido un largo camino recorrido desde la época en que nuestros aborígenes lo adoraban hasta que satélites de varias toneladas lo observaran sigilosamente desde diferentes rincones de la órbita terrestre. Pero aún seguimos tratando de describir varios misterios de nuestro famoso "Astro Rey".

Seguramente uno de los primeros "temores astronómicos" en nuestra etapa infantil esté relacionado con el Sol. Recordaremos aquella prohibición de nuestros abuelos, padres y maestros de mirar al Sol directamente aunque no por ello cerráramos un poco nuestros ojos y tratáramos de vislumbrarlo a través de nuestras pestañas o aprovechar alguna nube que ocultara un poco su intenso brillo dejando ver su silueta circular en el cielo. Resulta que tenían razón, y que para nuestra retina el Sol es un gran enemigo y así como su energía es fuente de vida, gran parte de su radiación puede también tener efectos negativos sobre nuestra piel en exposiciones prolongadas. De Newton, el padre de la gravitación universal y las Leyes del movimiento, se dice que estuvo mirando en una ocasión directamente al Sol hasta que perdió la visión al quedar deslumbrado por varios días en los que tuvo que encerrarse en un cuarto oscuro para volver a recuperarse. Esta es sólo una de las muchas excentricidades que se le atribuyen a uno de los mayores genios de la humanidad en su intento por descifrar y entender el Universo. Pero desde muchos años antes de Newton, el ser humano ha estado maravillado por el famoso "Astro Rey". Y es que el Sol no solamente ha regido nuestras vidas desde el comienzo de la historia humana con los ciclos del día y la noche, sino que básicamente de su existencia depende la vida en la Tierra y por ello ha sido un gran protagonista en nuestra historia como especie. En este relato veremos cómo el Sol ha pasado de ser fuente de adoración a convertirse en el mejor laboratorio astrofísico del que disponemos, y de cómo del estudio y entendimiento de la física del Sol dependerá en gran parte la capacidad de la humanidad para embarcarse en misiones tripuladas a otros planetas del sistema solar. Veremos cómo, aunque sigamos la recomendación de no mirarlo directamente, realmente a lo largo de toda nuestra existencia siempre hemos estado de cara al Sol y tal vez ahora más que nunca.

Conviviendo con una estrella

Miles de años antes de que satélites de varias toneladas con telescopios especializados a bordo logran captar imágenes espectaculares de nuestra estrella más cercana (imagen 1), la humanidad igualmente se maravillaba con esa gran bola de fuego paseándose por el cielo y llenando de luz y calor todos los rincones del planeta.

El hecho de que el Sol es la fuente de la vida sobre la Tierra y haya permitido su desarrollo es probablemente una de las pocas cosas en que coinciden los científicos actuales y los de la antigüedad. La vida de los primeros humanos estuvo seguramente ligada a los ciclos de día y noche que constituyeron la primera unidad de tiempo universal empleada. La agricultura, proceso clave en el desarrollo de nuestra especie, estuvo igualmente regida por los ciclos de cultivo que dependían de las estaciones y por tanto del Sol. No es muy sorprendente entonces que las primeras sociedades en diferentes partes del mundo comenzaran a adorar al Sol y que éste se convirtiera en fuente de inspiración a lo largo de la historia de las civilizaciones. Los antiguos egipcios lo adoraban como "Ra", de cuyas lágrimas provenían la humanidad y los animales y se dice que las pirámides se consideraban como rampas de acceso al cielo, lugar al que iría el rey a reunirse con su padre "Ra" después de morir. Las culturas de Mesopotamia lo veneraban como "Shamash" y para los persas el dios de la luz era llamado "Mitra". En la mitología griega el Sol fue personificado como "Helios" que fue imaginado como un hermoso dios coronado con una brillante aureola y conduciendo un carruaje de caballos por el cielo con el cual lo circundaba hasta encontrarse con el océano. Con el tiempo, "Helios" fue identificado con el dios de la luz, "Apolo", una

