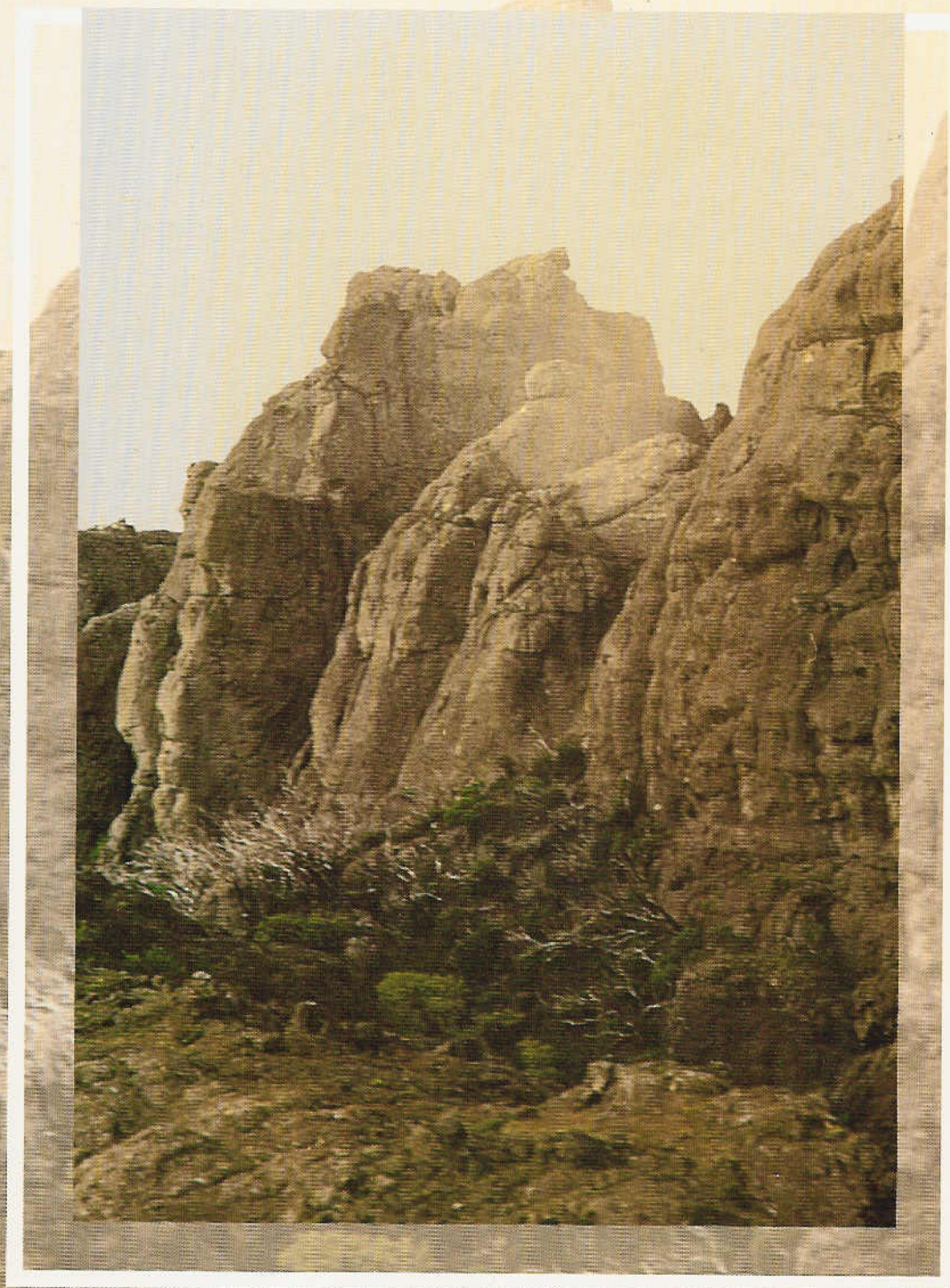


REPERTORIO CIENTIFICO

UNIVERSIDAD ESTATAL A DISTANCIA

ISSN: 1021-6294

Vol. 3, Nº 1, ENERO - ABRIL, 1995



ESCUELA DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

Repertorio Científico es una publicación trimestral de Escuela de Ciencias Exactas y Naturales de La Universidad Estatal a Distancia, para la divulgación de la Ciencia y la Tecnología.

EDITOR EN JEFE:
Marvin Calvo M.

CONSEJO EDITORIAL:
Walter Araya N.
Gerardo Chaves C.
Johnny Valverde
Rodolfo Rodríguez R.
Cesar Castro T.

EDITORIA GRÁFICA:
Gloriana Espinosa W.

REDACTOR:
José Antonio Rodríguez

CONSEJO DE REVISORES:
Liliana Camacho V.
Gerardo Acuña C.
Raúl Torres M.
Celedonio Ramírez. R.
Benilda Salas S.
Ronald Arrieta C.
Julio Mata S.
Javier Trejos Z.
Luis Paulino Mora V.
Edgar R. Ramírez B.
Emma G. Tuk M.
Marlene Viquez S.
Alicia Gurdíán F.
Jaime E. García G.
Edgar Castillo
Oلمان Díaz S.
Celso Vargas E.
Guillermo Coronado C.
José M. Valverde Rojas
Rocío López V.
Walter Solano
Luz M. López Calleja

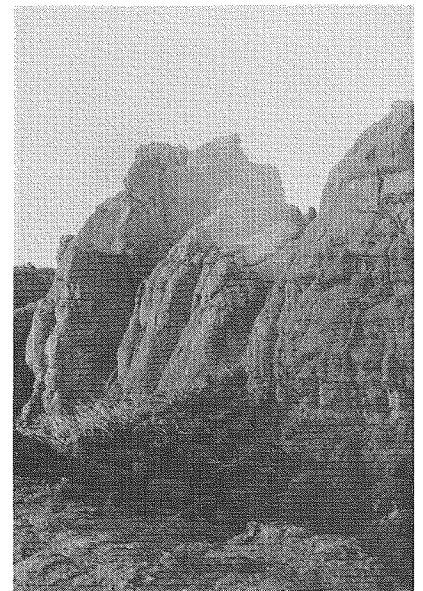
CORRESPONDENCIA:
Marvin Calvo
Revista Repertorio Científico
Escuela de Ciencias Exactas y Naturales
Universidad Estatal a Distancia
Apdo. 474-2050 San Pedro
San José - Costa Rica
Tel. 253-2121 Ext. 383

Impreso en la Oficina de Publicaciones de la Universidad Estatal a Distancia.

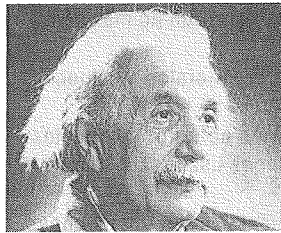
Los autores son responsables por los hechos y opiniones contenidos en sus artículos, los cuales no son necesariamente la opinión de Repertorio Científico ni de la UNED.

El material gráfico fue cedido gentilmente por los editores.

Se permite la reproducción y traducción de los artículos publicados en esta revista siempre y cuando se haga mención del autor y de la fuente.



El ecoturismo, ¿estará ensanchando sus fronteras en detrimento del ambiente? Esta pregunta y otras muy interesantes sobre este tema de actualidad, discutimos en nuestra sección ENTRE-VISTA, pá. Los Crestones, Parque Nacional Chirripó, San José.



EL VALOR HEURÍSTICO DE LA MECÁNICA ESTADÍSTICA EN EL DESCUBRIMIENTO CIENTÍFICO

El papel desempeñado en el descubrimiento de los cuantos de luz de las primeras investigaciones de Albert Einstein.

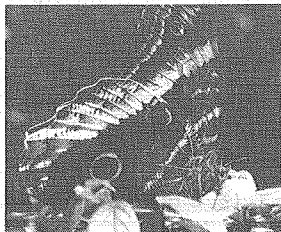
8



LOS PLAGUICIDAS Y EL COMBATE DE PLAGAS

Opciones para racionalizar el uso de plaguicidas dentro de la noción del manejo integrado de plagas.

22



MARIPOSAS CREPUSCULARES

En Costa Rica, veinte especies en nueve géneros de estos insectos habitan en todos los bosques.

46

PAUTAS PARA PUBLICAR 4

EDITORIAL 5

ENTREVISTA

Mercedes Corrales:
 La realidad del ecoturismo en Costa Rica
Marvin Calvo 6

HISTORIA DE LA CIENCIA

El valor heurístico de la mecánica estadística en el descubrimiento científico
Alejandro Mayorga 8

ARTÍCULOS

La antropología pedagógica y la ecología
María M. Chaverri 19

Los plaguicidas y el combate de plagas
Luko Hilje 22

Investigación universitaria y el desarrollo sostenible
Victor H. Méndez 27

CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Un modelo de transferencia científico-tecnológico para la UNED
Rodolfo Rodríguez 30

REFLEXIONES

El profesor universitario ante el reto que presenta el proceso de enseñanza-aprendizaje
Rodrigo Barrantes 35

UNIVERSIDAD Y COMUNIDAD

Fundación de Educación Ambiental
40

VI Seminario Regional de Ciencias Ambientales
40

CEPRONA: campaña de reciclaje
40

ACADEMIA

Carrera de manejo y conservación de recursos naturales
Carlos Rojas 44

CÁPSULA CIENTÍFICA

Mariposas Crepusculares
Isidro Chacón 46

BIOMURAL

Orlando Morales M.
47

PAUTAS PARA PUBLICAR

RECOMENDACIONES GENERALES

A continuación se ofrecen recomendaciones para los autores:

- Todo artículo debe ir antecedido por un resumen de no más de 10 líneas en inglés y español.
- El título debe ser conciso y lo más informativo posible.
- No se tomará en cuenta ningún artículo que haya sido publicado en otra revista.
- En la introducción se debe explicar el objetivo del artículo.

El autor debe aclarar lo que constituye el aporte de otros, la referencia bibliográfica se citará en el texto de la siguiente forma: (apellido del autor y año), no debe separar con comas el autor y el año, si hay más de una cita en el paréntesis, separe con coma cada una de ellas; si la cita es textual debe agregar además páginas capítulo o párrafo en la cita. Las comunicaciones personales se citarán sólo en el texto con el siguiente formato (Nombre Apellido com. pers.)

- El tema debe ser expuesto de manera concisa, utilizando un vocabulario sencillo y directo.
- Debe evitarse términos poco corrientes y los términos nuevos deben definirse con anterioridad. Las expresiones plenas de una disciplina deben utilizarse sólo si las aceptan plenamente otros especialistas.
- El autor procurará que sus artículos contengan todos los datos que permitan la comprensión, para lo cual dará las explicaciones necesarias sobre el sentido de los términos usados.
- Toda limitación debe indicarse en el artículo.
- Los trabajos publicados anteriormente sobre el mismo tema deben ser objeto de referencia bibliográfica, la cual deberá anotarse al final del escrito y no como notas al pie.
- Una lista de símbolos y unidades deben aparecer al final de cada artículo antes de la bibliografía, cuando la naturaleza de la publicación lo amerite, bajo el encabezamiento de "nomenclatura".
- El artículo debe escribirse a máquina, a doble espacio. Un original o fotocopia del mismo, y no una copia al carbón. Sólo se recibirán artículos en español. Una vez que el artículo halla sido aceptado favor enviar diskette con el documento escrito en Word Perfect 5.1. Los nombres científicos deben escribirse subrayados, no se aceptan en otro tipo de letra.
- **Es obligatorio hacer un esquema original y didáctico de las ideas más importantes que se presentan en el artículo. Para la reproducción de gráficos, deberán enviarse dibujos originales en una dimensión de 8 1/2 x 11" (21.5 cm. x 28 cm.) Las ilustraciones y cuadros no deben incluirse en el texto, las leyendas y los títulos de los mismos deben escribirse en hojas aparte. Las ilustraciones fotográficas deberán estar en página aparte lo suficientemente ampliadas para su óptima reproducción.**

PAUTAS ESPECÍFICAS PARA LA PRESENTACIÓN DE ARTÍCULOS CIENTÍFICOS

Se entiende por ARTÍCULO CIENTÍFICO el logrado como resultado de un proceso de investigación. Su finalidad es comunicar con claridad los descubrimientos realizados en la investigación, no como parte de un libro, sino como un todo acabado e internamente estructurado.

- Título:** Centrado y con un máximo de 10 palabras.
 - Direcciones:** Institución u otro lugar en donde se le puede localizar fácilmente al autor o autores.
 - Resumen:** en forma clara y detallada, con no más de 10 renglones en inglés y español.
 - Introducción:** Con los objetivos generales y específicos.
 - Materiales y Métodos:** Indicar los aparatos, productos químicos, variedades y poblaciones usadas así como la técnica experimental utilizada.
 - Resultados y Discusión:** presentar todos los hechos, tanto positivos como negativos.
 - Conclusiones.**
 - Literatura citada:** Utilizar el siguiente formato:
Para libros: autor o autores. año de publicación. título del libro. Editorial, país o ciudad.
Para revistas: autor o autores. año de publicación. título del artículo, nombre de la revista volumen (número); páginas.
Artículos de libros editados: autor o autores. año. título del artículo. En: Nombre del libro, Editor. Nombre del editor (Nombre apellido). Edición, Editorial, país o ciudad.
- Si son más de tres autores se escribe sólo el primero seguido por las palabras latinas "et al", para las citas dentro del texto, pero deben ser puestos todos los nombres en la referencia bibliográfica.

PAUTAS ESPECIALES PARA LA PRESENTACIÓN DE ARTÍCULOS DE REVISIÓN E HISTORIA DE LA CIENCIA

El ARTÍCULO DE REVISIÓN se obtiene de examinar áreas particulares de un trabajo, de un tema especial, con el fin de informar sobre los avances más destacados que dicho tema ha tenido en un período de tiempo determinado. Aquí los conocimientos obtenidos de la consulta bibliográfica se resumen, exponen, analizan y critican.

- Título:** Centrado y con un máximo de 5 palabras.
- Direcciones:** Institución u otro lugar en donde se le puede localizar fácilmente.
- Resumen:** en forma clara y detallada, con no más de 10 renglones en inglés y en español.
- Introducción:** Marco teórico del problema a exponer.
- Desarrollo y discusión de ideas expuestas.**
- Conclusiones.**
- Literatura citada** (igual que para artículos científicos).

En los últimos años se ha considerado al turismo como una fuente primordial de divisas. No obstante existe preocupación en la comunidad científica por los posibles efectos que este tipo de actividades provoque a corto y mediano plazo sobre los recursos naturales. No se han realizado, en su mayoría, estudios de capacidad de soporte o de uso en áreas turísticas medulares, tales como parques nacionales, ecosistemas costeros y otras modalidades de recursos naturales con valor ecoturístico. Los hoteles cinco estrellas y los megaproyectos modernos contrastan con factores sociales, económicos y culturales. La mentalidad empresarial promueve la conservación, sólo en virtud de que la misma genera riqueza y no por el hecho fundamental de que la garantía de sobrevivencia del *Homo sapiens* dependa de la existencia de los demás seres vivos que también conforman el ecosistema que habitamos.

En la actualidad el Ecoturismo trata de perdurar como concepto real y objetivo, ante la discusión del conservacionista antropocéntrico y biocéntrico.

La experiencia internacional relativa a los efectos negativos en el medio ambiente a causa de megaproyectos turísticos indica claramente que se deben tomar regulaciones legales y científicas en el país, que tiendan a crear las bases necesarias para un desarrollo de esta actividad en armonía con la naturaleza y en concordancia con los más altos intereses de nuestra cultura.

5

En este sentido la UNED preocupada por aportar soluciones adecuadas al manejo sostenible de los recursos naturales, por medio de la Escuela de Ciencias Exactas ofrece la carrera de Manejo y Conservación de Recursos Naturales en tres modalidades académicas: diplomado, bachillerato y licenciatura. El Ing. Carlos Rojas Quesada, encargado de la carrera, brinda una información detallada sobre la misma.

LA REALIDAD DEL ECOTURISMO EN COSTA RICA

Entrevista a la Dra. Mercedes Corrales Carvajal de la Universidad Latina de Ciencia y Tecnología, ULACIT

Marvin Calvo Montoya
ECEN, UNED.



Mercedes Corrales es la actual decana de la Facultad de Turismo de ULACIT. Obtuvo su doctorado en turismo en el Instituto de Geografía de la Universidad Karls-Ruprecht de Heidelberg, Alemania, en 1993. Fungió como Asistente de Cursos y Encargada de Investigación en la Universidad Laval, Departamento de Geografía, en Qebec, Canadá y como Jefe del Proyecto "Aprovechamiento recreativo del bosque en áreas forestales", Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Dirección General para el Desarrollo Forestal, México, D.F.

Para comenzar me gustaría pedirle una definición del término ecoturismo.

El concepto de ecoturismo ha sido definido de muy diferentes formas por una cantidad considerable de autores. Personalmente no utilizo este vocablo, debido a que no estoy de acuerdo con las deformaciones conceptuales que ha sufrido en los últimos años. Comparto el término "turismo de compromiso", el que defino como el tipo de turismo orientado a minimizar los efectos negativos de la actividad turística en la naturaleza y en el desarrollo socioeconómico de un país.

¿Considera usted que turismo científico es sinónimo de ecoturismo?

El término de turismo ecológico no es sinónimo de turismo científico. Este último tiene como objeto de estudio un profesional, cuyo motivo de desplazamiento es la realización de una investigación aplicando el método científico, mientras que el turismo ecológico se fundamenta en el análisis del turista que busca contacto con la naturaleza y el grupo huma-

No cabe duda que en la actualidad un sector importante de la sociedad costarricense cuestiona los lineamientos básicos sobre los cuales se fundamenta esta doctrina moderna de turismo. Consideran que el ecoturismo ha servido para degradar los recursos naturales y para el abuso y encubrimiento de actividades antiambientalistas, como por ejemplo en el caso de Gandoca-Manzanillo. No obstante un sector de científicos ven el ecoturismo como una fuente de divisas y de utilización racional de los ecosistemas naturales. Por otro lado algunos políticos prominentes proponen reformas radicales que conllevan a la protección absoluta de la cobertura boscosa nacional, como es el caso del proyecto CULPA, que pretende reformar la actual legislación forestal y detener de una vez por todas la tala indiscriminada de bosques. Se pretende con esta ley darle un uso sostenible a las riquezas forestales, es decir promocionar el turismo científico en estas zonas sin sobrepasar la capacidad de soporte de las mismas. Para discutir algunos detalles del fenómeno ecoturístico a nivel nacional y mundial, entrevistamos a la doctora Mercedes Corrales, decana de la facultad de Turismo de la ULACIT.

no a visitar, minimizando el impacto que él pueda originar, sin pretender realizar estudios exhaustivos durante su visita.