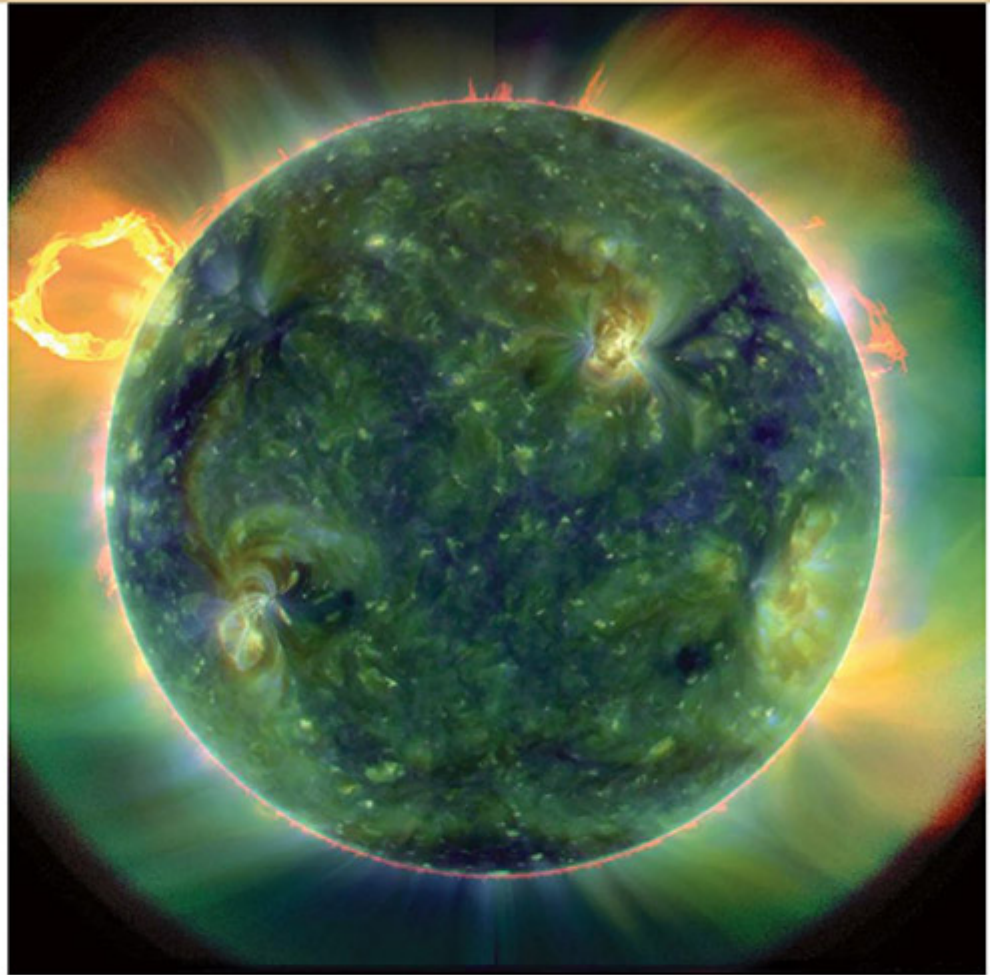
de las más importantes divinidades del Olimpo. Posteriormente el Imperio Romano adopto a "Helios" en su propia mitología como "Sol", acuñando su imagen en algunas de las primeras monedas durante los siglos III y IV. "Amaterasu" es la diosa del Sol para el *sintoísmo* (una religión nativa del Japón que ocupa el segundo lugar en número de seguidores después del budismo japonés). En nuestra América la adoración al Sol también fue una práctica frecuente en sociedades precolombinas. "Inti" es el nombre en quechua del Sol, considerado como dios para los Incas, al que reverenciaban porque sabían que alimentaba sus tierras y aseguraba el éxito de sus cosechas. Y para los Aztecas, el culto al Sol también fue parte importante de sus representaciones, como la famosa "Piedra de Sol", un disco monolítico con inscripciones alusivas a los cultos solares y la *cosmogonía* (historias ideadas que tienen como finalidad explicar el origen del Universo y del hombre) de esta civilización. En Colombia sobreviven leyendas sobre nuestras culturas aborígenes y su relación con el Sol. Para una de las más importantes etnias indígenas que poblaron nuestro país, los muiscas, "Sue" representaba el Sol y era su dios más venerado. Su templo estaba ubicado en Sugamuxi (Sogamoso) que significa *ciudad sagrada del Sol*.

Tal vez uno de los más antiguos vestigios que muestran la relación del hombre con su entorno natural y que involucra también al Sol lo constituye el famoso *Stonehenge* (stone = piedra y henge = monumento con borde circular) ubicado en Inglaterra. Stonehenge es una construcción megalítica de la Edad de Bronce conformado por enormes bloques de piedra distribuidos en cuatro circunferencias concéntricas. Inicialmente se pensó que se utilizaba como observatorio astronómico pero investigaciones más recientes muestran que posiblemente era parte de un gran complejo de monumentos ceremoniales usado como templo religioso y funerario. Algunos proponen que sus piedras están colocadas de manera que se podía seguir el curso del Sol en el cielo y marcar por ejemplo las estaciones. Si algún día podemos ir a visitarlo alrededor del 21 de junio, coincidiendo con el solsticio de verano (el día más largo del año), podremos comprobar que el Sol sale justo atravesando el eje de la construcción (avenida central) y saliendo casi por encima de una de sus piedras (piedra del Tacón). Científicos han calculado que hacia el año 1890 a.C., el Sol recorría la avenida y salía de forma precisa sobre la piedra del Tacón. Esta fecha coincidiría con el año de fundación del monumento y por lo tanto su construcción revelaría la importancia del Sol en la cultura de la época. Pero aún Stonehenge tiene muchos más misterios por revelar y es actualmente centro de atención de varios expertos alrededor del mundo. Hoy en día la Arqueoastronomía es el nombre que se le da al estudio del conocimiento astronómico de las culturas del pasado, basándose en el análisis de yacimientos arqueológicos como Stonehenge, en donde el alineamiento de construcciones antiguas de acuerdo con las posiciones del Sol y la Luna es una de los primeros puntos a tener en cuenta en los análisis.

Remotándonos a épocas más recientes, encontramos al gran Galileo Galilei (1564-1642) como uno de los primeros científicos modernos que se interesó por el estudio del Sol y que dedicó gran parte de sus observaciones a detallar mediante dibujos lo que iba viendo en el Sol. Galileo hace grandes aportes a la astronomía gracias al uso que dió al telescopio orientándolo hacia el firmamento. Precisamente, en el 2009 celebramos el Año Internacional de la Astronomía que conmemora los 400 años del primer telescopio astronómico presentado por Galileo, de ocho o nueve aumentos, aunque para finales de 1609 ya tenía uno de veinte aumentos. En los años de Galileo, el Sol llevaba ya un buen tiempo siendo protagonista en las esferas científicas de la época, principalmente gracias a la teoría heliocéntrica del Sistema Solar (teoría que sostiene que la Tierra y los demás planetas giran alrededor del Sol) que había tomado a Nicolás Copérnico (1473-1543) algo más de 25 años reformular, basado en la propuesta inicial de Aristarco de Samos (310 a.C. - 230 a.C.), y que sentó las bases de la astronomía moderna y de la revolución científica de su época. El heliocentrismo luchaba con la teoría geocéntrica de Ptolomeo e Hiparco del siglo II a.C que consideraba al Sol y los demás planetas girando alrededor de la Tierra. Entre los principales aportes de Galileo a la física solar se destaca el haber demostrado que las manchas solares (estructuras oscuras que se encuentran en el disco solar y que aparecen y desaparecen de su superficie de forma regular) se encuentran en la superficie del Sol, cuando antes se creía que eran planetoides ubicados entre el Sol y la Tierra. Esto tuvo grandes implicaciones para el pensamiento no sólo científico sino también religioso de la época al mostrar en cierta forma la imperfección de los cielos, en este caso que el Sol considerado un fuego divino y por consiguiente perfecto no lo era. Hace además otro importante

Imagen 1.