Dentro del marco de esta definición que usted propone, ¿cuales deberían ser las responsabilidades de las empresas turísticas de nuestro país?

Las responsabilidades de la empresa turística deberían de ser:

- Entender su objeto de trabajo, en este caso la actividad turística y sus implicaciones.
- Actuar con compromiso hacia la naturaleza y la sociedad, planeando de tal manera que los beneficios no signifiquen un desequilibrio social o natural.
- Publicitar y promocionar de acuerdo a la realidad del país y la capacidad de la empresa.
- Conocer el ambiente natural y social de nuestro país.

e) Ofrecer calidad del servicio.

f) Actualizarse con el propósito de mejorar y así colaborar al desarrollo de un turismo que contribuya realmente al progreso nacional.

¿Significa esto que Costa Rica requiere una empresa turística más profesional?

Costa Rica requiere de una empresa turística más responsable y profesional. Debido a que el turismo inició su crecimiento en forma reciente y repentina, el país no estaba preparado académicamente para educar y cultivar a residentes costarricenses en el campo del turismo. El empresario turístico debe ser capacitado en las áreas de la administración, publicidad y promoción, y geografía física y humana del país.

¿Cuándo ubica usted el nacimiento histórico del ecoturismo en Costa Rica? Considerando que el ecoturismo:

- Es un concepto que surge en Estados Unidos en los años 60, bajo la influen-

cia de un movimiento internacional, originado como producto del impacto del turismo de masa y

2. Que sus fundamentos son el minimizar el efecto negativo en la naturaleza y en la sociedad, se puede considerar el inicio de esta actividad en Costa Rica el período comprendido entre mediados y finales de los años 70. Es necesario aclarar que anterior a esta época existía este tipo de turismo en el país, sin embargo su objetivo no estaba orientado necesariamente en las bases del ecoturismo.

¿Cuándo surge en la ULACIT el proyecto de tratar de fomentar en el país una proyección académica dirigida a formar profesionales en el campo del ecoturismo?

En 1988 surge la inquietud en un grupo de personas de crear un postgrado en el área del Ecoturismo, como producto de la necesidad de conservar nuestro patrimonio cultural y natural del país. En 1989 se estructura el programa curricular de la Maestría en Turismo Ecológico, el cual es abierto al público en enero de 1990.

¿Cree usted que el futuro del turismo en nuestro país es el ecoturismo?

Si el ecoturismo se hubiera desarrollado en Costa Rica con la orientación que le dio su origen, consideraría que éste debería de ser el turismo a impulsar en el país. Sin embargo esta actividad en Costa Rica, al igual que en otros países, se ha comercializado a tal punto, de ser generalizada y abarcar cualquier actividad que se lleve a cabo en el ambiente natural y social. El turismo que se debe desarrollar en Costa Rica, es aquel que se oriente hacia el desenvolvimiento de la actividad, considerando el minimizar los efectos negativos en nuestra diversidad natural y cultural.

¿Cuál sería la estrategia del gobierno para cambiar la dirección que está tomando el ecoturismo en Costa Rica?

Considero que el gobierno debe:

- a) Tener claro la necesidad de desarrollar un turismo que minimice los cambios en nuestra sociedad y ambiente natural. Posteriormente transmitir esta concepción a las instituciones relacionadas con la actividad turística, para que éstas a su vez la proyecten a la comunidad costarricense y así trabajar bajo una misma concepción.
- b) Estructurar las instituciones actuales relacionadas con el turismo, especialmente el Instituto Costarricense de Turismo, de tal manera que éstas sean el reflejo de la calidad del servicio y el compromiso con nuestra naturaleza y sociedad.
- c) Capacitar en forma continua al personal relacionado con el turismo, esta-

bleciendo especie de convenios con las universidades e instituciones parauniversitarias que cuentan programas educativos en el área del turismo.

- d) Modificar la Legislación Turística para que a través de ésta se pueda realmente regular y controlar el desarrollo turístico en las diferentes partes del país. La Legislación como ente regulador debe ser más directa y otorgar responsabilidades concretas a las instituciones.
- e) Ofrecer posibilidades de inversión en el campo del turismo, solamente a aquellos inversionistas nacionales o extranjeros que después de haber sido estudiados, demuestren que son capaces de desenvolverse bajo la concepción de un turismo responsable.
- f) Apoyar al Instituto Costarricense de Turismo y al Instituto Nacional de Aprendizaje en la realización de programas educativos, que colaboren en la concientización de la población costarricense sobre la importancia de desarrollar un turismo de compromiso.

¿Acaso algunos empresarios no utilizan el ecoturismo como un maquillaje verde que les permitan multiplicar sus ganancias?

Una parte considerable de los empresarios que están ofreciendo actividades ecoturísticas en Costa Rica, utilizan el término "ECOTURISMO" como atracción de demanda. Sin entender el verdadero concepto de este vocablo lo han orientado al uso de servicios en zonas naturales, dejando a un lado el aspecto fundamental de este tipo de turismo el cual es, el reducir el efecto contraproducente de las actividades turísticas en el ambiente natural y social. Algunos de estos empresarios producen diariamente trastornos ecológicos, como lo son: erosión de suelos, contaminación de aguas, separación de ecosistemas a través de la construcción de carreteras y senderos, alteración de fauna sensible a la presencia del hombre, por medio de la introducción de turistas que desconocen el comportamiento animal.

¿Qué opinión le merece los cuestionamientos mencionados al inicio de la entrevista contra el ecoturismo?

El concepto de ecoturismo tal y como fue concebido en sus orígenes no contribuye al destrozo de ecosistemas, ya que esto es precisamente lo que se quiere evitar. Sin embargo, se ha utilizado esta concepción en forma comercial y esto es precisamente lo que ha originado la falta de credibilidad en este tipo de turismo. Es importante tomar en cuenta que el ecoturismo se desarrolla bajo la influencia del movimiento conservacionista mundial, basado en una ideología antropocéntrica. De esta manera se minimiza el impacto del turismo de acuerdo a los

intereses del ser humano. Esto permite diferentes aplicaciones de la ideología, sin considerar realmente los elementos afectados (el ambiente natural y el social).

¿Cuál es el mercado laboral para el profesional en ecoturismo?

Un sondeo realizado por el Decanato en el mes de agosto del presente año, nos indicó que el mercado laboral del profesional del ecoturismo lo constituye: las instituciones gubernamentales (Ministerio de Recursos Naturales, Energía y Minas, Instituto Costarricense de Turismo, Servicio de Parques Nacionales, entre otras), Fundaciones relacionadas con aspectos ecológicos, la empresa turística privada y Universidades.

¿Conoce usted algún ejemplo concreto en el mundo de verdadero desarrollo ecoturístico?

Desconozco un país que halla alcanzado un desarrollo generalizado del ecoturismo, sin embargo sí existen ejemplos de sitios en un país en donde se ha logrado minimizar el impacto del turismo en el ambiente natural, obteniéndose un equilibrio entre naturaleza y actividad turística. Personalmente conozco el caso de la región de Land Between The Lakes, en Kentucky y Tennessee en Estados Unidos. Esta área de 69.000.00 hectáreas dedicadas al turismo, la recreación, uso racional del bosque y conservación ha logrado mantener su diversidad natural, debido al manejo sensible y profesional realizado por especialistas en diferentes campos científicos. Existen otros ejemplos aislados tanto en América como en Europa.

¿Cree usted que nuestro país debe copiar esas experiencias internacionales?

Copiar no ha sido un método efectivo en ninguna época. Es importante tomar el ejemplo negativo y positivo de otras sociedades en el campo del turismo, para corregir y orientar esta actividad en nuestro país.

¿Cómo percibe usted el presente y el futuro del ecoturismo en Costa Rica?

Es muy difícil predecir el desarrollo de una actividad económica. En el presente el ecoturismo en Costa Rica se ha comercializado y son pocas realmente las empresas que están laborando en forma consciente, procurando minimizar diariamente el efecto negativo de la actividad turística. Es latente, sin embargo, la preocupación de especialistas y ciertos empresarios turísticos por cambiar, modificar y darle mejor orientación al turismo que yo prefiero llamar "de compromiso". Si no se logra una mejor organización en esta área de la economía, puede llegar a ser un freno al desarrollo socioeconómico del país y una causa de alteración en nuestras áreas naturales.

Albert Einstein: el Valor Heurístico de la Mecánica Estadística en el Descubrimiento Científico

El caso de los cuantos de luz

Alejandro Mayorga

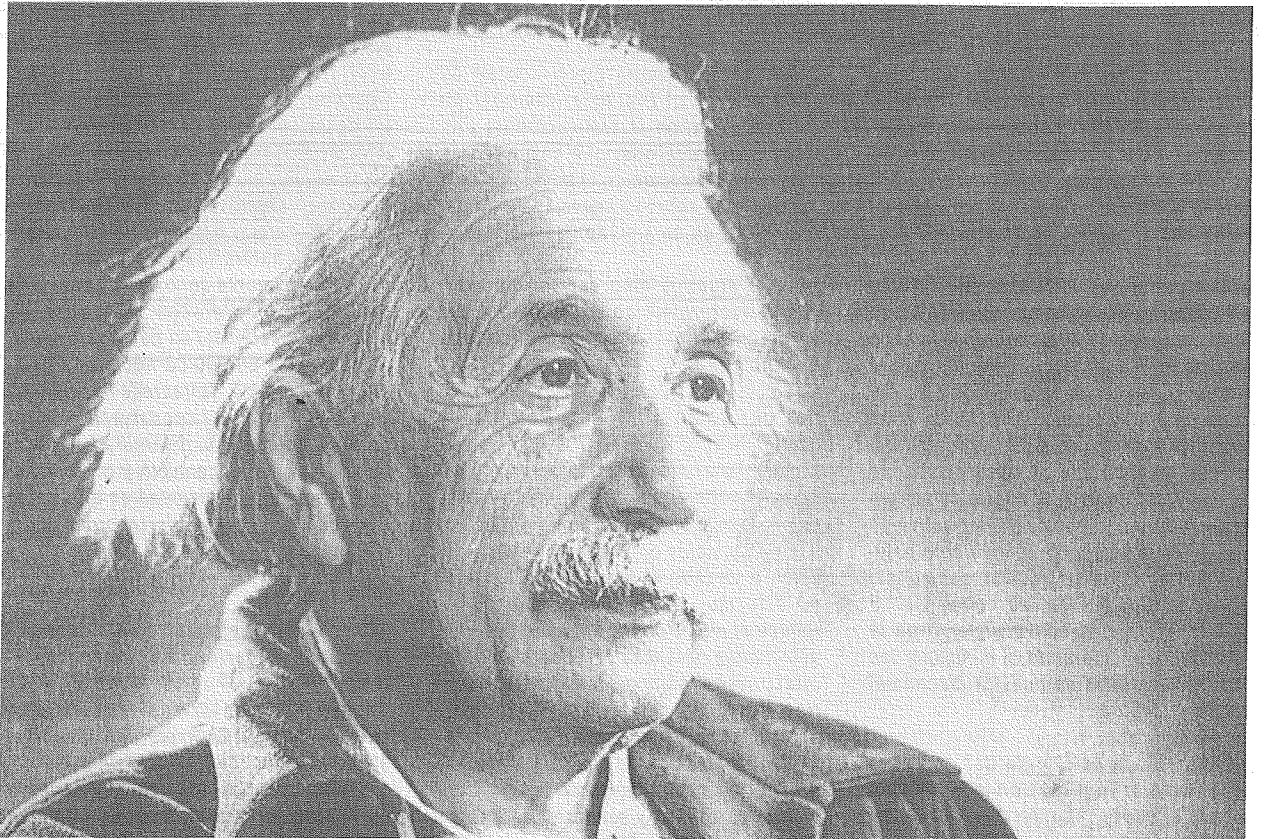


Figura 1. RETRATO de Albert Einstein.

8

Albert Einstein es universalmente conocido por sus aportes a la física cuántica y por la teoría de la relatividad. Sin embargo, en la mayoría de las obras divulgativas no se enfatiza el papel heurístico que desempeñaron sus primeras investigaciones acerca de la teoría cinético-molecular y los fundamentos de la termodinámica en sus descubrimientos en otros campos de la física teórica. Este artículo se propone exponer el papel jugado por estas ideas en el descubrimiento de los cuantos de luz, partiendo de la discusión de sus trabajos publicados entre 1902 y 1904 en la revista alemana **Annalen der Physik**.

Descriptores: Albert Einstein, Ley de Planck, Mecánica cuántica, cuerpos negros.

INTRODUCCIÓN

Albert Einstein (1879 - 1955) (Fig. 1) se involucró por primera vez con la mecánica estadística en 1902 y sus investigaciones en este campo se prolongaron hasta 1925, año en el que hizo su última gran contribución: el tratamiento de la estadística cuántica de las moléculas.

Entre 1901 y 1904 Einstein publicó cinco artículos en los **Annalen der Physik** cuyos contenidos eran la hipótesis de una fuerza molecular universal y los fundamentos de la mecánica estadística. El último de ellos, escrito en

1904, tenía que ver con las fluctuaciones energéticas, las cuales jugaron un papel importante en sus descubrimientos de 1905.

Tres de sus artículos publicados en 1905 (su tesis doctoral acerca de una nueva determinación de las dimensiones moleculares y sus investigaciones relacionadas con el movimiento browniano) son el resultado de su interés en dos problemas centrales de los comienzos del siglo veinte: la realidad de las moléculas y la base molecular de la mecánica estadística. El primer problema consistía en probar la realidad de las moléculas y de los átomos, en la determinación de su tamaño y de su número. El segundo tenía que ver con la expresión de conceptos macroscópicos, tales como presión, temperatura y entropía, en términos del movimiento de estas partículas.

De acuerdo con A. Pais (1983), éste último problema tuvo un interés particular para el joven Einstein y se conectó con sus investigaciones acerca del movimiento browniano. La importancia de estas investigaciones residió en que puso a disposición del físico no sólo un método para el conteo de partículas, sino un método que le permitía demostrar la realidad de movimientos tales como el calor sólo mediante el uso de un microscopio.

El valor heurístico de la mecánica estadística en la obra de Einstein cobra énfasis cuando se destaca que sus principales contribuciones a la física cuántica brotaron de esta simiente. El postulado cuántico de la luz surgió de un argumento estadístico relacionado con las propiedades de equilibrio de la radiación. Las principales aplicaciones de su primer artículo de 1904 caen dentro del dominio cuántico. En 1909, antes del descubrimiento de la mecánica cuántica, al investigar las fluctuaciones en la radiación del cuerpo negro, Einstein concluyó que la teoría debía basarse en una descripción dual en términos de partículas y ondas. Su derivación de la ley de Planck para la radiación del cuerpo negro, realizada en 1916, posee, también, una base estadística. Así, el problema de las fluctuaciones representó una línea de progreso tanto en las aplicaciones de la mecánica estadística como en el estudio del espectro de la radiación del cuerpo negro.

Además, como ha señalado Miller (1976), el artículo de 1905 sobre la teoría especial de la relatividad tiene como fundamento las fluctuaciones en la presión de la radiación, tal como se deduce del análisis de la sección ocho de dicho artículo. Así, se establece una estrecha relación entre las investigaciones cotejadas en dicha sección y su trabajo anterior sobre la cuantización de la luz, derivado a partir de la termodinámica estadística.

Los tres artículos que aparecieron publicados en 1905 en el volumen 17 de los *Annalen der Physik* :

1. Sobre la electrodinámica de los cuerpos en movimiento,

2. Acerca de un punto de vista heurístico sobre la generación y la transformación de la luz y

3. Sobre el movimiento requerido por la teoría cinético molecular del calor para las partículas suspendidas en fluidos en reposo,

contienen temas superpuestos: el artículo sobre cuantos de luz intentaba probar los límites de la teoría electromagnética de Maxwell, el artículo sobre el movimiento browniano intentó trazar los límites de la termodinámica y de la mecánica, el artículo acerca de la relatividad especial propuso un punto de vista en el que la mecánica y el electromagnetismo podían considerarse sobre una misma base. El problema a partir del cual se derivaron estas tres investigaciones fue el de la naturaleza de la radiación:

1. En el artículo acerca de la cuantización de la luz, Einstein partió de la ley de radiación propuesta por **Wilhelm Wien** (1864-1928) en 1896 y mostró que la energía de un cuanto luminoso (ϵ) era:

$$\epsilon = \frac{R\beta v}{N}$$

donde

R = Constante universal de los gases

$\beta = h/\kappa$

h = Constante de Planck

$\kappa = R/N$ es la constante de Boltzmann

T = Temperatura absoluta

N = Número de Avogadro

v = Frecuencia

2. En el artículo acerca de la relatividad especial probó que la razón entre la energía y la frecuencia de un "complejo luminoso" era invariante, sin hacer ninguna suposición acerca de la constitución de la luz.

La conjunción de estos dos resultados para los cuantos de luz suministró evidencia adicional para el carácter universal de la constante de Planck.

3. El artículo acerca del movimiento browniano pretendía calcular, de acuerdo con la teoría cinética del calor, los movimientos a los que están sometidos aquellos cuerpos suspendidos en un fluido. En este artículo presentó por vez primera una relación de disipación-fluctuación. Según Einstein, dichos movimientos eran resultado del movimiento térmico molecular.

En las páginas siguientes intentaremos delinear el camino que condujo a Einstein desde sus primeras investigaciones sobre la fundamentación mecánico-estadística de la termodinámica hasta su descubrimiento de los cuantos de luz. Para esto, haremos un recorrido por el período fundación al de la mecánica estadística einsteiniana, para establecer, después, la ruta que conduce a la derivación de la ley de radiación propuesta por Max Planck el 19 de diciembre de 1900. Finalizaremos con la derivación del cuanto de luz llevada a cabo por Einstein en 1905.

El énfasis se centrará en las diferentes metodologías utilizadas por estos dos autores para derivar el cuanto de luz: Planck hizo uso de un enfoque termodinámico y utilizó el principio de Boltzmann junto con una concepción estadística inconsistente con éste; Einstein, por el contrario, utilizó un enfoque mecánico-estadístico y lo aplicó de manera consistente con el principio de Boltzmann, tanto a partículas como a la radiación del cuerpo negro. Planck supuso que la energía radiada por el cuerpo negro era una cantidad continuamente divisible, mientras que Einstein supuso que la radiación estaba compuesta de un número finito de paquetes energéticos, que poseen su localización en el espacio, que no pueden sufrir división y que sólo pueden ser producidos y absorbidos como unidades completas.

El tema abarca un período muy amplio de las investigaciones en el campo de la radiación, por lo que no se puede, por razones de espacio, extender demasiado en los aspectos colaterales. Nuestro interés ha sido centrarnos sólo en aquellos aspectos que están implícitos en el artículo de Einstein de 1905 con miras a lograr una mayor comprensión y aprovechamiento de su lectura.

EL PERÍODO FUNDACIONAL DE LA MECÁNICA ESTADÍSTICA EINSTEINIANA

La mecánica estadística es aquella rama de la física que estudia los sistemas macroscópicos a partir de un enfoque molecular o microscópico. Su meta es la comprensión y predicción de los fenómenos macroscópicos y el cálculo de propiedades macroscópicas a partir de las propiedades de los constituyentes elementales de un sistema.

La mecánica estadística puede subdividirse en dos partes: aquella que trata acerca de los sistemas en equilibrio y aquella que trata acerca de los sistemas que no están en equilibrio. El estudio de los sistemas en equilibrio se denomina, generalmente, **termodinámica estadística**, ya que constituye un puente entre la termodinámica clásica y la física molecular.

Einstein elaboró una formulación propia de la mecánica estadística clásica del equilibrio, independiente aunque equivalente, a la desarrollada por **J. Willard Gibbs (1844-1906)**, mediante la cual proporcionó bases mecanicistas para la entropía y para la temperatura, intentó dar una justificación microscópica del segundo principio de la termodinámica e introdujo la distribución canónica (Navarro 1990). El período fundacional de esta formulación abarcó los años comprendidos entre

1902 y 1904 y puede considerarse que quedó cerrado en 1905, al publicar Einstein el resultado de sus investigaciones sobre el movimiento browniano.

La mayoría de los estudios históricos sobre la mecánica estadística clásica suelen responsabilizar a Gibbs por el desarrollo de la teoría de colectividades y de su utilización para el cálculo de las magnitudes termodinámicas a partir de las propiedades mecánicas de los constituyentes microscópicos, relegando la formulación einsteiniana a un segundo plano. Esa escasa valoración de los trabajos sobre mecánica estadística llevados a cabo por Einstein fue, en parte, el resultado de sus consideraciones acerca de este tema, al considerar que el camino trazado por Gibbs era preferible al suyo y que de haberlo conocido no habría publicado nada.

Es preciso establecer desde el comienzo la diferencia radical que existe entre termodinámica y mecánica estadística en el pensamiento de Einstein. La termodinámica fue considerada por él como una *teoría de principios*, pues parte de relaciones generales sobre los fenómenos observados para deducir resultados aplicables a un amplio dominio de sistemas sin hacer ningún tipo de hipótesis sobre los constituyentes elementales de la materia. Posee a su favor la generalidad de sus relaciones, que no dependen de la estructura del sistema bajo estudio, pero es incapaz de permitir cálculos de las propiedades físicas por separado o de suministrar interpretaciones físicas de sus ecuaciones. Por otro lado, la mecánica estadística parte de la suposición de la existencia de constituyentes elementales cuyo comportamiento determina el del todo (permitiendo calcular e interpretar las cantidades termodinámicas desde una perspectiva corpuscular) y hace uso de la teoría de la probabilidad.

Al atacar el problema de la radiación del cuerpo negro, **Max Planck (1858-1947)** (Fig. 2) adoptó un enfoque termodinámico. Por su parte, la evolución del pensamiento einsteiniano acerca del problema de la radiación del cuerpo negro se puede explicar como el desarrollo de un programa mecánico - estadístico: entre 1902 y 1904 Einstein elaboró sus fundamentos; en 1905 realizó sus primeras aplicaciones exitosas.

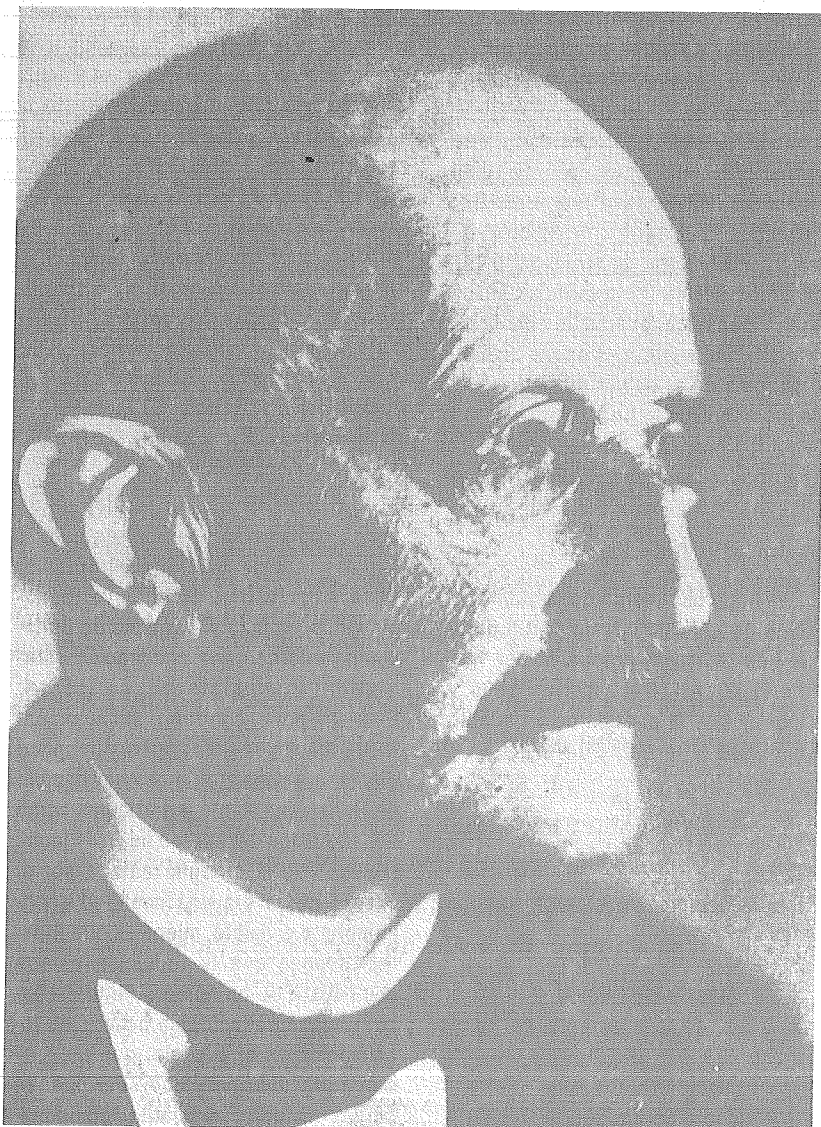


Figura 2. RETRATO de Max Planck (1858- 1947) Universitas, tomo 5, Salvat Editores, 1987.

Entre 1902 y 1904 Einstein publicó tres estudios sobre los fundamentos de la mecánica estadística. El primero de ellos trataba acerca de las definiciones de temperatura y entropía para las condiciones del equilibrio térmico y sobre el teorema de la equipartición de la energía. El segundo trataba acerca de la irreversibilidad. El tercero y el más importante, trataba acerca de las fluctuaciones energéticas y de nuevas formas para determinar la magnitud de la constante de Boltzmann.

Según Einstein, su propósito al escribir estos artículos fue llenar el vacío dejado por James Clerk Maxwell (1831-1879) y Ludwig Boltzmann (1844-1906), quienes intentaron derivar las leyes del equilibrio térmico y la segunda ley de la termodinámica a partir de las ecuaciones de la mecánica y la teoría de la probabilidad. Sin embargo, aunque estaba informado de algunos de los logros de estos investigadores, relacionados con la derivación de las leyes del equilibrio térmico y de la segunda ley de la termodinámica a partir de las ecuaciones de la mecánica y de la teoría de la probabilidad, desconocía casi por completo sus trabajos.

Pese a lo anterior, Einstein fue el primero en utilizar la ecuación

$$S = \kappa \ln W + C$$

en su sentido más amplio y quien dio a esta ecuación el nombre con el cual hoy la conocemos: Principio de Boltzmann.

En junio de 1902 Einstein envió un artículo a los *Annalen der Physik* titulado *Teoría cinética del equilibrio térmico y la segunda ley de la termodinámica*. Allí declaró que, a pesar de los logros de la teoría cinética del calor en el dominio de la teoría de los gases, la mecánica no había sido capaz de suministrar un fundamento adecuado para la teoría general del calor, debido a que había fracasado en deducir los principios del equilibrio térmico y la segunda ley de la termodinámica.

Se hace patente aquí que su interés se centraba en la teoría cinética del calor y no en la teoría cinética de los gases, como lo había hecho Boltzmann anteriormente. Este cambio de perspectiva era el que se requería para desarrollar una base molecular para las leyes de la termodinámica.

Las matemáticas que usó en este primer trabajo (mecánica hamiltoniana y el teorema de Liouville) fueron tomadas casi en su totalidad de las *Lecturas sobre la teoría de los gases*, publicadas por Boltzmann en dos tomos en 1896 y 1897. Aún la notación es similar. Sin embargo, se diferencian en cuanto al enfoque conceptual: Einstein se centró en sistemas generales, sin restringirse sólo a los gases y usó el formalismo hamiltoniano de Boltzmann para establecer la base molecular de la termodinámica.

El primer paso que dio en esta investigación fue establecer una base mecánica para la ley del equilibrio térmico, según la cual si dos cuerpos, A y B, se hallan en equilibrio térmico entre sí, y el cuerpo A se halla en equilibrio térmico con un tercero, C, entonces B y C están en equilibrio térmico también. En el desarrollo de su investigación, Einstein introdujo lo que Gibbs había llamado el conjunto canónico ("canonical ensemble"), es decir, la fórmula para la distribución de un número variable de partículas. Después procedió a aplicar este conjunto a un sistema pequeño, que denominó termómetro, en equilibrio con un sistema más grande, y demostró que la ley del equilibrio térmico se seguía directamente. Más adelante, derivó el teorema de equipartición (es decir, que todas las moléculas contribuyen en igual forma a la energía de un sistema) y concluyó con una larga derivación mecánica de la segunda ley. Sin embargo, tal como había hecho Boltzmann en 1871, no consideró procesos irreversibles.

El artículo de enero de 1903, *Una teoría de los fundamentos de la termodinámica*, trató de llevar a término la tarea iniciada en 1902, pero desde un punto de vista más general. Dos aspectos sobresalen en este artículo:

1. La extensión de su tratamiento de la segunda ley de tal manera que incluyera procesos irreversibles.
2. El intento de divorciar su teoría, en la medida de lo posible, de cualquier influencia específica de la mecánica clásica. Es decir, aquí Einstein trató de utilizar la mecánica estadística como una herramienta que le permitiera valorar los límites mismos de la mecánica.

Al comienzo del artículo Einstein nos dice que la teoría cinética no es necesaria para derivar los fundamentos de la teoría del calor y que eran suficientes algunas hipótesis más generales para cumplir con ese propósito. El cuerpo del artículo consiste en establecer dichas hipótesis y en derivar los fundamentos de la termodinámica. Esas hipótesis "más generales" son las bases sobre las cuales se asienta la mecánica estadística clásica del equilibrio.

Al igual que lo hizo Boltzmann en 1877, su enfoque utiliza combinatorias. Mediante el método combinatorial estableció que la distribución de estados, lo mismo que la probabilidad, cambiarían continuamente con el tiempo y que, por consiguiente, se podía asumir que las distribuciones más probables de los estados de un sistema se seguirían de las menos probables. Esto equivalía a establecer que la probabilidad siempre aumentaba hasta que la distribución de estados llegara a ser constante y la probabilidad máxima. Luego, procedió a establecer una conexión entre entropía y probabilidad: si las distribuciones más probables de los estados de un sistema se siguen de las menos probables, entonces la entropía del sistema aumentaría o, al menos, permanecería constante. Esta suposición es errónea: no es la entropía, sino la probabilidad la que casi siempre aumenta o permanece constante. Einstein incluyó, también, esta suposición en su artículo de 1904.

Einstein concluyó este artículo relacionando el principio de la entropía con la imposibilidad del movimiento perpetuo. Su prueba sugiere que él estaba familiarizado, por aquel entonces, con la formulación de Planck para la segunda ley.

Así, en los comienzos del año 1903 él había rederivado, casi independientemente, muchos de los resultados más importantes de Boltzmann y los había puesto en una estructura coherente, en una época en la que éstos no eran ampliamente conocidos ni entendidos. Había llegado independientemente al conjunto canónico de Gibbs y, quizás, mucho más importante, había dado sus primeros pasos en el desarrollo del principio de Boltzmann, que conduciría al cuanto de luz en 1905.

Por último, en su artículo de marzo de 1904, *Hacia una teoría molecular general del calor*, se hace patente la influencia de los trabajos de Planck sobre la radiación del cuerpo negro. En este artículo, Einstein extendió su tratamiento de 1903 e incluyó la deducción de la expresión de Boltzmann para la entropía, un análisis del significado de la constante de Boltzmann (κ) dentro del marco de la teoría cinética, su relevancia para las fluctuaciones energéticas y la propuesta de la radiación del cuerpo negro como sistema adecuado para desarrollar el análisis. Los tres últimos son imprescindibles para comprender la evolución del pensamiento de Einstein en relación con la teoría cuántica de la radiación.

Einstein comenzó por derivar una versión más clara de la relación entre entropía y probabilidad para un sistema que sólo puede absorber energía en forma de calor. Mostró que la entropía de un sistema en equilibrio con un sistema mucho mayor, a una temperatura absoluta T , era:

$$S = 2\kappa \ln[w(E)] + \text{cte.}$$

donde
 S = Entropía
 κ = Constante de Boltzmann
 E = Energía del sistema
 $w(E)$ = Volumen de la capa del espacio fase entre E y $E+\delta E$

Luego, reemplazó esta probabilidad combinatorial con la probabilidad canónica, tal que para un intervalo unitario de energía:

$$W = \text{cte. } e^{-E/2\kappa T} w(E)$$

De donde,

$$W = \text{cte. } e^{(1/2\kappa)(S-E/T)}$$

12 En el conjunto canónico halló que, para sistemas muy grandes, la probabilidad de hallar energías significativamente diferentes de las más probables era muy pequeña. Por consiguiente, E era esencialmente constante. Así, por una constante aditiva, esta última ecuación era equivalente al Principio de Boltzmann:

$$S = 2\kappa \ln W + \text{cte.} + \left[\frac{E}{T}\right]$$

aunque Einstein no se percató de ello.

Procedió, después, a calcular y a aclarar el significado de la constante κ . Este aspecto resultó crucial en la línea que conduce hacia la radiación del cuerpo negro y hacia la teoría cuántica, al reconocer que esta constante se relaciona con la estabilidad de un sistema contra las fluctuaciones energéticas. De acuerdo con Planck (1960), Boltzmann nunca pensó en la factibilidad de medir exactamente esta constante.

Para calcular su valor Einstein derivó la ecuación:

$$N \cdot 2\kappa = R$$

de la cual obtuvo:

$$\kappa = 6,5 \cdot 10^{-17} \text{ erg K}^{-1}.$$

Sin embargo, Einstein no se conformó con determinar el valor de (totalmente dependiente de la validez de la teoría cinética de los gases) y trató de obtener su significado, ocupándose del problema de las fluctuaciones energéticas de los sistemas en equilibrio térmico. Según Navarro (1990), éste era un tema aparentemente secundario y de poca importancia que Boltzmann y Gibbs habían asociado con la descripción estadística y considerado como indeseables. Más aún, Gibbs las había considerado indetectables.

Al calcular las fluctuaciones energéticas en el conjunto canónico, el cual supone un sistema que puede intercambiar energía con un recipiente que se halla en equilibrio, Einstein halló primero la energía promedio y la usó para calcular las fluctuaciones de energía:

$$\langle \epsilon^2 \rangle = \langle E^2 \rangle - \langle E \rangle^2 = 2\kappa T^2 \frac{d\langle E \rangle}{dT}$$

donde

$\langle \epsilon^2 \rangle$ = Medida de la estabilidad térmica del sistema, la cual está determinada por

$\langle E^2 \rangle - \langle E \rangle^2 = \langle E - \langle E \rangle \rangle^2$ es el valor promedio del cuadrado de la fluctuación energética del sistema.

$\langle E \rangle$ = Energía promedio.

Según Einstein, esta ecuación permitiría una determinación exacta de la constante de Boltzmann si fuera posible determinar el valor promedio del cuadrado de la fluctuación energética de un sistema ($\langle \epsilon^2 \rangle$). El sistema escogido fue la *radiación del cuerpo negro*, "un sistema que había sido explícitamente rechazado por Boltzmann como candidato a practicar los métodos estadísticos con él" (Navarro 1990).