Recientemente tomada por el Observatorio Dinámico Solar (SDO) del disco solar de longitudes de onda en el ultravioleta extremo. Los diferentes colores representan diferentes temperaturas del gas. En rojo temperaturas relativamente frías de unos 60.000 Kelvin, y en azul y verde zonas más calientes superiores al millón de grados Kelvin. Arriba a la izquierda una protuberancia solar en donde el material es suspendido gracias al campo magnético de la estrella y se extiende miles de kilómetros por encima de la superficie. Uno de los mayores enigmas es el hecho de que la corona solar sea miles de veces más caliente que la superficie del Sol.



Cortesía de SDO (NASA) y el consorcio AIA.

descubrimiento al concluir que el Sol está en rotación a partir de las mediciones del movimiento de las manchas sobre el disco solar. Galileo corrige también a ciertos copernicanos (seguidores de la teoría de Copérnico) que creían que todos los cuerpos giraban alrededor del Sol, gracias a su descubrimiento de cuerpos celestes girando alrededor de otros planetas (cuatro pequeños satélites orbitando el planeta Júpiter). Y junto a los aportes de Galileo también estuvieron los de Johannes Kepler (1571-1630) con sus leyes del movimiento de los planetas en órbitas elípticas alrededor del Sol y después vinieron los del ya mencionado Isaac Newton (1643-1727) y otros famosos, y no tan famosos, científicos que dedicaron gran parte de sus vidas a tratar de describir, entender y explicar los grandes misterios de nuestra más cercana estrella y de su influencia sobre el planeta en que habitamos.

Escudriñando una gran bola de fuego

Pasaron miles de años antes de que los científicos comenzaran a entender realmente cómo funciona el Sol, más allá de verlo como esa gran bola incandescente que lleva unos 4600 millones de años ardiendo. Realmente el Sol es una estrella más de nuestra galaxia, la Vía Láctea, bastante común entre las más de cien mil millones que habitan la galaxia si no fuera porque gracias a ella se formó nuestro vecindario, el sistema solar. El Sol se formó a partir de una nube interestelar (gas y polvo) que se condensó y comenzó a girar. Esta condensación dio lugar a un aumento de temperatura (y densidad) que desató el inicio de las reacciones nucleares que son la fuente de energía de nuestra estrella. Actualmente el Sol continúa siendo una estrella activa y esa actividad está intrínsecamente relacionada con su variable campo magnético. Su tamaño es comparable al volumen ocupado por un millón de Tierras,

y se encuentra a una distancia de 150 millones de kilómetros, lo cual hace que la luz que recibimos en la Tierra sea la que ha abandonado el astro unos 8 minutos antes. Pero previamente a salir del Sol los fotones (partículas portadoras de la radiación electromagnética) han tenido que viajar varios miles de años desde el interior, también llamado núcleo, de la estrella hasta su superficie atravesando varias capas, abriéndose paso en un medio muy denso. Una forma simple de concebir el Sol sería imaginarlo como una gran cebolla con diferentes capas, siendo el núcleo el lugar donde ocurren las reacciones de fusión nuclear que básicamente convierten cuatro núcleos de Hidrógeno (el elemento más ligero y abundante en el Universo) en un núcleo de Helio, unas 600 millones de toneladas cada segundo. Otros productos de la reacción son los neutrinos ó pequeñas partículas sin carga eléctrica, y los positrones (antielectrones). La fusión conlleva también una pérdida de masa que se transforma en energía según la famosa ecuación de Einstein $E=mc^2$, donde c es la velocidad de la luz. De aquí que una pequeña cantidad de masa pueda liberar enormes cantidades de energía. En el caso del Sol, la pérdida de masa es aproximativamente de 4 millones de toneladas por segundo, de eso resulta su gran potencia radiativa. El proceso vital que ocurre en el núcleo es comparable a la explosión controlada de millones y millones de bombas de hidrógeno que estallan ininterrumpidamente, y en donde se alcanza una temperatura de 15 millones de grados Kelvin en un medio unas 10 veces más denso que el plomo. Pero el material del Sol no es ni sólido, ni líquido, ni gaseoso, sino un estado llamado *plasma*, también conocido como el cuarto estado de la materia, en el que las altas temperaturas hacen que los átomos se rompan y se forme una especie de sopa de partículas cargadas. Ajelándonos del núcleo nos encontramos con una región denominada *zona radiativa* en donde las ondas electromagnéticas transportan la energía de la misma forma que nos llegaría a través del aire el calor de una estufa, es decir, por radiación. Rodeando esta zona y abarcando el último tercio del radio solar, el transporte de energía por radiación es remplazado por la llamada *convección* con grandes burbujas de material llevando la energía desde la base de esta zona hasta la superficie, de la misma manera que sucedería en una olla con agua hirviendo.

La llamada superficie del Sol ó fotosfera es la capa visible del Sol donde se encuentran las ya mencionadas manchas solares que observó Galileo. Es una capa muy fina que representaría la piel de nuestra estrella. Pero además de las manchas, la fotosfera, vista de cerca, se asemeja a un panal de abejas con una inmensa cantidad de celdas convectivas, ó gránulos, que son la parte superior de las columnas de convección y cuyo diámetro equivaldría a la distancia entre Quito y el archipiélago de San Andrés y Providencia (imagen 2). Estos gránulos cubren toda la superficie y son bastante dinámicos; en cuestión de unos pocos minutos nuevos gránulos han emergido y remplazado a los anteriores. La temperatura se ha reducido drásticamente hasta llegar a unos 5800 grados Kelvin en la granulación y unos 2000 grados menos en las manchas solares.

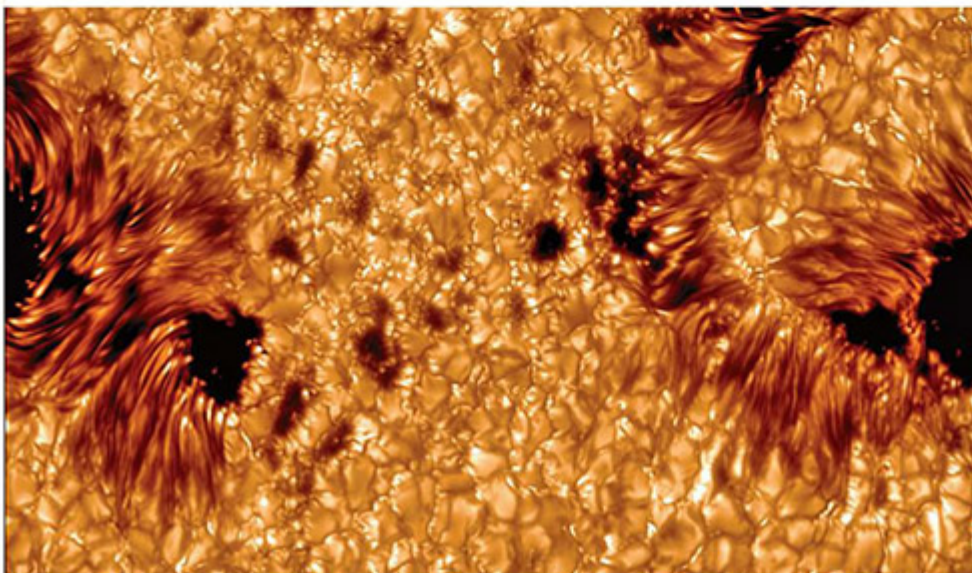


Imagen 2.

Uno de los mejores telescopios solares en tierra es la Torre Solar Sueca ubicada en las Islas Canarias. Este telescopio refractor tiene una lente de 1 metro de diámetro que, junto a la instrumentación que permite corregir los efectos de la turbulencia atmosférica terrestre sobre la calidad de imagen, es capaz de obtener espectaculares imágenes de la superficie de Sol. Esta imagen muestra parte de una región activa con una complicada distribución de manchas solares rodeadas de gránulos convectivos. Cada gránulo cubre en promedio una superficie comparable a la de Colombia, unos 2 millones de kilómetros cuadrados.

Las manchas están formadas por intensas concentraciones de campo magnético que provienen del interior solar y emergen a la superficie inhibiendo el proceso de convección reduciendo, en consecuencia, significativamente la temperatura. Pero la fotosfera no es el destino final de la energía encerrada en el Sol, ésta logra entonces escapar de la superficie produciendo algunos de los fenómenos más espectaculares que podemos observar y que nos desvelan el comportamiento tormentoso de nuestra estrella.

La cromosfera es la siguiente capa y a partir de aquí sucede un hecho sorprendente, la temperatura comienza a aumentar paulatinamente hasta que llega a la llamada región de transición de unos pocos cientos de kilómetros en donde el incremento es abrupto pasando de unos 10.000 grados a más de 100.000 grados (imagen 3). Si seguimos alejándonos, la temperatura sigue aumentando hasta más de un millón de grados, estamos ya en la zona conocida como la corona solar. Es como si hiciera más calor a medida que nos alejamos de una fogata hasta llegar a una temperatura 1000 veces superior a la que teníamos estando cerca de ella; sin duda uno de los mayores enigmas que tratan de resolver los físicos solares actualmente.

Imagen 3.

Lazos coronales observados por el satélite TRACE (Explorador de la Corona y la Región de Transición) que se especializa en estudiar la configuración del campo magnético en la corona solar y la región de transición (donde la temperatura experimenta un incremento abrupto a medida que nos alejamos de la superficie solar). Los lazos representan las líneas de campo magnético, que escapan del interior del Sol, y en los pies de estas se encuentran comúnmente las manchas solares. Se superpone una imagen de la Tierra para comparar el gran tamaño de estos lazos.

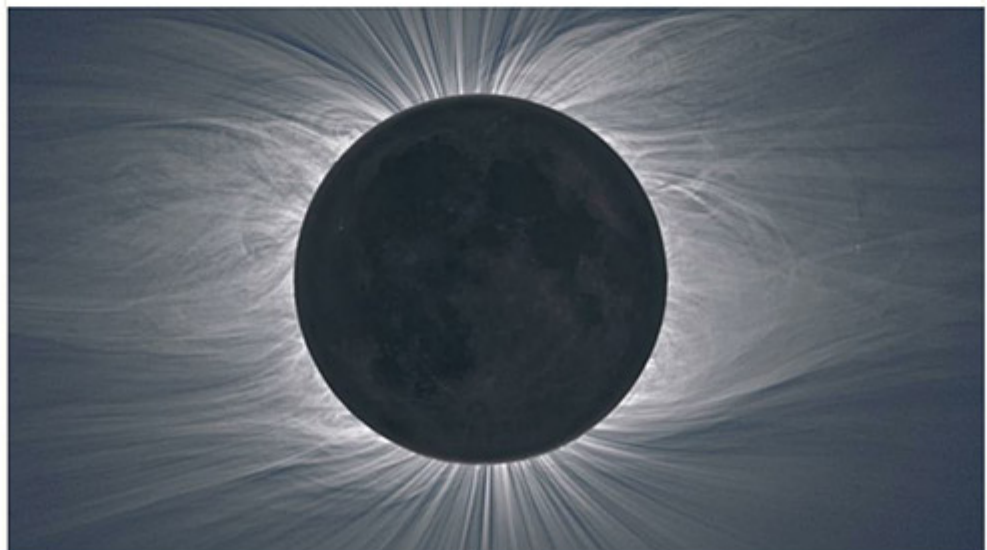


Cortesía de NASA/TRACE.