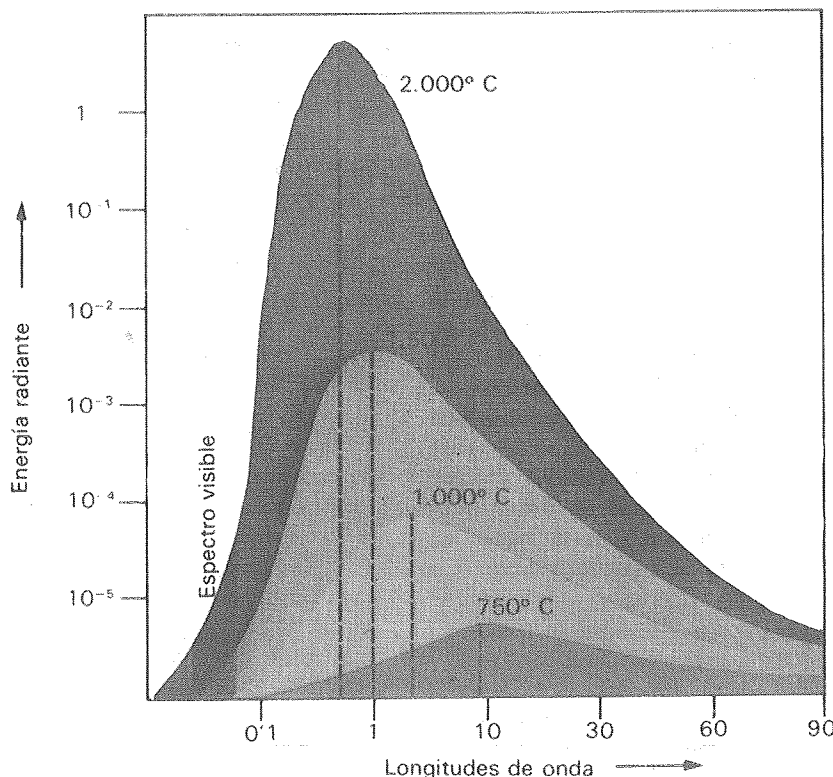


Figura 3. EMISIVIDAD DE UN CUERPO NEGRO a diferentes temperaturas. Tomado de Universitas Tomo 5. Salvat Editores, 1987.

Este sistema consistía de la radiación en equilibrio en una cavidad vacía cuyas paredes se mantenían a temperatura constante. En un sistema tal las fluctuaciones sólo podían deberse a interferencias entre las ondas del campo de radiación (Fig. 3).

Al aplicar la mecánica estadística a la radiación, un sistema no mecánico, Einstein mostró el poder del camino trazado en 1903. Este sería el sendero que le conduciría años después al cuanto de luz, al movimiento browniano y a la opalescencia crítica. Como señala Gearhart (1990), "su teoría molecular del calor -divorciada de la mecánica clásica, pero basada en una segunda ley generalizada para incluir el principio de Boltzmann y las fluctuaciones - iba a suministrar una guía segura en los años venideros".

EL CASO DE LOS CUANTOS DE LUZ

Tres elementos desarrollados en el período fundacional del programa mecánico-estadístico einsteiniano merecen nuestra atención en la dirección de ver en su artículo de 1905 sobre los cuantos de luz un paso de avance de este programa:

1. su derivación del Principio de Boltzmann,
2. su interés en la dependencia respecto del volumen de las cantidades termodinámicas,
3. su derivación de la fórmula de las fluctuaciones energéticas, principalmente porque permitió seleccionar la radiación del cuerpo negro como sistema adecuado para sus investigaciones acerca del significado de κ .

Una descripción mecánico-estadística de la interacción radiación-materia debía establecer los posibles constituyentes elementales de la radiación y sus procesos elementales. El trabajo de 1905 sobre los cuantos de luz insinuó cuáles debían ser esos constituyentes elementales, si bien no fueron establecidos en forma definitiva, junto con los procesos elementales de emisión y absorción, hasta 1916 - 1917.

El artículo de 1905, **Acerca de un punto de vista heurístico sobre la generación y la transformación de la luz**, es la única contribución que Einstein

consideró revolucionaria. En éste abordó el problema de la radiación del cuerpo negro desde una perspectiva completamente diferente a la utilizada por Planck. Einstein partió de la ley de Wien para determinar la estructura de la radiación y utilizó la metodología propia de la mecánica estadística. Por su parte, Planck partió de una hipótesis cuántica, sin analizar su coherencia con el resto del edificio de la física, para llegar a la ley de radiación, empleando una metodología termodinámica.

Para apreciar el papel que jugaron las ideas mecánico-estadísticas en la derivación de los cuantos de luz, es preciso hacer un recorrido de los principales antecedentes históricos implícitos en este artículo.

En 1859, **Gustav Kirchhoff (1824-1887)** había demostrado, a partir de consideraciones termodinámicas, que para un cuerpo en equilibrio térmico con la radiación, que convierte la energía absorbida sólo a energía térmica, el cociente entre la cantidad de energía emitida por el cuerpo a una frecuencia particular (ν), y su coeficiente de absorción para esa frecuencia, dependía solamente de la frecuencia y de la temperatura absoluta (T):

$$\frac{E_{\nu}}{A_{\nu}} = J(\nu, T)$$

donde:

E_{ν} = Emisividad (energía emitida por el cuerpo) a la frecuencia

A_{ν} = Coeficiente de absorción para la frecuencia. Cuando este coeficiente es igual a la unidad el cuerpo es perfectamente negro.

$J(\nu, T)$ = Función de la frecuencia (ν) y de la temperatura absoluta (T), la cual era independiente de la naturaleza del cuerpo.

Kirchhoff demostró que su violación implicaba la posibilidad de un *perpetuum mobile*, en contradicción con las leyes de la termodinámica y enfatizó que era de vital importancia hallar esta función.

La importancia de la distribución de intensidad del cuerpo negro era patente, pero habían dificultades teóricas y

experimentales para determinar la función. Tuvieron que transcurrir cuarenta años para que la información experimental fuera suficiente para responder la cuestión planteada por Kirchhoff. Básicamente, los físicos experimentales se enfrentaron con tres problemas:

1. La construcción de cuerpos manejables con propiedades perfectamente negras.
2. La invención de detectores de radiación con una sensibilidad adecuada, y
3. Hallar maneras de extender las mediciones a dominios mayores de frecuencias.

En 1879, **Josef Stefan (1835-1893)** conjeturó a partir de bases experimentales que la energía total radiada por un cuerpo caliente varía con la cuarta potencia de la temperatura absoluta. En 1884, Boltzmann probó teóricamente que dicha conjetura sólo era correcta para cuerpos negros. Esta prueba involucraba tanto la termodinámica como una rama muy reciente de la física teórica: la teoría electromagnética de Maxwell.

Para el caso de un cuerpo negro, la radiación es homogénea, isotrópica y no polarizada, tal que:

$$J(\nu, T) = \frac{c}{8\pi} \rho(\nu, T)$$

donde:

c = Velocidad de la luz en el vacío

$\rho(\nu, T)$ = Densidad espectral. Es la densidad de energía por unidad de volumen y frecuencia a la temperatura absoluta T.

La ley de Stefan-Boltzmann establece que:

$$E(T) = \int_{\nu_0}^{\nu} \rho(\nu, T) d\nu = a\nu T^4$$

donde:

ν = Volumen de la cavidad

a = Constante de Stefan-Boltzmann

Esta ley fue la primera consecuencia termodinámica derivada del teorema de Maxwell, según el cual el valor nu-

mérico de la presión de radiación es igual al tercio de la energía por unidad de volumen.

Cuando en 1893 Wien demostró su ley de desplazamiento:

$$\rho(\nu, T) = \nu^3 f\left(\frac{\nu}{T}\right)$$

los físicos habían ido lo más lejos posible sobre la base de la termodinámica y de la teoría electromagnética.

En 1896 Wien propuso su ley exponencial:

$$\rho(\nu, T) = \alpha \nu^3 e^{-\beta \nu}$$

Por aquel entonces las técnicas experimentales se habían desarrollado lo suficiente como para contrastar esta ley. **Friedrich Paschen (1865-1947)** llevó a cabo mediciones en la región infrarroja $\lambda \in]1,8[\mu\text{m}$ y $T \in]400, 1600[\text{°K}$. Estas fueron publicadas en 1897 y la conclusión fue que parecía muy difícil encontrar otra función de ν y T que representara los datos experimentales con tan pocas constantes. Por un breve período pareció que esta ley era la respuesta final a la cuestión planteada por Kirchhoff.

Sin embargo, esa esperanza se derrumbó debido a dos factores decisivos: el desarrollo de técnicas de medición en el lejano infrarrojo y la persistencia y la visión de Planck.

En 1900, **Otto Lummer (1860-1925)** y **Ernst Pringsheim (1859-1917)** investigaron el problema en una región todavía inexplorada: $\lambda \in]12, 18[\mu\text{m}$ y $T \in]300, 1650[\text{°K}$. En febrero de ese año concluyeron que la ley de Wien fallaba en esa región.

Ocho meses después, **Heinrich Rubens (1865-1922)** y **Ferdinand Kurlbaum (1857-1927)** llegaron a la misma conclusión al investigar la región $]30, 60[\text{m}$ y $T]200, 1500[\text{°K}$.

El 19 de octubre de 1900 Max Planck leyó ante la Academia Prusiana de Ciencias su ponencia *Acerca de una mejora de la ecuación de Wien para el espectro*. En esta ponencia Planck propuso la ecuación:

$$E = \frac{C\lambda^{-5}}{e^{c/\lambda T} - 1}$$

la cual consideraba que fijaba los datos experimentales en la mejor manera posible y la más simple desde la perspectiva de la teoría electromagnética de la radiación, junto con la ley de Wien.

Esta ley es equivalente a:

$$\rho(\nu, T) = \frac{8\pi h \nu^3}{c^3} \frac{1}{e^{h\nu/kT} - 1}$$

la cual reproducía las observaciones de Rubens y Kurlbaum desde -188°C hasta 1500°C , dentro de los límites de error. La ecuación contenía, además, la ley de Wien para $(h\nu/kT) \gg 1$, una condición satisfecha en los experimentos de Paschen, en los que $(h\nu/kT) = 15$ para $T = 1000 \text{°K}$ y $\lambda = 1 \mu\text{m}$. Esta ecuación postulaba una nueva constante física que Planck denominó *cuanto de acción*.

En junio de 1900 **Lord Rayleigh (1842-1919)** había publicado un artículo en el que sugería, por vez primera, aplicar el teorema de equipartición de la energía (Maxwell-Boltzmann) a la radiación. Rayleigh derivó la relación:

$$\rho(\nu, T) = c_1 \nu^3 T$$

aunque no derivó la constante c_1 . La línea de derivación seguida por Rayleigh fue diferente de la de Planck: no consideró osciladores materiales, lo que significaba una ventaja sobre el enfoque de Planck y se percató de que su relación debía interpretarse como una ley límite: cuando el cociente T/ν era muy grande.

En la reunión del 14 de diciembre de 1900, Planck presentó la lectura *Acerca de la teoría de la ley de distribución de energía del espectro normal*, en la que pretendía ofrecer una derivación de la ley de octubre de ese año y comprender su significado (ver derivación en la página siguiente).

La derivación de la ley de Planck involucra tres etapas: una que podemos denominar *electromagnética*, otra que denominaremos *estadística* y, por último, una etapa *termodinámica*. Sin embargo, de acuerdo con el mismo Planck, la cuantización de la energía (la cual consideró como una cantidad continuamente divisible y compuesta de un número definido de partes iguales) era una hipótesis puramente formal que intentaba a toda costa llegar a un resultado positivo. Desde la pers-

pectiva de la física de 1900, la lógica de las etapas electromagnética y termodinámica era impecable, no así la de la etapa estadística. Sus argumentos estadísticos no tenían nada que ver con la mecánica estadística clásica (Boltzmann). Para Boltzmann la cuestión consistía en determinar la manera más probable en la que un número finito de objetos discernibles (moléculas de gas), con una energía total fija, estaban distribuidos sobre las celdas del espacio fase, mientras que para Planck consistía en el conteo de las particiones de objetos indistinguibles (elementos energéticos). Esta forma de contar estaba lejos de ser justificada por el razonamiento clásico.

La *compleción*, según Boltzmann, era un método que consistía en distribuir p múltiplos enteros de energía ϵ , pertenecientes a una energía total dada, $E = \lambda \epsilon$, entre n moléculas. Así, consideró la distribución de los elementos de energía $\epsilon, 2\epsilon, \dots, p\epsilon$ de manera tal que w_0, \dots, w_p moléculas poseyeran $0, \dots, p\epsilon$ energía. Una distribución particular k tenía:

$$P_k = \frac{n!}{(w_0)! (w_1)! \dots}$$

permutaciones. Para esta distribución de estados la probabilidad se definía como P_k/J , donde J es la suma de todas las distribuciones posibles:

$$J = \frac{(\lambda+n-1)!}{(n-1)! \lambda!}$$

En contraste con Boltzmann, Planck definió el número de compleciones de todas las distribuciones de estado como el "número de todas las compleciones posibles":

$$J = \frac{(N+P-1)!}{(N-1)! P!}$$

dejando a un lado el primer paso.

Einstein rechazó la utilización de la teoría de la probabilidad realizado por estos autores, en especial el conteo de compleciones realizado por Planck en diciembre de 1900, el cual consideró artificial: el principio de Boltzmann no posee ningún significado sin una teoría mecánico-molecular que describa los procesos elementales.

El artículo de Einstein de 1905 acerca de los cuantos de luz se basó en su mecánica estadística y en el principio de Boltzmann y constituye la primera aplicación correcta del principio de

Teoría Electromagnética

Considere un oscilador lineal con masa m y carga e , en interacción con un campo eléctrico periódico y monocromático (con frecuencia ω) en la dirección de su movimiento.

La ecuación de movimiento es:

$$m \frac{d^2x}{dt^2} + f x - \frac{2e^2}{3c^3} \frac{d^3x}{dt^3} = e F \cos(2\pi\nu t)$$

donde

$$\frac{f}{m} = (2\pi\nu)^2$$

ν := Frecuencia del oscilador libre

Sea

$$\gamma = \frac{8\pi^2 e^2 \nu^2}{3mc^3}$$

entonces si $\gamma \ll \nu$:

$$\frac{d^3x}{dt^3} \approx (2\pi\nu)^2 \frac{dx}{dt}$$

y la solución de la primera ecuación es:

$$x = C \cos(2\pi\omega t - \alpha)$$

la cual puede resolverse para C y α .

Se halla que

$$E = \frac{e^2 F^2}{2m} \frac{1}{4\pi(\nu - \omega)^2 + \gamma^2}$$

Si el campo eléctrico consiste de una superposición isotrópica incoherente de frecuencias en equilibrio térmico a la temperatura T , la energía de equilibrio U del oscilador se obtiene reemplazando la densidad de energía del campo eléctrico ($\frac{F^2}{2}$) por

$$\frac{4\pi\rho(\omega, T) d\omega}{3}$$

e integrando sobre ω :

$$U = \frac{4\pi e^2}{3m} \int \frac{\rho(\omega, T) d\omega}{4\pi(\nu - \omega)^2 + \gamma^2}$$

Como γ es muy pequeño, la respuesta del oscilador es máxima si $\omega = \nu$.

Así, reemplazando $\rho(\nu, T)$ por $\rho(\omega, T)$ y extendiendo la integración a todo el espectro:

$$\rho(\nu, T) = \frac{8\pi\nu^2}{c^3} U(\nu, T)$$

Esta es la ecuación para el equilibrio de materia-radiación.

Teoría Estadística

A partir de la ecuación anterior se trata de hallar una expresión para $U(\nu, T)$ que permita derivar las leyes de Wien (1896) y la ley de Rayleigh (1900).

Para esto, Planck supuso un gran número de osciladores lineales vibrando monocromáticamente los cuales están apropiadamente separados y encerrados en un medio dieléctrico con la velocidad de la luz y acotado por paredes reflejantes.

Si suponemos que

$$U_N = NU$$

donde U_N es la energía total, U la energía promedio de un oscilador y N el número de osciladores y

$$S_N = NS$$

donde S_N es la entropía total y S la entropía promedio de cada oscilador.

Entonces, si $S_N = k \ln W + C$ y $U_N = P \epsilon$ donde P es un número entero suficientemente grande y ϵ son los elementos de energía de los cuales se compone la energía total, la cual se considera como una cantidad continuamente divisible, y, según la teoría de permutaciones,

$$R = \frac{(N+P-1)!}{(N-1)! P!} \approx \frac{(N+P)^{N+P}}{N^N P^P}$$

donde R es el número de compleciones (formas de distribuir P elementos de energía sobre N osciladores)

$$W \propto R$$

entonces:

$$S_N = k \ln R$$

$$S_N = k \{ (N+P) \ln(N+P) - N \ln N - P \ln P \}$$

$$S_N = kN \left\{ \left(1 + \frac{P}{N}\right) \ln\left(1 + \frac{P}{N}\right) - \frac{P}{N} \ln \frac{P}{N} \right\}$$

Como $U_N = P \epsilon$ y $U_N = NU$, entonces $P \epsilon = NU$

$$\frac{P}{N} = \frac{U}{\epsilon}$$

y como $S = S_N/N$

$$S = k \left\{ \left(1 + \frac{U}{\epsilon}\right) \ln\left(1 + \frac{U}{\epsilon}\right) - \frac{U}{\epsilon} \ln \frac{U}{\epsilon} \right\}$$

Si escribimos la ley de Wien de 1896 como:

$$S = f\left(\frac{U}{\nu}\right)$$

entonces

$$f\left(\frac{U}{\nu}\right) = k \left\{ \left(1 + \frac{U}{\epsilon}\right) \ln\left(1 + \frac{U}{\epsilon}\right) - \frac{U}{\epsilon} \ln \frac{U}{\epsilon} \right\}$$

de donde: $\frac{U}{\nu \epsilon} = e^{-\epsilon/\nu} \Rightarrow \epsilon = h\nu$

con h constante.

$$S = k \left\{ \left(1 + \frac{U}{h\nu}\right) \ln\left(1 + \frac{U}{h\nu}\right) - \frac{U}{h\nu} \ln \frac{U}{h\nu} \right\}$$

Esta es la ley de distribución de Planck.

Termodinámica Clásica

Según consideraciones termodinámicas, el cambio de la entropía respecto de la energía del oscilador está dado por:

$$\frac{dS}{dU} = \frac{1}{T}$$

Derivando la ley de distribución respecto de U :

$$\frac{dS}{dU} = k \left\{ \frac{1}{h\nu} \ln\left(1 + \frac{U}{h\nu}\right) - \frac{1}{h\nu} \ln \frac{U}{h\nu} \right\}$$

$$\frac{dS}{dU} = \frac{k}{h\nu} \ln \frac{1 + \frac{U}{h\nu}}{\frac{U}{h\nu}}$$

$$\frac{dS}{dU} = \frac{k}{h\nu} \ln\left(1 + \frac{h\nu}{U}\right)$$

Sustituyendo $\frac{dS}{dU}$ por $\frac{1}{T}$

$$\frac{1}{T} = \frac{k}{h\nu} \ln\left(1 + \frac{h\nu}{U}\right)$$

$$\frac{h\nu}{kT} = \ln\left(1 + \frac{h\nu}{U}\right)$$

$$e^{\frac{h\nu}{kT}} = 1 + \frac{h\nu}{U}$$

$$U = \frac{h\nu}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1}$$

Esta es la ecuación para la energía promedio de un oscilador lineal. Nótese que es una función de la frecuencia y de la temperatura, tal y como era de esperar según la ley de Kirchhoff.

Derivación de la Ley de Planck, diciembre 1900

Figura 4. DERIVACIÓN DE LA LEY DE PLANK.

equipartición a la radiación. En la introducción (Einstein. 1905), nos dice: "Me parece que las observaciones asociadas con la radiación del cuerpo negro, la fluorescencia, la producción de rayos catódicos mediante luz ultravioleta y otros fenómenos relacionados con la emisión o transformación de la luz, son más fácilmente comprendidos si uno asume que la energía de la luz esta distribuida discontinuamente en el espacio. De acuerdo con la suposición considerada aquí, la energía de un rayo de luz expandiéndose desde una fuente puntual no está distribuido continuamente sobre un espacio creciente sino que consiste de un número finito de cuantos de energía, los cuales están localizados en puntos del espacio, se mueven sin dividirse y pueden sólo ser producidos y absorbidos como unidades completas". Con ello, Einstein (1905) intentaba trazar los límites de la teoría electromagnética de Maxwell: "A pesar de la completa confirmación experimental de la teoría al aplicarse a la difracción, la reflexión, la refracción, la dispersión, etc., es todavía concebible que la teoría [electromagnética] de la luz, la cual opera con funciones espaciales continuas, puede conducir a contradicciones con la experiencia cuando se aplica a los fenómenos de emisión y transformación de la luz". Una de éstas se obtenía al unir los resultados a que conducían la mecánica estadística y la teoría electromagnética.

Einstein abrió este trabajo con un análisis del significado de la derivación, realizada por Planck en diciembre de 1900, de la ley de radiación para el cuerpo negro (Fig. 4). Su argumento se basó en dos consecuencias de la teoría clásica:

1. La ecuación

$$\rho(\nu, T) = \frac{8\pi\nu^2}{c^3} U(\nu, T)$$

donde $U(\nu, T)$ representa la energía de equilibrio de un oscilador, que Planck derivó a partir de la teoría electromagnética de Maxwell y que representaba el equilibrio materia - radiación para un oscilador lineal en interacción con un campo eléctrico, periódico y monocromático, en la dirección de su movimiento.

2. La ley de equipartición de la energía de la mecánica estadística clásica, que Einstein había estudiado en 1902.

Al aplicar la ley de equipartición a $U(\nu, T)$, Einstein obtuvo:

$$U(\nu, T) = \frac{R}{N} T$$

donde

R = Constante de los gases

N = Número de Avogadro.

Así,

$$\rho(\nu, T) = \frac{8\pi\nu^2}{c^3} \left(\frac{R}{N}\right) T$$

conocida, comúnmente, como la ley de Rayleigh-Jeans. Einstein entregó la derivación de esta ecuación el 17 de marzo y apareció publicada el 9 de junio de 1905. El 18 de mayo de ese año Rayleigh regresó a su ley de 1900 y calculó c_1 . Su respuesta se diferenció de la de Einstein por un factor de 8. Más tarde, en junio de 1905, James Jeans (1877-1946) corrigió el cálculo hecho por Rayleigh. Es notorio que, en su trabajo de 1900, Planck no mencionó el principio de equipartición (lo cual es coherente con su enfoque termodinámico del problema), con lo que no llegó a escribir esta fórmula.

De acuerdo con Einstein (1905), "estas relaciones, las cuales son las condiciones del equilibrio dinámico, no sólo fracasan en coincidir con los experimentos, sino que también establecen que en nuestro modelo no podía haber ninguna expresión de una distribución definida de energía entre el éter y la materia. Mientras más amplio fuera el rango de números de onda de los osciladores, mayor tendría que ser la energía de radiación del espacio". Además, tenía la consecuencia desastrosa de que:

$$\int_0^{\infty} \rho(\nu, T) d\nu = \frac{R}{N} \frac{8\pi}{c^3} T \int_0^{\infty} \nu^2 d\nu = \infty$$

por lo que $a=\infty$ para la constante de Stefan-Boltzmann. Esta primera aportación de Einstein, deducida del principio de equipartición, fue una clara contribución de carácter mecánico-estadístico.

Según Rayleigh, el fracaso de esta ecuación se debía a que el teorema de la equipartición fallaba en casos extremos (altas frecuencias). Jeans tomó una posición opuesta: el principio de

equipartición era correcto, pero el supuesto de que la materia y la energía estaban en equilibrio era erróneo para longitudes de onda corta. Así, Jeans consideraba la constante h, introducida por Planck, como un parámetro fenomenológico que ayudaba a fijar los datos pero vacío de sentido físico.

Einstein se proponía mostrar que la determinación de las constantes fundamentales llevada a cabo por Planck era, hasta cierto grado, independiente de su teoría de 1900 sobre la radiación del cuerpo negro. Así, consideraba que si la ley de Planck de octubre de 1900 estaba de acuerdo con los experimentos pero no con la teoría existente, mientras que la ley de Rayleigh-Jeans estaba de acuerdo con la teoría pero no con los experimentos, entonces se hacía necesario estudiar la radiación del cuerpo negro en una nueva perspectiva que no utilizara la ecuación para el equilibrio materia-energía propuesta por Planck: la conjunción de la mecánica estadística clásica y del electromagnetismo de Maxwell conducía a la "catástrofe ultravioleta". Esto implicaba que debía reemplazarse esta ecuación.

A diferencia de sus trabajos anteriores a 1905, Einstein partió de un resultado macroscópico aceptado (ley de Wien) que permitiera calcular la entropía del sistema y la reescribió de manera tal que pudiera obtener información sobre los constituyentes elementales. Mediante una analogía entre la radiación (con $\beta\nu/T$ grande) y un gas ideal clásico compuesto de partículas materiales, Einstein derivó el postulado del cuanto luminoso.

Einstein comenzó por atacar el problema de la radiación. Para esto se basó en la formulación asintótica de la ley de Wien y en la termodinámica, derivando la relación:

$$S(\nu, \nu_0, E) - S(\nu, \nu_0, E) = \frac{R}{N} \ln \left(\frac{\nu}{\nu_0}\right)^{NE/RB\nu}$$

La expresión $(\nu/\nu_0)^{NE/RB\nu}$ es la probabilidad de que en un momento determinado toda la energía de radiación monocromática de frecuencia (E), encerrada en el volumen ν_0 , se halle en el subvolumen ν .

Luego, procedió a derivar la fórmula para el cambio finito y reversible de entropía, S, a temperatura constante,

Principio de Boltzmann

Si todo aumento de entropía puede entenderse como una transición desde un estado de menor probabilidad a uno de mayor probabilidad, entonces la entropía de un sistema es una función de la probabilidad de su estado instantáneo.

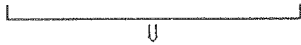
Si S_0 denota la entropía del sistema en algún estado inicial y W denota la probabilidad relativa de un estado con entropía S , entonces obtenemos:

$$S - S_0 = \frac{R}{N} \ln W$$

Un cambio reversible desde un estado a otro satisface esta ecuación. Si los sistemas consisten de subsistemas 1, 2, ..., los cuales no interactúan y, por consiguiente, son estadísticamente independientes, entonces:

$$W = W_1 \cdot W_2 \dots$$

donde W_1, W_2, \dots son las probabilidades de que cada subsistema posea una entropía S .



$$W = W_1 \cdot W_2 \dots W_n$$

$$W_1 = W_2 = \dots = W_n = \frac{v}{v_0}$$

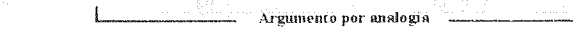
Esta es la probabilidad de que cualquier partícula se halle en el volumen v .

$$W = \left(\frac{v}{v_0}\right)^n$$

Esta es la probabilidad de que todas las partículas contenidas en el volumen inicial v_0 se hallen contenidas en el volumen v .

Aplicando el principio de Boltzmann al sistema de n partículas.

$$S - S_0 = \frac{R}{N} \ln \left(\frac{v}{v_0}\right)^n$$



Argumento por analogía

$$\left(\frac{v}{v_0}\right)^n = \left(\frac{v}{v_0}\right)^{NE/R\beta v}$$

$$n = \frac{NE}{R\beta v}$$

$$e = \frac{E}{n} = \left(\frac{R\beta}{N}\right) v$$

Derivación de los cuantos de luz - Einstein (1905)

Teoría Cinética de los gases

Einstein supuso un sistema compuesto de un número muy pequeño n de partículas, cada una moviéndose independientemente, que se sometía a un cambio reversible de volumen, a temperatura constante (T), desde el volumen v_0 hasta el volumen v . Este estado poseerá una entropía diferente. Entonces, desde el punto de vista estadístico, cada partícula puede considerarse como un subsistema. Einstein se pregunta por la probabilidad W de que en un instante, escogido al azar, todas las n partículas en el volumen v_0 se hallen por azar en el volumen v .

Ley de Wien (1896)

Einstein procedió a considerar los hechos experimentales relacionados con la radiación del cuerpo negro sin utilizar un modelo para la emisión y propagación de la radiación misma. Einstein partió de la ley de Wien, la cual, aunque no es exactamente válida, estaba bien confirmada experimentalmente para valores grandes de β/T y la reescribió de manera tal que pudiera compararse con el cambio de entropía respecto de la energía.

$$\rho(v, T) = \alpha v^3 e^{-\beta v/T}$$



$$\frac{1}{T} = -\frac{1}{\beta v} \ln \left(\frac{\rho v}{\alpha v^3}\right)$$

Termodinámica Clásica

Para un sistema reversible, el cambio de entropía respecto de la energía es igual al inverso de la temperatura absoluta:

$$\frac{dS}{dE} = \frac{1}{T}$$

$$S = v \int_{v_0}^v \phi_v dv$$

$$E = v \int_{v_0}^v \rho_v dv$$

Estas dos últimas ecuaciones establecen la dependencia respecto del volumen (v) de la entropía (S) y la energía (E). La expresión ϕ_v representa la densidad de entropía y ρ_v la densidad de energía. Derivando ambas integrales, e igualando con la primera ecuación, obtenemos la ley de radiación del cuerpo negro:

$$\frac{\partial \phi_v}{\partial \rho_v} = \frac{1}{T}$$



$$\frac{\partial \phi_v}{\partial \rho_v} = -\frac{1}{\beta v} \ln \left(\frac{\rho v}{\alpha v^3}\right)$$

Integrando respecto de ρv ,

$$\phi_v = -\frac{\rho v}{\beta v} \left[\ln \left(\frac{\rho v}{\alpha v^3}\right) - 1 \right]$$

Como $E_v = E_0 v = E$, $S_v = v \phi_v$, $E_v = v \rho v$:

$$S_v = -\frac{E_v}{\beta v} \left[\ln \left(\frac{E_v}{\alpha v^3}\right) - 1 \right]$$

$$S - S_0 = \frac{E}{\beta v} \ln \left(\frac{v}{v_0}\right)$$

Aplicando el Principio de Boltzmann a la radiación:

$$S - S_0 = \frac{R}{N} \ln \left(\frac{v}{v_0}\right)^{NE/R\beta v}$$

Figura 5. DERIVACIÓN DE LOS CUANTOS DE LUZ por A. Einstein.

para el caso en el que n moléculas de gas en el volumen v_0 son confinadas a un subvolumen v ($v < v_0$):

$$S(v, T) - S(v_0, T) = \frac{R}{N} \ln \left(\frac{v}{v_0} \right)^n$$

la cual es una consecuencia del principio de Boltzmann para procesos reversibles (mecánica estadística) y de la ley del gas ideal.

La expresión $(v/v_0)^n$ es la probabilidad de encontrar todas las n partículas encerradas en el volumen v en el subvolumen v . La probabilidad de hallar cualquier partícula de en cualquier tiempo dado es v/v_0 .

El paso decisivo en su derivación de los cuantos de luz se centró en su observación de que la entropía de la radiación monocromática de muy baja densidad varía con el volumen en la misma manera que lo hace la entropía de un gas ideal o de una solución muy diluida, tema propio de la mecánica estadística.

A partir de las ecuaciones anteriores, Einstein concluyó que la radiación monocromática de baja densidad (o sea, dentro del dominio de validez de la ley de Wien para la radiación) se comporta termodinámicamente como si consistiera de cuantos de energía mutuamente independientes, de magnitud $(R\beta v)/N$. Esta es la **Hipótesis de los cuantos de luz** (Ver derivación en la página siguiente). Su carácter hipotético es consecuencia de estar basada en la ley de Wien, la cual requería ser probada, ya que su derivación se basaba en una combinación de teoría puramente clásica con una pizca de información experimental que resistía toda descripción en términos clásicos.

La genialidad de la hipótesis reside en la intuición de escoger la pieza experimental apropiada (ley de Wien) y los ingredientes teóricos precisos (mecánica estadística, termodinámica). La dependencia en cuanto al volumen de las cantidades termodinámicas jugó un papel decisivo, como lo había hecho en el análisis de 1904 sobre las fluctuaciones energéticas de la radiación (Fig. 5).

Sin embargo, los físicos de esa época pudieron considerar esta hipótesis como una curiosa propiedad de la radiación pura en equilibrio térmico, sin ninguna consecuencia física, si Einstein

no hubiera establecido el **Principio heurístico**. De acuerdo con este principio, si consideramos la dependencia respecto del volumen de la entropía, la radiación monocromática de muy baja densidad se comporta como un medio discreto que consiste de cuantos de energía de magnitud $(R\beta v)/N$, lo cual sugería investigar si las leyes de la generación y de la transformación de la luz estaban constituidas de manera tal que la luz consistiera de cuantos de energía de esa clase.

Así, mientras la hipótesis del cuanto de luz era una afirmación acerca de una propiedad cuántica de la radiación electromagnética libre, el principio heurístico era una extensión de estas propiedades de la luz a la interacción entre la luz y la materia. Este es el gran paso revolucionario que Einstein dio en 1905 y que le condujo a la explicación del efecto fotoeléctrico y a la interpretación de la ley de Planck.

El camino trazado en 1904 había demostrado su valor heurístico, primero en marzo de 1905, pero aún tenía mucho más que aportar a la física del siglo XX en manos de Einstein.

Literatura citada

En esta bibliografía se utilizan las siguientes convenciones:

Am.J.Phys. = American Journal of Physics

BJPhSc. = British Journal for the Philosophy of Science

BJHSc. = British Journal for the History of Science

GEARHART, C. 1990. Einstein before 1905: the early papers on statistical mechanics. Am.J.Phys. 58:468-80.

MILLER, A. 1976. On Einstein, light quanta, radiation and relativity in 1905. Am.J.Phys. 44(10):912-921.

NAVARRO, L. 1990. Einstein, profeta y hereje Tusquets Editores. Barcelona.

PAIS, A. 1983. Subtitled is the Lord ... The Science and the Life of Albert Einstein Oxford University Press. Oxford.

PLANCK, M. 1960. A Survey of Physical Theory Dover. New York.

Literatura sobre el tema

ANDREW, K. 1984. Entropy Am.J.Phys. 52(6):492-495

ARONS, A. B. & PEPPARD, M. B. 1965. Einstein Proposal of the Photon Concept - a translation of the Annalen der Physik Paper of 1905. Am.J.Phys. 33(5):367-374.

BAIERLEIN, R. 1994. Entropy and the Second Law Am.J.Phys. 62 (1):15-26.

BARFORD, N. C. 1976. Derivation of classical and quantum statistical distributions Am.J.Phys. 44(10):940-942.

CROPPER, W. 1986. Rudolf Clausius and the road to entropy Am.J. Phys. 54(12):1068-1074.

DORLING, J. 1971. Einstein's Introduction of Photons. BJPhSc. 22:1-8.

EGGARTER, T. P. 1973. A Comment on Boltzmann H-Theorem and Time reversal. Am.J.Phys. 41(7):874-877.

EINSTEIN, A. 1987. The Collected Papers of Albert Einstein. Stachel, J. (Editor). Princeton University Press. Princeton. Vol. 1.

EINSTEIN, A. 1984. Notas autobiográficas Alianza editorial. Madrid.

HERMANN, A. 1971. Genesis of Quantum Theory MIT Press. Massachusetts.

JAYNES, E. T. 1965. Gibbs vs Boltzmann Entropies Am.J.Phys. 33(5):391-398.

MAIACCHI, R. 1990. The case of Brownian motion BJHSc. 23(78):257-283.

MCQUARRIE, D. 1976. Statistical Mechanics. Harper & Row Publishers. New York.

NIGHTINGALE, J. 1984. Note on Einstein First Paper. Am.J.Phys. 52(6): 560-561.

SEGRE, E. 1983. De los rayos X a los quarks. Folios Ediciones. México.

THEIMER, O. & RAM, B. 1976. The beginning of quantum statistics. Am.J.Phys. 44(11):1056-1057.

LA ANTROPOLOGÍA PEDAGÓGICA Y LA ECOLOGÍA

María M. Chaverri

Escuela de Educación, UNED

El presente artículo muestra la relación estrecha entre la ciencia social de la antropología pedagógica y la ciencia natural de la Ecología. Se trata de demostrar que al impartir ambas el mismo sujeto-objeto de estudio, su interrelación es vital para una educación que valore el medio ambiente en que se desenvuelve el individuo con el fin de dar solución al problema de la vivencia y supervivencia del ser humano y de otros seres en el planeta.

Descriptor: Antropología pedagógica, ecología, educación.