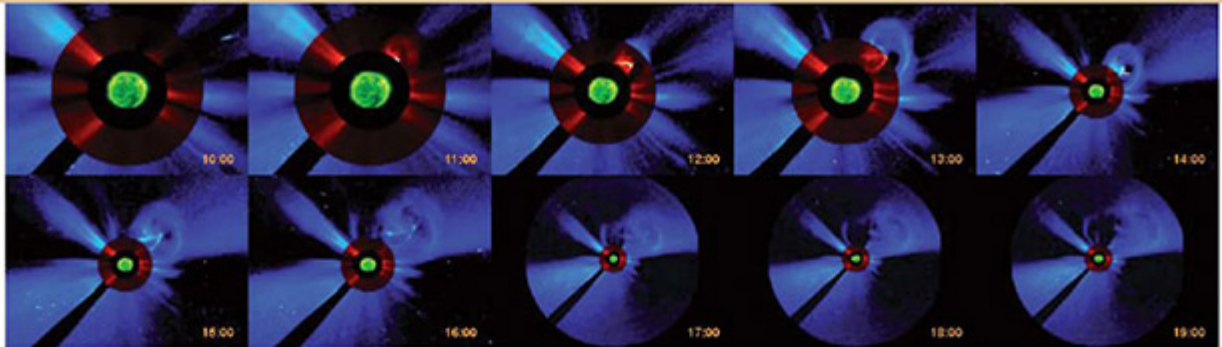
La corona solar se puede observar fácilmente en los eclipses totales de Sol (imagen 4), cuando por una de aquellas extraordinarias casualidades astronómicas (la Luna es 400 veces más pequeña que el Sol y se encuentra 400 veces más cerca de la Tierra que el Sol), la Luna cubre exactamente el disco solar, dejando ver la radiación (con una fuerte emisión de rayos X) y partículas cargadas eléctricamente que escapan a gran velocidad en lo que se conoce como el viento solar.

Imagen 4.

La corona solar observada durante el eclipse total de Sol de Agosto 1, 2008 desde Udzuur, Mongolia. En la fotografía se alcanzan a distinguir los rasgos de la Luna que cubre enteramente el disco solar bloqueando su intenso brillo y dejando ver la emisión más tenue proveniente de la corona, resaltando las líneas de campo magnético.



Cortesía de V. Růsín, Academia Eslovaca de Ciencias.



Las altas velocidades son consecuencia de los elevados campos magnéticos que también son responsables de las famosas eyecciones de masa coronal (EMC) cuando en el transcurso de varias horas el material es expulsado a millones de kilómetros adentrándose en el espacio interplanetario (imagen 5). Las llamadas fulguraciones son igualmente fenómenos solares explosivos de liberación de la energía acumulada en las líneas de campo magnético que experimentan cierta torsión (en forma similar a cuando retorremos un caucho o el mecanismo de un juguete de cuerda).

La existencia del viento solar se había predicho en 1951 al estudiar la forma de la cola de algunos cometas orientados en dirección opuesta a la que se encontraba el Sol. En nuestro planeta también recibimos constantemente el flujo de plasma solar a unos 400 km/s de velocidad. Pero ¿de donde viene el campo magnético del Sol? Pues bien, al igual que la Tierra, el Sol tiene un campo magnético según un modelo de tipo *dinamo*, como el que generaría un gigantesco imán con las líneas de campo saliendo de la polaridad positiva y entrando a la negativa. Las líneas de campo magnético que se generan en el interior solar están en constante evolución, en gran parte debido a que el Sol rota más rápido en el ecuador que en los polos. Esta *rotación diferencial* estira y tuerce las líneas de campo y eventualmente genera inestabilidades que terminarán emergiendo a la superficie formando precisamente las famosas manchas solares. La rotación, junto con la convección, es responsable de la generación y mantenimiento del campo magnético solar. Pero no hay forma directa de observar el interior solar dado que es un cuerpo *opaco* (que no deja pasar la luz). Existe sin embargo una novedosa técnica, llamada Heliosismología que, dicho en forma coloquial, pretende escuchar los latidos del Sol, es decir, trata de inferir propiedades del astro basándose en el estudio de las ondas o vibraciones de tipo acústico producidas por movimientos turbulentos que viajan desde su interior y se extienden hasta la superficie, como si fuera un gigantesco instrumento musical.

Imagen 5.

Secuencia tomada con el satélite SOHO lanzado al espacio en 1995. La composición está hecha con la observación simultánea de 3 instrumentos: un telescopio que observa el disco solar completo (en verde) y dos coronógrafos para observar las regiones más externas (en naranja y azul) donde son expulsadas la radiación y el viento solar. Las imágenes detallan uno de los primeros signos de intensa actividad del nuevo ciclo solar que está comenzando, observada el 13 de abril del 2010. Las eyecciones de masa coronal (EMC) son lanzadas al medio interplanetario y llegan a la Tierra afectando a satélites de comunicación, aunque también producen fenómenos tan espectaculares como las auroras.

Protagonista del clima espacial

Se ha dicho que el magnetismo es el responsable de la mayoría de eventos que ocurren en el Sol, pero, a su vez, de estos eventos depende algo que se ha llamado *clima espacial*, que no es otra cosa