INTRODUCCIÓN

En un artículo anterior (Chaverri 1994), me referí a la Antropología Pedagógica como una "ciencia novedosa", que está cobrando vigencia en el ámbito educativo ya que integra en su enfoque la totalidad del hombre y éste con su medio ambiente. Es por esto importante realizar algunas reflexiones sobre este nuevo enfoque y su relación con la Ecología, tema de gran actualidad para el ser humano y su supervivencia en el planeta.

ANTECEDENTES TEÓRICO-PRÁCTICOS

Primeramente se va a partir de una conceptualización sobre aspectos relativos a la Antropología Pedagógica y luego a la Ecología, para así poder destacar su relación y la importancia a la cual ya se ha hecho referencia.

El sujeto-objeto de esta nueva ciencia es el hombre cuya corporeidad se manifiesta en el mundo mediante una presencia mundana y cósmica que comprende, como lo señala J.H. Bouché:

"organicidad biológica...posibilidades motrices y productivas, soporte de actividades psíquicas...(...) asociado con un material genético, otro constructivo y un tercero metabólico" (Bouché 1989).

Se podría señalar entonces, que el hombre se manifiesta en el mundo de manera natural (biológico-material) y espiritual (humana). A esta dimensión se le atribuye la naturaleza del ser humano por lo que H. Scheler dice que el espíritu es lo que hace al hombre "un hombre" que lo caracteriza por ser libre, abierto al mundo, objetivo y con conciencia de sí mismo... (Bouché 1989).

Ya se ha destacado, que esta base espiritual, le permite al hombre ir construyendo su humanidad, proceso en el cual toman especial significado su maduración, su aprendizaje y el ambiente que, al proporcionar estímulos, permite que el hombre responda a ellos de acuerdo con la maduración obtenida.

Este aspecto del desarrollo y maduración del hombre, en parte influenciado por la herencia, el crecimiento y el medio físico en que se desarrolla el individuo, así como su componente espiritual, es de gran importancia para relacionar el enfoque de la Antropología Pedagógica con la problemática ecológica.

La Antropología Pedagógica es una ciencia abierta en proceso de cimentación que postula una idea unitaria del hombre desde el punto de vista del proceso de su educabilidad y de su esencia que le permita ajustar "su imagen esencial" a los tiempos modernos.

Es por esta razón que está abierta a los aportes de otras disciplinas y ciencias y se construye a partir de la experiencia del hombre mismo. Se enriquece por consiguiente de la antropología filosófica, la antropología psicológica, la antropología histórica, la antropología sociológica y la científico-natural.

En su acepción pedagógica, ésta afecta al hombre en su integridad, por lo que se ha manifestado que el hecho educativo es un hecho humano.

La Ecología por su parte es la ciencia que estudia las acciones recíprocas entre sistemas vivos y su medio ambiente, esto es, las relaciones que establecen los seres vivos entre sí y con el medio que los rodea. Es, como lo manifiesta B. Spooner, "la relación entre la sociedad humana y su medio natural, así como, en una acepción relativamente más exacta, el estudio de esa relación" (Spooner 1982).

La Antropología Pedagógica y la Ecología establecen una relación estrecha debido a que la corporeidad del hombre se manifiesta en el mundo, en una dimensión física que recibe la influencia del medio y que la educación del hombre tiene implicaciones tan profundas que trascienden su ambiente.

Este mundo es tan vital para el hombre que no solo le ofrece los medios para su subsistencia sino que se manifiesta en la herencia -"conjunto de rasgos y características biológicas que se transmiten a los descendientes por medio de los genes presentes en los cromosomas de los progenitores" (Bouché 1989)-.

No significa lo anterior, que el hombre no herede genéticamente elementos como son el color de la piel, de los ojos o el grupo sanguíneo; sino que muchos de estos aspectos heredados, están estrechamente relacionados, o se re-

velarán con mayor o menor intensidad según las condiciones de interacción del individuo con el ambiente.

Por esta razón se ha afirmado que el hombre desarrolla su proceso constructivo de "humanización" en un tiempo y espacio determinados y que, por lo tanto, este proceso está íntimamente relacionado con las condiciones de su medio ambiente (espacio).

El hombre cumple su cometido en el tanto que se va construyendo por medio de la imitación y el aprendizaje dentro de un marco valorativo que le impone su cultura y por medio de la 'adhesión' a hombres concretos que la representan y la transmiten. Educar entonces sería no solo transmitir cultura sino desarrollar las habilidades y destrezas que, unidos con el conocimiento adquirido y en un marco valorativo, permitan al hombre "producir" (mejorar, adecuar, construir, aplicar, avanzar) cultura.

Por otro lado, el medio ambiente debe considerarse no solo como "el conjunto de condiciones físicas, fisicoquímicas y químicas que rodean a un ser vivo, sino también los demás seres vivos que con él conviven". (Capurro 1979)

Por lo tanto, la vida del hombre depende estrechamente de todos los seres que lo rodean, así como de las características físicoquímicas imperantes en el lugar en que se desenvuelve.

Esta relación hombre-ambiente puede enfocarse según marcos de referencia diferentes que implican grados de responsabilidad también diferentes. En este sentido se debe recordar que la dimensión "humana" permite al hombre ser libre, pero que esa libertad implica grados de responsabilidad.

Entre estos marcos de referencia, B. Spooner (1982), señala los siguientes:

- el género humano puede considerarse esclavo de la naturaleza, su dueño o su administrador; responsable ante una autoridad superior sobrenatural.
- el hombre puede ser asociado de la naturaleza en un proyecto más amplio y grandioso.
- el hombre puede, sin responsabilidad ante Dios o ante las generaciones futuras, valerse de la naturaleza

para diferenciar, simbolizar y organizar la sociedad, para generar diferencias en riqueza y poder entre los hombres que simbolizarán diferencias de estatus.

En estos marcos de referencia se ha movido la humanidad a lo largo de la historia ya que la percepción que sobre la naturaleza posee el hombre depende de ciertas circunstancias particulares -naturales y sociales- de cada individuo y de cada grupo (de sus culturas).

B. Spooner, manifiesta que:

"... a lo largo de la historia, cuanto mayor y más compleja es la sociedad, más se concibe el medio natural dividido en consonancia con las divisiones sociales, que este medio natural a la vez facilita, simboliza y estructura" (Spooner 1982).

A esta función que el hombre le ha asignado a la naturaleza como ordenadora social, se une la función como proveedora de los recursos de los que dependen los seres para vivir. Estos dos elementos generan grandes inquietudes sociales a nivel mundial, especialmente en este siglo y en las últimas décadas, que han despertado un enorme interés ecológico.

Este interés se ha dirigido básicamente a la problemática de la contaminación ambiental, asentamientos humanos y la conservación, mantenimiento y mejoramiento de la ecología del planeta, así como a políticas sobre los recursos naturales renovables y no renovables, entre otros.

Solamente para poder visualizar en la problemática ecológica, el aspecto de la contaminación ambiental, se destacarán algunos problemas que el mundo enfrenta hoy día, para lo cual se ha resumido lo que L. Capurro (1975), J. A. Rodríguez y V. Borge (1985), A. Turk et al (1973) y A. Bonilla (1981) manifiestan:

- aire contaminado por gases provenientes de los vehículos de motor a explosión (camiones, automóviles, buses, aviones); de las fábricas generados por la combustión de fósiles (carbón, gas natural, petróleo, calefacción central, incineradores de basura).
- el "smog" de las grandes ciudades industrializadas es una de sus con-

secuencias, así como el monóxido de carbono, bióxido de azufre, óxido de nitrógeno e hidrocarburos. Estos gases afectan no solo los órganos vitales del ser humano, sino de otros seres y de otras clases de vida.

- sustancias contaminantes de los mares y suelos -químicas artificiales- entre las que se encuentran los plaguicidas. Estas sustancias se concentran en los tejidos de los animales y de los vegetales y el hombre, al consumirlos, está llevando a su organismo sustancias que lesionan su piel, sus riñones y otros órganos vitales.
- la contaminación por metales pesados (plomo, mercurio, cadmio), que causan graves lesiones en el cuerpo humano.
- las aguas calientes que lanzan a los ríos muchas industrias que matan a los seres vivos -animales y vegetales- de esos ambientes.
- el uso de detergentes, sustancias tensioactivas, que contaminan las aguas de los ríos y mares y perjudican la flora y fauna del entorno.
- los contaminantes radioactivos utilizados en tantas fábricas y otros mecanismos que el hombre lanza al espacio y que luego son recobrados en la tierra.
- las fugas de petróleo y derivados en nuestros mares.
- residuos de cosechas, aguas negras y basura.
- la destrucción de la cubierta vegetal del planeta por quemas o deforestación.

Esta problemática permite incursionar en campos económicos sociales en donde se destacan desigualdades entre los hombres y las naciones, entre los ricos y pobres, entre países desarrollados y los no desarrollados, entre clases dominantes y clases desposeídas que tiene relación con la educabilidad del hombre y una visión global integral de éste.

En relación con los asentamientos humanos, la UNESCO llama a reflexión debido a:

"las implicaciones que puedan surgir de un nuevo desarrollo o política, tanto

para el medio ambiente natural de cuya existencia depende la civilización como para la calidad de vida de la población" (UNESCO-PNUMA).

El desarrollo de la vida humana, así como el del hombre en forma plena y armónica, dependen grandemente del medio ambiente natural, que involucra una "dimensión de procesos". Estos procesos son de dos naturalezas: los aspectos del medio ambiente natural, entre los que se encuentran los ciclos biogeoquímicos, los procesos fisiológicos y de comportamiento tanto de animales como de las plantas y, el proceso de las actividades humanas y utilización de máquinas. Las actividades humanas por su parte, incluyen procesos tales como la toma de decisiones, la implementación de las decisiones y la actividad política, industrial, comercial y económica de individuos o grupos.

Los procesos de las actividades humanas se originan con la percepción que el hombre tiene del medio ambiente y, la responsabilidad que siente hacia su conservación, mantenimiento y mejoramiento. Lo mismo sucede con la actitud manifiesta hacia los recursos naturales renovables y no renovables que determinan las relaciones que establecerán entre sí los hombres, los demás seres vivos y éstos con el hombre, según las decisiones que tomen al respecto, complementadas con políticas agresivas que realmente influyan sobre las acciones que al respecto se deban realizar.

LA ANTROPOLOGÍA PEDAGÓGICA Y LA ECOLOGÍA

La Antropología Pedagógica propone una idea unitaria del hombre y una relación estrecha como ser biológico-humano-espiritual. Esto significa que no se puede aislar al hombre de su entorno ni de su hábitat. Más bien, se podría decir, que ese entorno o medio ambiente influye en gran medida en el tipo de desarrollo que en la construcción de su humanidad, el hombre experimenta.

El acto educativo, como lo manifiesta H. Scheuerl (1985), lleva implícita una imagen de hombre que lo estructura de antemano y es lo que guía al educador hacia el logro de los objetivos deseables (para el hombre y su sociedad). Esta imagen de hombre no debe suscribirse de su medio ambiente, ya que el ser humano, cuya vida se desarrolla

en ecosistemas, conjuntos delimitados de vida vegetal y animal, junto con su entorno efectivo, que incluyen no solo los campos con sus cultivos y la flora y fauna dominantes, sino por las ciudades en donde habita; es, en cierta medida, el "animal principal" de los ecosistemas que habita, ha creado o modificado.

Como ser crítico y reflexivo, responsable de su libertad y educable, es urgente que el hombre sea guiado hacia una valoración del medio ambiente y los problemas relativos a su conservación y uso racional con criterio amplio ya que el medio ambiente no es solo la dimensión física que rodea al ser, sino a todos los demás seres vivos; por lo tanto, el hombre es responsable de cada uno de los actos que realice sobre este medio ambiente que lo afecten a él o afecten a los demás seres vivientes.

En este sentido la Ecología aporta a la Antropología Pedagógica esa visión unitaria de la "estructura y función de la naturaleza como un todo indisoluble". Esa naturaleza que proporciona a todos los seres, alimentos, casa (o guarida) y condiciones múltiples para su desarrollo y el de otras especies y seres. Por lo tanto, es nuestra responsabilidad que los procesos pedagógicos se desarrollen en el marco de una convivencia armónica, responsable y justa hacia la utilización de los recursos físicos y biológicos y las riquezas naturales en general, que son en sí, patrimonio de la "humanidad". Además, la Ecología proporciona al hombre los conocimientos que sobre su "nicho", su medio ambiente y el de sus ecosistemas se posee. En otras palabras, le proporciona el conocimiento sobre los lugares en donde habita, de las condiciones del hábitat, de los predios en donde cultiva sus alimentos y de los ambientes en donde se comunica con otros seres, se recrea, trabaja, construye, produce, se reproduce y crea; en fin, de los lugares en donde se autodesarrolla y autorrealiza como hombre.

Para finalizar con esta reflexión, cabe destacar que el hombre nace, se desarrolla, se realiza y muere como entidad biológica y espiritual-ser humano-, en diferentes ecosistemas cuyo medio ambiente influye grandemente en su desarrollo. La necesidad de guiar mediante un proceso educativo al hombre hacia la valoración y responsabilidad

en la conservación, creación, uso y mantenimiento adecuados del medio ambiente y sus recursos, implica una visión unitaria e integral del hombre, en donde precisamente no se le aisle de ese medio ambiente.

Ambas disciplinas parten de una visión unitaria e integrada de sus objetos de estudio, por lo que los aportes mutuos son complementarios, enriquecedores y necesarios para dar respuesta a las necesidades educativas del hombre que en su "humanización" demanda, antes que se inicien fenómenos irreversibles que deterioren la vida en el planeta y lo conviertan en un medio muy limitado y hostil, que escasamente pueda favorecer algún tipo de desarrollo del hombre.

Literatura citada

- BONILLA, A. 1981. Situación Ambiental en Costa Rica. Ministerio de Cultura, Juventud y Deportes, San José, Costa Rica.
- BOUCHÉ, J.H. 1989. Cuestiones Antropológicas. Filosofía de la educación. A.W.W. (Editor). Madrid.
- CAPURRO, L. 1975. Presente y futuro del medio humano. CECSA, México.
- CAPURRO, L. 1979. Formación de Docentes en Educación Ambiental para escuelas primarias y secundarias e instituciones para profesores en formación o en servicio. Seminario-Taller regional sobre educación ambiental para América Latina. 29 octubre-9 de noviembre 1979, San José, Costa Rica. mimeograf.
- CHAVERRI, M. M. 1994. Algunas consideraciones en relación con la Antropología Pedagógica. Revista Innovaciones Educativas 2(3):43-47.
- RODRÍGUEZ, J.A. y V. BERGE. 1985. Cultura, sociedad y conservación de los recursos naturales renovables. EUNED, San José, Costa Rica.
- SCHUEERL, H. 1985. Antropología pedagógica. Herder, Barcelona.
- SPOONER, B. 1982. La ecología en perspectiva: El contexto humano de la investigación sobre el medio ambiente. Revista Internacional de Ciencias Sociales 34(3):437-453.
- TURK, A. et al. 1973. Ecología, contaminación y medio ambiente. Interamericana, México.
- UNESCO-PNUMA. 1979. Un enfoque ecológico integral para el estudio de los asentamientos humanos.

LOS PLAGUICIDAS Y EL COMBATE DE PLAGAS

Luko Hilje

Profesor e investigador en la Escuela de Ciencias Ambientales, Universidad Nacional.
Entomólogo del Proyecto de Manejo Integrado de Plagas (RENARM/MIP) (CATIE).

En Costa Rica, los plaguicidas son el método más común para el combate de plagas, por las múltiples ventajas que ofrecen. Puesto que su uso es unilateral, indiscriminado y desmedido, puede originar serios problemas agroecológicos, ambientales y sociales. No obstante, existen opciones que racionalizan su uso, dentro de la noción del manejo integrado de plagas (MIP). Este artículo proporciona varias tácticas de manejo, fundamentado en los conceptos de prevención, convivencia con las plagas y sostenibilidad ecológica y económica.

Descriptores: Plaguicidas, Manejo integrado de plagas, Costa Rica

INTRODUCCIÓN

Desde su aparición en el mercado después de la Segunda Guerra Mundial, los plaguicidas sintéticos orgánicos han sido la principal herramienta para el combate de plagas. Ello ha originado problemas serios, cuya solución debe partir del conocimiento de éstos. El propósito de este artículo es caracterizar la utilización de los plaguicidas en Costa Rica, así como resaltar algunas opciones y esfuerzos locales para resolver los problemas que han causado.

LA VIGENCIA DE LOS PLAGUICIDAS

Los plaguicidas (insecticidas, fungicidas, herbicidas, nematocidas y rodenti-

cidas) se utilizan para combatir las plagas que afectan la producción agrícola, pecuaria y forestal, la salud pública y otros aspectos del bienestar de la especie humana.

En el país, es el campo agrícola el que consume los mayores volúmenes, debido a la existencia de muchas especies de plagas (sobre todo insectos, hongos y malezas); en el campo pecuario se utilizan contra ectoparásitos y malezas; en la salud pública, contra artrópodos y roedores que son vectores de enfermedades; en establecimientos comerciales y hogares, contra insectos y roedores que atacan los alimentos almacenados y otros bienes; en el campo forestal, contra insectos, hongos, malezas y roedores.

La disponibilidad comercial de plaguicidas sintéticos ocurrida después de la Segunda Guerra Mundial, así como la transformación agrícola promovida en Costa Rica en los años 40 y 50, favorecieron el ingreso y la utilización más o menos extendida de esos insumos; en los años 60 y 70 se incrementaron, junto con otros insumos y tecnologías (Hilje *et al.* 1987). A pesar del surgimiento de otras opciones en años recientes, aún son el método predominante para combatir las plagas (Arauz *et al.* 1983, Hilje 1984).

Se ha calculado que, aún usándolos, las plagas causan pérdidas equivalentes al 25-40% del potencial total de la producción agrícola en América Central, lo cual representa US\$ 650-800 millones anualmente (ROCAP/USAID 1984). Este es un cálculo muy general, que varía según muchas condiciones, pero es una referencia útil para valorar el impacto económico de las plagas.