472
LA RED POSTAL DE COLOMBIA

www.4-72.com.co

472
LA RED POSTAL DE COLOMBIA

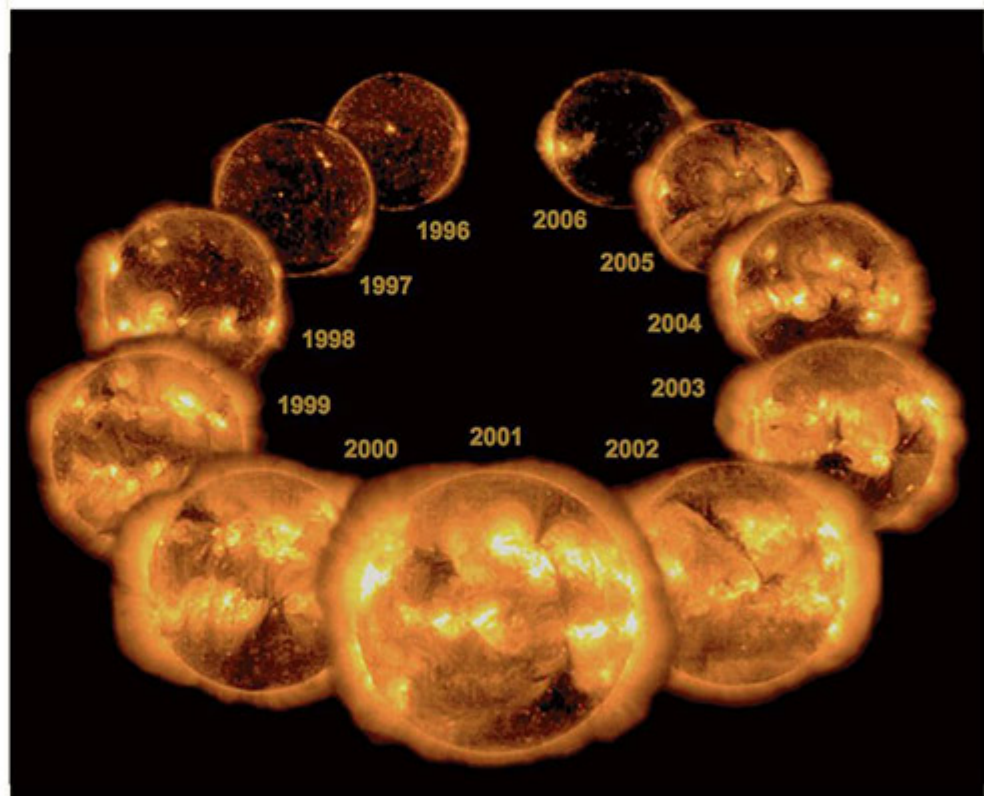
➤ Línea de Atención al Cliente Nacional 01 8000 111210 ◀

que el conjunto de fenómenos e interacciones que tienen lugar en el medio interplanetario y que están regulados fundamentalmente por la actividad solar. Recordemos que el Sol constituye casi el 99% de la masa de todo el sistema solar y que por ello es determinante su papel en nuestra vecindad cósmica. Aquí en La Tierra una de las más bonitas formas de palpar el efecto del Sol sobre nuestro planeta es ver el fenómeno de las auroras en altas latitudes (regiones polares), en donde la atmósfera terrestre hace el papel de una inmensa pantalla que está siendo bombardeada por las partículas cargadas del viento solar, guiadas por la magnetosfera terrestre hasta los polos norte y sur donde confluyen sus líneas de campo magnético, que recuerda la forma en que los electrones chocan contra la pantalla en los cada vez menos comunes televisores de rayos catódicos. Pero el Sol, además de bombardearnos de partículas, también nos protege de otros bombardeos aún mayores. La heliosfera, es decir el campo magnético solar que se extiende por todo el sistema solar, hace de barrera contra potentes radiaciones que provienen de todos los confines de la galaxia, como las generadas en las explosiones de supernovas.

La cantidad de radiación que nos llega del Sol experimenta claras diferencias a lo largo del llamado *ciclo solar* y aproximadamente cada 11 años el Sol invierte su polaridad magnética, es decir, que el polo magnético norte y sur intercambian posiciones. La superficie del Sol también cambia en cuanto a la cantidad de manchas solares, de manera que en el *máximo* de actividad solar éstas se encuentran en gran número y después desaparecen casi por completo durante el *mínimo* de actividad (imagen 6).

Imagen 6.

La actividad solar registra una variación periódica conocida como el ciclo solar, con momentos de mayor actividad (máximos) y de menor actividad (mínimos). Cada 11 años en promedio el Sol invierte su polaridad magnética y comienza un nuevo ciclo. Desde finales del año pasado el Sol ha entrado en un nuevo ciclo solar después de un tanto anormal y significativamente extenso período de calma que por un momento hizo pensar a los científicos que algo extraño estaba sucediendo con nuestra estrella, pero finalmente ha despertado.



La posición de las manchas no es arbitraria y cambia desde los polos solares hasta el ecuador en un período de unos 5 años al pasar de máximo a mínimo.

Uno de los mayores retos científicos en este campo es entender el efecto de los ciclos de actividad solar sobre el clima en la Tierra pues hay pruebas que mostrarían una intrincada dependencia. El hecho más famoso lo constituye un período de 70 años (1645-1715) en que, conforme a los registros, prácticamente no aparecieron manchas sobre el disco solar. A éste nos referimos como el *Mínimo de Maunder*, seguido por otro período de escasez de manchas, el *Mínimo de Dalton* (1795-1825). Los científicos se dieron cuenta que estos intervalos coincidían con la parte dominante de un período de intenso frío en Europa conocido como La Pequeña Edad de Hielo (1450-1850) (imagen 7).

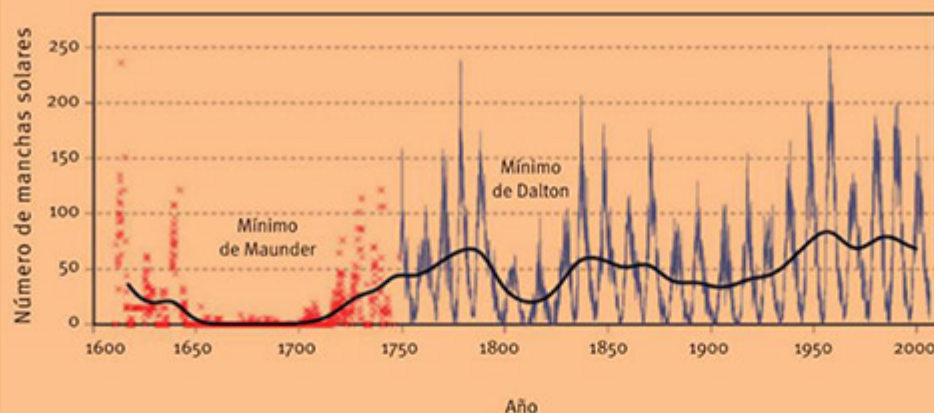


Figura 7.

En esta gráfica se muestra el registro del número de manchas solares en la superficie del Sol en los últimos 400 años, asociadas con los ciclos de actividad de nuestra estrella. El mínimo de Maunder, relativo al momento en que las manchas solares desaparecieron casi totalmente durante 70 años, coincide con una época de intenso frío en la Tierra conocida como La Pequeña Edad de Hielo. Actualmente los científicos tratan de esclarecer la conexión real entre los cambios en el Sol y las variaciones climatológicas en nuestro planeta.

Aunque aparentemente el aumento de manchas solares (zonas más oscuras y más frías) implicaría una reducción en la radiación que emite el Sol, en realidad la luminosidad solar es mayor cuando aumenta el número de manchas porque a su alrededor se producen áreas muy brillantes (*fáculas*). A todo el conjunto lo llamamos *regiones activas* y de ellas proviene la mayor cantidad de energía, principalmente a través de las fulguraciones y las eyecciones de masa coronal.

No hay un claro consenso sobre la variación de la temperatura superficial de la Tierra asociada al ciclo solar y la controversia está abierta, pero algunos investigadores hablan de variaciones de 0.2°C durante los 11 años, en promedio, del ciclo. De lo que sí estamos seguros es de los efectos catastróficos que pueden generar las gigantescas explosiones solares que liberan extraordinarias cantidades de energía y que impactan a nuestro planeta. En marzo de 1989, unos 6 millones de personas en Canadá y Estados Unidos se quedaron sin electricidad después de que una enorme explosión en el Sol llegara a la Tierra y afectara una central hidroeléctrica en Quebec, quemando gran cantidad de transformadores eléctricos. El mismo fenómeno que produce las maravillosas auroras puede también generar un caos en nuestra civilización que depende actualmente de la electricidad, de satélites de comunicaciones, aviones y muchos otros instrumentos que podrían ser afectados por el bombardeo de partículas energéticas solares, como por ejemplo los pequeñísimos circuitos integrados que son los más expuestos a perturbaciones producidas por el efecto de las radiaciones de alta energía. Incluso a la hora de planear futuras misiones espaciales hay que tener en cuenta los efectos de la radiación que no sólo afectan la instrumentación sino también a los propios astronautas. De hecho, tendremos que entender el clima espacial para poder embarcarnos hacia nuevos horizontes en el cosmos.

El “boom” de la exploración solar

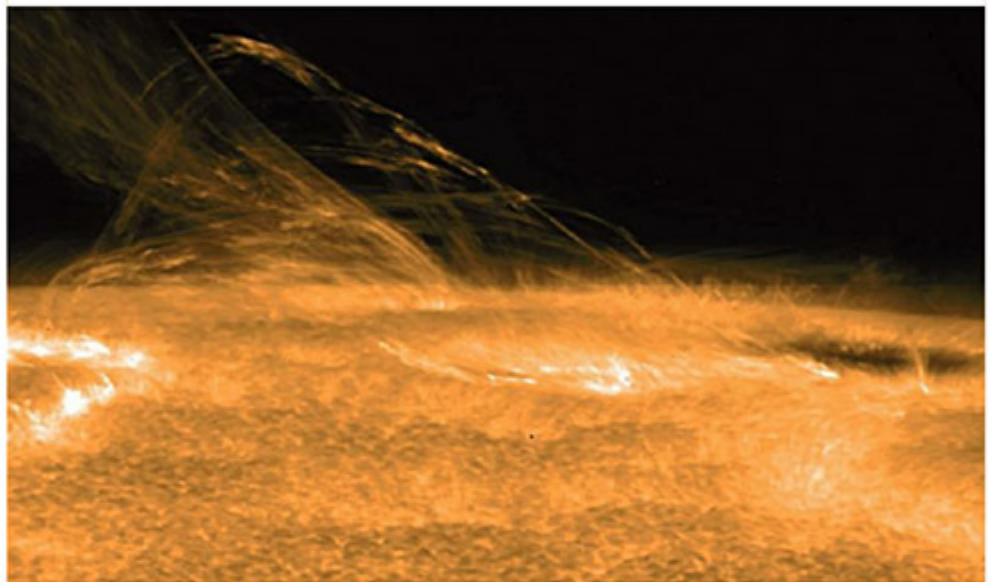
Vivimos en una época dorada para la astronomía, y los avances de los últimos años nos han llevado a descubrir cosas que tal vez nunca hubiéramos imaginado hace tan sólo unas décadas. Del Sol se ha dicho con bastante razón que es la *piedra Rosetta* de la astronomía. Siendo el astro de mayor importancia inmediata para nosotros, entender y poder predecir su comportamiento implica conocer los mecanismos de formación estelar y de los sistemas planetarios, y que tiene incluso repercusiones cosmológicas. La física solar también está pasando por su mejor momento con un buen número de misiones espaciales en marcha, instrumentación puntera y proyectos futuros de gran trascendencia. En los últimos 30 años varios telescopios espaciales han observado sigilosamente nuestra estrella. Estos desarrollos también incluyen telescopios que observan desde la Tierra acompañados de instrumentos que permiten corregir los efectos de la turbulencia atmosférica que emborrona las imágenes. Los avances tecnológicos también nos facilitan captar y aprovechar la mayor cantidad de radiación electromagnética solar para estudiar el Sol con increíble detalle. Gran parte de lo que hoy conocemos de nuestra estrella

se lo debemos al Observatorio Solar y Heliosférico (SOHO, por sus siglas en inglés), un telescopio espacial lanzado en 1995, cooperación entre NASA y la Agencia Espacial Europea. Hoy sigue operando junto con una nueva pareja de satélites gemelos el Observatorio de Relaciones Solar - Terrestres (STEREO) ubicado uno en una posición avanzada en la órbita terrestre y otro retrasado, lo que permite observar al Sol de forma estereoscópica desde diferentes ángulos. Estamos viendo la cara oculta del Sol unos días antes de poder observarla desde la Tierra.

Otro gran número de satélites toman medidas de *irradiancia* (magnitud que mide la radiación solar que llega a la Tierra), y registran y cuantifican los efectos de las EMC en el vecindario solar. En el nuevo milenio el satélite japonés *Hinode* (amanecer en japonés) comenzó a descubrir nuevos fenómenos que ocurren en el Sol (imagen 8).