El predominio de los plaguicidas como método de combate se explica por varias razones, tales como su efecto inmediato para reducir las poblaciones

de las plagas, disponibilidad y fácil adquisición, sencilla aplicación, precio relativamente bajo y rentabilidad. Se ha calculado, a partir de generalizaciones mundiales, que al utilizar plaguicidas se obtiene un cociente de ganancia sobre la inversión realizada cercano a 4:1 (Headley 1980); es decir, cuatro colones de retribución por cada colón invertido en plaguicidas. No obstante, hay otros costos de tipo ambiental y social, difíciles de tasar económicamente, que posiblemente reduzcan sensiblemente esa rentabilidad (Hilje *et al.* 1987).

Los costos ambientales y sociales provienen del empleo unilateral, indiscriminado y desmedido de dichos productos, que origina múltiples consecuencias indeseables.

CARACTERIZACIÓN DE SU USO

En Costa Rica los plaguicidas se emplean de manera unilateral (Arauz *et al.* 1983, Hilje 1984). Rara vez los agricultores consideran otras opciones de combate, principalmente porque aquéllos reúnen atributos que los otros métodos no poseen. Con el dinero a mano, aún en un pequeño negocio rural es posible adquirir el plaguicida, para cuya aplicación basta con una bomba de mochila.

Además, su uso es indiscriminado, lo cual obedece a que en su gran mayoría se trata de productos inespecíficos, poco o nada selectivos. Así, al ser asperjados o depositados pueden afectar a fauna benéfica (enemigos naturales de las plagas o polinizadores), fauna silvestre mayor y animales domésticos.

Finalmente, su utilización es desmedida, puesto que generalmente se aplican en dosis más altas y con mayor frecuencia de lo realmente necesario y, a menudo, cuando el nivel de daño ocasionado por las plagas no justifica

su uso. La aplicación *por calendario* (casi siempre una vez por semana) es una práctica muy común, explicable porque al agricultor le resulta más sencillo asperjar de manera rutinaria, sin tener que efectuar recuento alguno, como sí lo demandan las pautas del manejo integrado de plagas (MIP). Por ejemplo, en el combate de las polillas de la papa, 58% de los agricultores atomiza una vez y 11% dos veces por semana (Hilje y Cartín 1990), lo cual es innecesario. Además, es común que ellos utilicen dosis más altas que las recomendadas (Arauz *et al.* 1983).

CONSECUENCIAS INDESEABLES DE SU USO

La combinación de altas dosis y frecuencias de aplicación deja un exceso de plaguicidas en el ambiente que, además de aumentar los riesgos de desbalances ecológicos y de contaminación, implica gastos económicos innecesarios.

Un resultado grave de esta situación es que se produce una presión selecti-

va más intensa sobre las plagas, originando estirpes o razas resistentes; con ello, progresivamente se anula la capacidad letal de un plaguicida (Fig. 1). Esto perjudica a los agricultores, que pagan por un producto que no funciona, así como a las compañías agroquímicas. Actualmente, solo una de 20 000 sustancias evaluadas llega al mercado, lo cual demora entre 8-10 años y cuesta cerca de US\$ 50 000 000 (NACA 1993). Por tanto, si se desarrolla resistencia a un insecticida, los márgenes de ganancia se reducen notoriamente.

En el caso de los insectos, algunos pueden desarrollar resistencia múltiple, contra varios insecticidas de diferente composición química (organoclorados, organofosforados, carbamatos o piretroides). Pero, también, mediante resistencia cruzada una estirpe podría tolerar un insecticida al que nunca había estado expuesta, pero que es químicamente afín a uno al que sí lo

estuvo; incluso es posible la resistencia cruzada entre productos organofosforados y carbamatos.

En Costa Rica hasta ahora se ha documentado la resistencia solamente en los lepidópteros (polillas y mariposas) *Antichloris viridis* al dieldrin (Stephens 1984, Thrupp 1990), y *Plutella xylostella* al piretroide deltametrina (Blanco *et al.* 1990); sin embargo, es muy probable que otras especies usualmente sometidas a fuertes presiones selectivas, especialmente en hortalizas, ya sean resistentes a uno o varios productos.

Otras consecuencias indeseables aparecen en documentos más extensos y detallados (Hilje *et al.* 1987, Castillo *et al.* 1989). No obstante, conviene destacar que 50 000 hectáreas de suelos bananeros resultaron seriamente alteradas por el empleo masivo de cobre (caldo bordelés) para combatir enfermedades fungosas (Cordero y Ramírez 1979); la muerte de al menos 300 cabezas de ganado y de 2 567 colmenas, así como la pérdida de 51 340 kg de

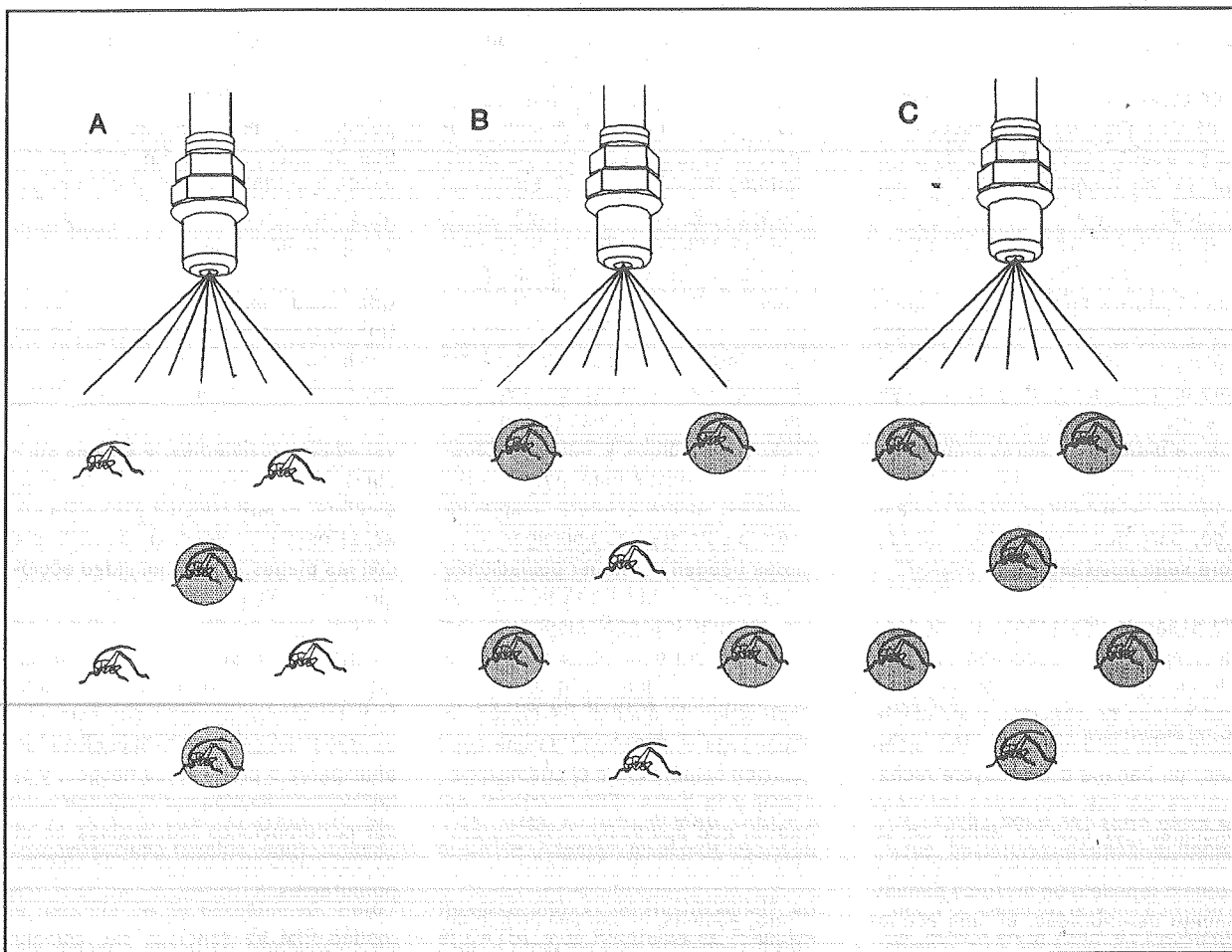


Fig. 1. RESISTENCIA A PLAGUICIDAS. Los saltamontes blancos son los organismos susceptibles a un plaguicida, los que están encerrados en círculos son resistentes, por su composición genética. Inicialmente casi todos son susceptibles. Cuando un plaguicida se utiliza por primera vez (A), los in-

sectos resistentes sobreviven más fácilmente, se reproducen (B), y conforme se aplica más plaguicida predominan casi por completo (C). Posteriormente, la población se vuelve totalmente resistente y el plaguicida deja de funcionar.

miel de abeja, todo ello equivalente a unos US\$ 248 000 (Castillo *et al.* 1989); unas 200-250 hospitalizaciones anuales, por intoxicación laboral (C. Wesseling, com. pers.), es decir, 4-5 por semana; la esterilidad de al menos mil trabajadores bananeros por el nematocida DBCP (Ramírez y Ramírez 1980, Thrupp 1989). Estos pocos ejemplos demuestran los diversos y serios efectos del empleo indebido de plaguicidas.

LA RAÍZ DEL PROBLEMA

A pesar del valor de la información citada, ésta es apenas la manifestación de un fenómeno que tiene raíces más profundas. Es decir, es preciso conocer las causas de la aparición de las plagas para poder establecer métodos para combatirlos, que no causen problemas como esos.

Si bien algunas plagas pueden ser de origen foráneo o exótico, tales como la mosca del Mediterráneo (*Ceratitis capitata*), la polilla guatemalteca de la papa (*Tecia solanivora*), la roya del café (*Hemileia vastatrix*) y la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*), la mayoría son nativas.

A continuación se ilustra, para el caso de los insectos, cómo una especie nativa se puede convertir en plaga. Por ejemplo, en América Central se han reportado al menos 1200 especies de insectos que atacan a los cultivos (Saunders *et al.* 1983), casi todas nativas. Históricamente, algunas quizá se alimentaban de variedades rústicas de plantas nativas de América Central, como el frijol, maíz, chayote, papaya, aguacate o pejíbaye; otras quizá atacaban a plantas silvestres emparentadas con algunas de las que hoy se siembran como cultivos. ¿Qué ha cambiado, para que ellas, antes inocuas, ahora sean nocivas?

a) Al pasar de una economía aborígena o campesina (de subsistencia y algo de intercambio) a una de mercado, las pautas de consumo y los estándares de calidad varían. Por ejemplo, un banano o un chayote rechazados en los mercados internacionales por mostrar daños en su apariencia (raspaduras y fisuras) y aún un repollo o un mazorca parcialmente deteriorados, en una economía de subsistencia son consumidos. Es decir, lo que en un contexto económico no es plaga, en otro lo es. Esto es válido tanto para las plagas nativas, como para las exóticas.

b) Las variedades rústicas han sido reemplazadas por otras mejoradas genéticamente, las cuales dan mayores rendimientos (en cuanto a calidad o cantidad), pero no necesariamente mantienen las características que las protegen contra los insectos. La regla pareciera ser que entre más se seleccione artificialmente, en cuanto al rendimiento, menos resistente se es al ataque de plagas. Por ejemplo, alguna especie de "vaquita" (*Chrysomelidae*) que hace 200 años no podía comerse al frijol rústico, hoy quizás podría defoliar a una variedad mejorada de frijol; en otras palabras, lo que ayer no era plaga hoy lo es.

c) Las características de los campos de labranza o cultivo han cambiado radicalmente. El abra o socola del indígena, así como el mosaico de cultivos típico de la producción campesina, han dado paso, por razones económicas y sociales, a los monocultivos. Estos pueden ser particulares (una sola hacienda o finca puede contener centenares o miles de hectáreas de un solo cultivo, como sucede con ciertos bananales, cañaverales y arrozales) o regionales (un cultivo predomina en una región, aunque pertenezca a muchos dueños, como la papa o la cebolla en las laderas del volcán Irazú). En un monocultivo el alimento abunda, por lo que un insecto herbívoro puede aumentar su densidad casi sin oposición.

d) La principal oposición de carácter biótico, aún en un monocultivo, son los enemigos naturales (depredadores, parasitoides y entomopatógenos). En cultivos perennes (árboles frutales, palma aceitera, plantaciones forestales), los enemigos naturales pueden mantener poblaciones más estables, pues "hay tiempo" para atenuar las poblaciones de las plagas; pero este no es el caso de las hortalizas, por ejemplo, que tienen ciclos de apenas 3-4 meses, lo cual evita el desarrollo de una asociación estable entre el enemigo natural y la plaga. Ello favorece, en parte, que aparezcan mayores problemas en cultivos anuales.

Pero, además, el uso desmedido de los insecticidas para combatir a cierta plaga clave, puede diezmar las poblaciones de enemigos naturales de otras plagas menores o secundarias. Así, éstas pueden convertirse

en plagas primarias, pues no tienen suficientes enemigos naturales que las contrarresten. Por ejemplo, de 1950 a 1958 aparecieron ocho nuevas plagas en los bananales de Golfo Dulce, por el uso excesivo del dieldrín (Stephens 1984).

e) Aunque con el empleo exagerado de insecticidas se trata de eliminar a la plaga clave, también se afecta a las plagas secundarias, las cuales -al igual que la primaria- podrían desarrollar resistencia múltiple o cruzada a ciertos insecticidas. Así, una plaga secundaria que tenga pocos enemigos naturales y que sea resistente a ciertos insecticidas puede emerger como un problema nuevo e incontrolable.

LAS OPCIONES POSIBLES

Como se aprecia, generalmente las plagas surgen por distorsiones de tipo ecológico. Por tanto, las soluciones del problema también deben tener un sólido fundamento ecológico. Su búsqueda dio origen al concepto de manejo integrado de plagas (MIP) (Stern *et al.* 1959), que es tanto una noción como una estrategia, de carácter preventivo y perdurable, que combina varias tácticas compatibles para reducir las poblaciones de organismos a niveles que no causen pérdidas económicamente importantes, con efectos negativos mínimos sobre el ambiente y la salud humana (Hilje 1994).

Una noción es una idea o concepto. Una estrategia es la concepción (el qué hacer), y las tácticas son las acciones ejecutadas para materializar dicha concepción (el cómo hacer): uso de variedades resistentes, prácticas agrícolas, control biológico, plaguicidas, etcétera. El MIP concilia y enfatiza los aspectos de prevención, convivencia con las plagas, y sostenibilidad ecológica y económica (Hilje 1994).

La prevención se fundamenta en las siguientes ideas: a) es más conveniente y económico prevenir que curar, b) se debe desarrollar la capacidad de anticiparse o predecir los riesgos, y c) las tácticas empleadas no deben causar perturbaciones indeseables en el agroecosistema y deben tener efectos perdurables.

La convivencia parte del principio de que la sola presencia de una plaga no implica pérdidas económicas. Es decir, el impacto de una plaga depende de su densidad o incidencia. Por tanto, se le

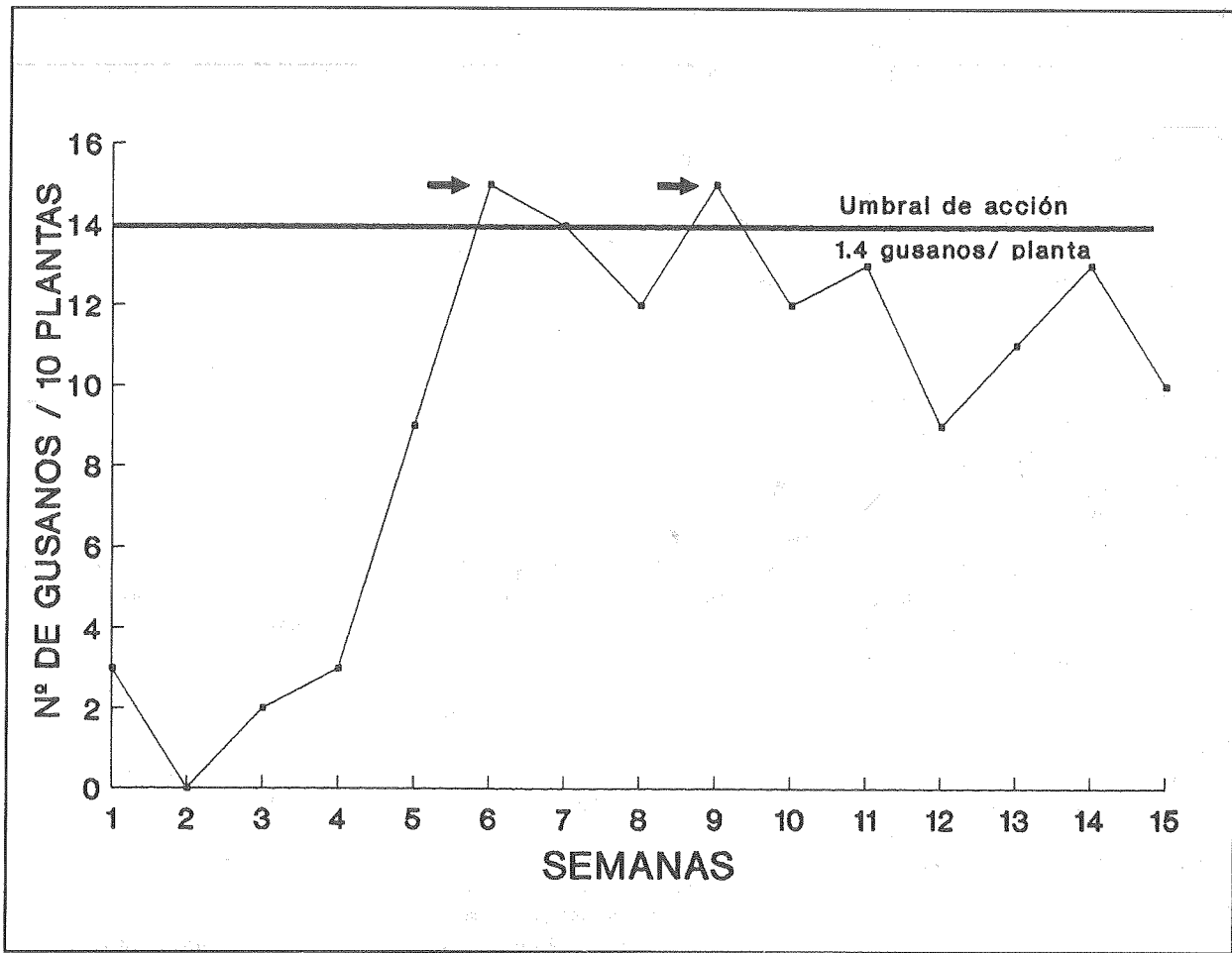


Fig. 2. UMBRAL DE ACCIÓN. La aplicación de un plaguicida debe efectuarse solamente si la plaga alcanza cierta abundancia predefinida (línea horizontal). En este caso, el umbral de acción de 14 gusanos cada 10 plantas se alcanzó en la quinta y novena semana (ver flechas), sólo después de estos periodos es necesario administrar un plaguicida.

debe combatir solamente si sobrepasa una densidad predefinida (umbral de acción). Así se evita la aplicación calendarizada de plaguicidas, disminuyendo los costos de producción y reduciendo sus efectos indeseables (Fig. 2).