Imagen 8.

El satélite *Hinode*, una misión liderada por la Agencia Espacial Japonesa, ha registrado con increíble resolución gran cantidad de fenómenos solares desde su lanzamiento a finales de 2006. En la imagen vemos una observación del limbo del Sol con una mancha solar (derecha) que se ve achatada por efectos de proyección. El gas caliente y brillante se mueve a lo largo de los lazos magnéticos.



Cortesía de Hinode/JAXA.

Hace tan sólo unos meses una nueva misión de la NASA lanzó al espacio un telescopio, el Observatorio Dinámico Solar, que comenzó a enviar imágenes solares con una calidad 10 veces superior a la de un televisor de alta resolución, unos 1.5 Terabytes de datos cada día ó el equivalente a descargarnos medio millón de canciones en nuestro reproductor de mp3. Los físicos solares somos hoy por hoy los *paparazzi* de la única y verdadera estrella alrededor de la cual giramos, la estrella de nuestra vida, el Sol.

Referencias

- Lockwood, M. (2009), *Solar change and climate*, Proceedings of the Royal Society.
- Low, B.C. (1996), *Solar activity and the corona*, Solar Physics 167: 217-165.
- North, G. (2003), *Astronomy in depth*, Editorial: Springer-Verlag.
- Whitehouse, D. (2006), *EL Sol, Una biografía*, Editorial: Kalias no ficción. *Información y Actualidad Astronómica*, Revista del Instituto de Astrofísica de Andalucía. Vol. 20, octubre, 2006 pp..3 y 6 y vol. 21, Febrero de 2007 p.p 3-6. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, España.
- Sitio web de la misión Observatorio Dinámico Solar: <http://sdo.gsfc.nasa.gov/>
- Sitio web del satélite Hinode: http://hinode.nao.ac.jp/index_e.shtml

Sitios web

INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE CANARIAS

<http://www.iac.es/>

Desde la superficie del planeta tierra, la especie humana desde siempre ha mirado el cielo y a partir de preguntas y respuesta ha construido una imagen del universo. Estas imágenes, desde aquellas de los pueblos primitivos, hasta las actuales de astrónomos y astrofísicos, representan uno de los patrimonios culturales más interesantes de ver.

“Esta es la página web del Instituto de Astrofísica de Canarias, uno de los más importantes del mundo gracias a su privilegiada ubicación. Tiene tanta relevancia que incluso se ha protegido el cielo de Canarias con la Ley del Cielo, donde limitan las rutas aéreas, la contaminación lumínica, radioeléctrica y atmosférica.

Aparte de las últimas noticias y las fotografías de los muchos telescopios internacionales que hay allí emplazados, resulta especialmente interesante dentro de la sección de Divulgación, la sección dedicada a los Recursos Educativos, en donde encontraremos apuntes, vídeos, fotografías y animaciones sobre los conceptos más básicos de la astronomía.”



BIBLIOTECA DIGITAL OEI • CAEU

<http://www.oei.es/bibliotecadigital.php>

En el volumen XVI Nº 4 recomendamos la página de la Biblioteca Digital Mundial. En esta ocasión queremos recomendar un sitio con características similares por su intención intercultural y de suministro de información amplia y variada como recurso para educadores, estudiantes y público en general. Se trata de la Biblioteca Digital Iberoamericana que es un “Servicio de Información y Documentación especializado en educación, ciencia, tecnología, sociedad e innovación (CTS+I), y cultura en Iberoamérica. Integra todos los servicios de búsqueda y recuperación de información bibliográfica en soporte papel y en formato electrónico.”



pagosonline.net
El pago seguro en Internet

Vende fácilmente por Internet con toda tranquilidad, usando la mas avanzada tecnología en detección contra el fraude electrónico.

Contáctanos ya en:
www.pagosonline.net



PBX: (+1)7 563 126



ASOCIACIÓN COLOMBIANA
PARA EL AVANCE DE LA CIENCIA

Publicación trimestral
que informa sobre los
últimos avances en
Ciencia y Tecnología
realizados en Colombia
y el mundo

Revista Innovación
y Ciencia
Un paso adelante en Ciencia y Tecnología

Cupón de suscripción

Suscripción anual para Bogotá \$50.000 • Precio número regular \$12.000 • Precio edición especial \$15.000 • Suscripción gratuita para asociados

DÍA			MES			AÑO					
NOMBRE						SUSCRIPCIÓN POR UN AÑO					
DIRECCIÓN						4 EJEMPLARES					
DIRECCIÓN						A PARTIR DEL NÚMERO					
TELÉFONO			FAX		CELULAR		CC. O NIT.				
CIUDAD			CORREO ELECTRÓNICO								
PROFESIÓN			ESPECIALIDAD								
FORMA DE PAGO			EFECTIVO <input type="checkbox"/>			TARJETA DE CRÉDITO N°			ACEPTO RENOVACIÓN AUTOMÁTICA SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>		
DINERS <input type="checkbox"/>			VISA <input type="checkbox"/>			MASTER CARD <input type="checkbox"/>			AMERICAN EXPRESS <input type="checkbox"/>		
VENGE			CUOTAS			NÚMEROS DE SEGURIDAD					
CHEQUE <input type="checkbox"/>			CHEQUE N°			BANCO					

Consignación a nombre de «Asociación Colombiana para el avance de la Ciencia» en:
Banco de Occidente, cuenta de ahorros N° 26880746-8 • Banco Agrario, cuenta de ahorros
N° 0230-002930-5 • Banco Popular, cuenta corriente N° 160-203196.
Envíe su comprobante de pago junto con este cupón al fax: **2216950** y **2219953** o por correo a la
sede de ACAC en Bogotá: Calle 44 N° 45- 67 Unidad Camilo Torres • Bloque C • Módulo 3
innovacionyciencia@acac.org.co
Bogotá, Colombia • Más \$5.000, costo de envío fuera de Bogotá

FIRMA