El MIP no excluye el uso de plaguicidas, sino que lo racionaliza, utilizando umbrales de acción, productos más selectivos, aplicaciones selectivas (con formulaciones específicas o restringiéndolos en el espacio o el tiempo), y mejorando los equipos y métodos de aplicación.

La sostenibilidad ecológica y económica se refiere a que el MIP debe contribuir a conservar (utilizar pero sin destruir) la base de recursos de un agroecosistema (suelos, agua, enemigos naturales de las plagas), pues es la garantía de su perpetuidad. Pero, además, las opciones de MIP deben ser rentables, para que el agricultor las adopte.

El papel de la industria agroquímica en la generación de opciones es clave. Su actitud previa, de oposición al MIP, ha cambiado notablemente, pues por sobreeso ha debido retirar del mercado productos valiosos. Ahora percibe que el MIP es un aliado y no un enemigo. Actualmente varias compañías están involucradas en la producción de plaguicidas no convencionales, a base de virus, protozoarios, bacterias, hongos, gusanos marinos, plantas, reguladores de crecimiento, aceites, detergentes, antibióticos y biofungicidas.

En Costa Rica, durante el último decenio ha habido aportes importantes sobre el MIP, gracias a la labor de varias instituciones, entre las que sobresalen las universidades estatales (UCR, UNA, UNED e ITCR), el MAG, DIECA y el CATIE. Además, en el país tienen sede dos proyectos de alcance centroamericano, el de RENARM/MIP en el CATIE, y el Programa de Plaguicidas de la UNA. Además, ya funciona en el MAG el Programa de Manejo Integrado de Plagas.

A continuación se resumen, como ejemplo de un programa de MIP, algunas tácticas aplicadas en el cultivo de tomate, impulsadas por el MAG y el CATIE en el Valle Central Occidental (CATIE 1990, Calvo *et al.* 1994):

- a) La primera condición para hacer MIP es contar con un cultivo vigoroso. Por tanto, deben hacerse análisis de suelo y, dependiendo de esto y de los requerimientos nutricionales del cultivo, suplir los nutrimentos necesarios oportunamente.
- b) El tomate se debe rotar, es decir, sembrar en campos que no fueron plantados con otra solanácea en la temporada anterior.
- c) La semilla debe ser sana (libre de virus, bacterias u hongos) y, deseablemente, tolerante a una o más plagas. Por ejemplo, la variedad Hayslip, común en la zona, es resistente o tolerante a los patógenos *Verticillium*, *Stemphyllium*, dos razas de *Fusarium*, y al cáncer del tallo causado por *Alternaria*.

d) Los semilleros se deben sembrar en bandejas plásticas y cubrir con mallas. Esto evita, tempranamente, que la mosca blanca (*Bemisia tabaci*) las infecte con virus, así como el ataque de la mosca minadora (*Liriomyza* sp.) y de algunos patógenos. Las bandejas permiten obtener plántulas en "pilón", por lo que no sufren el estrés del postrasplante, que las debilitaría.

e) En el campo, se deben hacer enmiendas orgánicas al suelo con gallinaza y cal. Estas incrementan las poblaciones de organismos antagónicos de hongos o nematodos, o les afectan en su desarrollo.

f) Con las podas o deshojas se eliminan los tejidos enfermos por patógenos, para favorecer a la planta y reducir la cantidad de inóculo en el cultivo.

g) Para el "apagón" (*Phytophthora infestans*), se deben utilizar fungicidas protectores, a menos que se alcance un umbral de 20% de severidad; de ser así, se deben sustituir por uno curativo.

h) Para insectos, se deben emplear umbrales de acción, con base en 30 plantas muestreadas. Por ejemplo, para los gusanos del fruto (especialmente *Heliothis zea*) corresponden a cuatro o más huevos o larvas pequeñas (antes de que haya frutos), o a dos frutos perforados (de al menos 2,5 cm de diámetro). Si se alcanza el umbral, se aplica el insecticida biológico *Bacillus thuringiensis* (Dipel, Thuricide, Javelin), mezclado con un insecticida corriente, como el acefato (Orthene) o metomil (Lannate), pero a la mitad de la dosis que indique la etiqueta. Con esto se le refuerza, pero sin afectar a los enemigos naturales de ésta u otras plagas.

i) Las aplicaciones de plaguicidas se deben realizar con equipo en buen estado, bien calibrado y con las boquillas adecuadas. Asimismo, el agricultor debe usar ropa protectora apropiada.

Estas y otras prácticas se integran en parcelas de validación de MIP en fincas de agricultores (Hilje y Ramírez 1992), para evaluarlas en conjunto. Hasta ahora han dado resultados satisfactorios, pues permiten lograr altos rendimientos, con menores costos de

producción (Calvo *et al.* 1994). Además, contribuyen en la reducción de los riesgos de residuos en los frutos, la contaminación de aguas y suelo, los daños a la fauna benéfica, y las intoxicaciones laborales.

A la etapa de validación, que ya involucra la participación de los agricultores (parcelas, días de campo, plegables), le sucederá la de transferencia masiva, para que ellos incorporen estas tecnologías en sus parcelas comerciales.

Literatura citada

- ARAUZ, L. F., E. CARAZO y D. MORA. 1983. Diagnóstico sobre el uso y manejo de plaguicidas en las fincas hortícolas del Valle Central de Costa Rica. Informe preliminar. *Agronomía y Ciencia* (3):37-49.
- BLANCO, H., P. J. SHANNON y J. L. SAUNDERS. 1990. Resistencia de *Plutella xylostella* (Lep.: Plutellidae) a tres piretroides sintéticos en Costa Rica. *Turrialba* 40(2):159-164.
- CALVO, G., L. BARRANTES, L. HILJE, L. SEGURA, O. RAMÍREZ, N. KOPPER, A. RAMÍREZ y J. L. CAMPOS. 1994. Un esquema comprensivo y funcional para el manejo integrado de plagas del tomate en Costa Rica. En *Lecturas sobre manejo integrado de plagas*. Hilje, L. (comp.). Colección temas de fitoprotección para extensionistas. Serie técnica. Informe técnico. Catie. (En prensa).
- CASTILLO, L. E., C. WESSELING, C. C. HIDALGO, S. MORA y V. BRAVO. 1989. Diagnóstico sobre el uso e impacto de los plaguicidas en América Central: Informe de Costa Rica. Programa de plaguicidas: desarrollo, salud y ambiente. Escuela de ciencias ambientales, Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica.
- CATIE. 1990. Guía para el manejo integrado de plagas del cultivo de tomate. Catie. Serie técnica. Informe técnico no. 151.
- CORDERO, A. y G. RAMÍREZ. 1979. Acumulamiento de cobre en los suelos del Pacífico sur de Costa Rica y sus efectos detrimentales en la agricultura. *Agronomía Costarricense* 3(1):63-78.
- HEADLEY, J. C. 1980. The economic milieu of pest control: have priorities changed? En Pimentel, D. & J.H. Perkins (eds.). *Pest control: cultural and environmental aspects*. Westview press, Colorado.
- HILJE, L. 1984. Estado actual del combate de plagas agrícolas en Costa Rica. *Ciencias ambientales* 5-6: 115-124.
- HILJE, L. 1994. El manejo integrado de plagas como noción y estrategia para enfrentar los problemas de plagas. En *Lecturas sobre manejo integrado de plagas*. Hilje, L. (comp.). Colección temas de fitoprotección para extensionistas. Serie técnica. Informe técnico. CATIE. (En prensa).
- HILJE, L. y V. CARTÍN. 1990. Diagnóstico acerca del combate químico de las polillas de la papa (Lepidoptera: Gelechiidae) en Cartago, Costa Rica. *Manejo Integrado de Plagas* 17: 27-33.
- HILJE, L., O. RAMÍREZ. 1992. Una propuesta comprensiva para el desarrollo de programas de manejo integrado de plagas (mip) en América Central. *Manejo Integrado de Plagas* 24-25: 63-71.
- HILJE, L., CASTILLO, L.E., THRUPP, L.A. y WESSELING, I. 1987. El uso de los plaguicidas en Costa Rica. EUNED-ED. Heliconia. San José, Costa Rica.
- NATIONAL AGRICULTURAL CHEMICALS ASSOCIATION (NACA). 1993. From lab to label: the research, testing and registration of agricultural chemicals. NACA, Washington, D.C.
- RAMÍREZ, A.L. y C. M. RAMÍREZ. 1980. Esterilidad masculina causada por la exposición laboral al nematocida 1,2-dibromo-3-cloropropano. *Acta Médica Costarricense* 23(3):219-222.
- ROCAP/USAID. 1984. Project paper: integrated pest management. Project No. 596-0110. United States Agency for International Development, Washington, D.C.
- SAUNDERS, J.L., A. B. S. KING y C. L. VARGAS. 1983. Plagas de cultivos en América Central, una lista de referencia. CATIE. Serie técnica. Boletín técnico no. 9. Turrialba, Costa Rica.
- STEPHENS, C.S. 1984. Ecological upset and recuperation of natural control of insect pests in some Costa Rican banana plantations. *Turrialba* 34(1):101-105.
- STERN, V.M., R. F. SMITH, R. VAN DEN BOSCH y K. S. HAGEN. 1959. The integrated control concept. *Hilgardia* 29(2):81-101.
- THRUPP, L.A. 1989. Direct damage: DBCP poisoning in Costa Rica. *Dirty dozen campaigner*. May 1989.
- THRUPP, L.A. 1990. Entrapment and escape from fruitless insecticide use: Lessons from the banana sector of Costa Rica. *International Journal of Environmental Studies* 36(1):173-189.

INVESTIGACIÓN UNIVERSITARIA Y EL DESARROLLO SOSTENIBLE

Víctor Hugo Méndez Estrada

Centro de Investigación General, UNED

Desde tiempos remotos, el humano ha tenido problemas para establecer la función que le corresponde asumir dentro de los ecosistemas. Esta ha sido, desde hace mucho tiempo, conducida hacia la destrucción de los ecosistemas naturales. Actualmente el humano busca salvar al planeta de la destrucción hacia la que es llevado. Para ello propone una estrategia de conservación desde la perspectiva del desarrollo sostenible, estrategia que se ve beneficiada con la investigación y divulgación que realiza el sistema educativo formal e informal de los países del mundo.

Descriptores: Investigación, desarrollo sostenible, Costa Rica, Sistema educativo.

INTRODUCCIÓN

A pesar de los logros y avances científico-técnicos, el humano sigue dependiendo para su subsistencia de los recursos naturales. Dichos recursos constituyen un factor determinante en el desarrollo de los pueblos, razón por la cual muchos países se preocupan por aumentar los conocimientos en ese campo, mediante el incremento de las investigaciones científicas y tecnológicas.

El planeta Tierra enfrenta una real crisis ecológica, lo que está llevando a la virtual destrucción de la especie humana y del resto de los seres vivos, debido al creciente deterioro ambiental del que todos somos parte involucrada y, en mayor o menor grado, responsables (Hidalgo y Monge 1989, Leff 1986, Quesada 1990, Monge 1991). Es por eso que en Costa Rica, los profesionales relacionados con la problemática ambiental ven la necesidad de proponer investigaciones científicas que permitan lograr una verdadera conservación y un uso

racional de los ecosistemas (Mendoza 1989, Quesada 1990, Monge 1991).

El conocimiento generado de esas investigaciones, se tiene que difundir y divulgar por medio de los sistemas de educación formal e informal (Lugo 1991, Muñoz 1990, 1991), para lograr una verdadera conciencia socioambiental en cada uno de los humanos.

EDUCACIÓN Y DESARROLLO SOSTENIBLE

El humano se relaciona con la naturaleza por medio de las culturas que integra. Utiliza los elementos que le brindan los ecosistemas, mediante una forma determinada de trabajo y con ayuda de la tecnología disponible. Extrae de ella los recursos necesarios para su propia subsistencia. Sin embargo, a partir de la revolución industrial, el proceso de acumulación de riquezas adquiere una dinámica explosiva, que atenta fuerte y peligrosamente contra los recursos naturales (Fournier 1977, Leff 1986, Mora 1993).

Para estar de nuevo en equilibrio con la naturaleza, los humanos tienen que contar con una educación y redefinición de políticas económicas que ayuden en la organización social. Para ello es preciso relacionar los conocimientos con la realidad social; es decir, adecuar el currículo a la racionalidad social y cultural de los pueblos.

Investigadores como Fournier (1977), Quesada (1990), Camino (1993) y Mora (1993), sostienen que el desarrollo debe ser visto como una relación armoniosa entre el nivel cultural de un determinado pueblo y sus recursos naturales. Para lograr lo anterior, es preciso contar con conocimientos que relacionen el desarrollo de un país con la estabilidad del ambiente, esto puede ser logrado con los aportes que generen las investigaciones que se realizan en los centros de enseñanza superior del país.

Las investigaciones que se están realizando en nuestros centros de enseñanza superior estatales (Mu-

ño 1990 y 1991, Quesada 1990, Lanza 1991, Fournier com. pers.) podrían dar los lineamientos al respecto, ya sea formando profesionales conscientes y con actitud crítica para enfrentar los nuevos retos ecológicos, o bien, promoviendo investigaciones desde la perspectiva del desarrollo sostenible, que lleven como fin el proteger al planeta Tierra.

Las investigaciones universitarias tienen que responder a las demandas sociales, para lograr una mejor calidad de vida; para ello es necesario que los comportamientos culturales de los humanos se incorporen en cada individuo por medio de un proceso educativo. Este proceso de socialización ambiental sólo se puede lograr por medio de la educación formal e informal.

La educación superior deberá estar comprometida con la producción de conocimientos que se ajusten a las crecientes y diversas demandas sociales, que garanticen el convivio armonioso entre seres vivos y ambiente. Que fortalezcan la producción de conocimientos, por medio de la investigación y la docencia, comprometidos con las exigencias de las sociedades. Por lo tanto, los planes de estudio deben incorporar a la cultura de cada individuo los conocimientos, tecnologías y productos resultantes de las investigaciones, para disminuir el deterioro del ambiente y, por ende, de la vida del planeta Tierra.

Los centros de investigación de las universidades deben tener entre sus funciones las siguientes:

- a) contribuir al progreso científico, aplicando el conocimiento a la realidad de cada nación y región.
- b) analizar los problemas de las comunidades y buscar soluciones acordes que eviten la indebida utilización de los recursos con que cuenta el país.

c) elevar el nivel cultural ambiental de cada nación.

d) proporcionar a la comunidad universitaria una información general, la cual le permita proponer soluciones a los problemas que afrontan los países.

e) estimular el saber, para que se logre la transformación de las fuerzas productivas de la sociedad y se tome conciencia crítica en torno a los problemas propios de los países en vías de desarrollo.

Es posible lograr todo lo anterior mediante investigaciones y enseñanza de alto nivel, las cuales deben ser difundidas y divulgadas a toda la comunidad. Para lograr su difusión, las Universidades estatales tienen que contar con los medios apropiados para que los resultados generados por sus investigaciones lleguen a un mayor número posible de usuarios.

Tal como se ha señalado, las investigaciones universitarias deben ser empleadas con el propósito de crear conciencia, en la comunidad estudiantil y en el público en general, acerca de la importancia y necesidad de integrar la conservación del ambiente y el concepto de desarrollo sostenible en su vida cotidiana.

Políticas conservacionistas de los ecosistemas acordes con las culturas actuales

La conservación es dinámica y evoluciona desde la perspectiva de proteger una especie, un nicho, un hábitat, un ecosistema hasta grandes áreas. Para garantizar la protección de esa biodiversidad y agregarle su importancia económica a través de la biotecnología, el ecoturismo y el desarrollo sostenible, es preciso que el país considere los siguientes cuatro elementos:

- a) proponer respuestas efectivas a la alta tasa de deforestación y a los crecientes niveles de contaminación.

b) iniciar la recuperación ecológica de los ambientes degradados, desde una dimensión integral.

c) involucrar a la sociedad en la solución de los problemas ambientales.

d) brindar opciones claras que permitan elevar la calidad de vida del costarricense. La sostenibilidad no involucra una economía estática sino más bien dinámica, en donde el crecimiento económico no será visto como un incremento en cantidad, por el contrario, consiste en un mejoramiento en la calidad de vida sin que se llegue a aumentar la cantidad de los recursos consumidos (Camino 1993).

Con la frontera agrícola prácticamente agotada, con un 64% del territorio con aptitud forestal y con una población en pleno crecimiento (Quesada 1990) que demanda bienes y servicios de los recursos naturales, se requiere de políticas orientadoras que involucren a todos los sectores del país, para dar respuesta a las demandas actuales y futuras.

Con base en la propuesta que se hizo en 1980 de la Estrategia Mundial para la Conservación, en Costa Rica se establecen las bases para la estrategia de conservación nacional y local, cuyos ejes centrales son preservar la biodiversidad y el manejo sostenible de los recursos naturales renovables, con el propósito de lograr un desarrollo a largo plazo.

Con la difusión dada en los años 1990 de Cuidar la tierra ... Una estrategia para el futuro de la vida (MIRENEM 1992: 23), en Costa Rica se llegan a plantear nuevos conceptos relacionados con el ecosistema, los cuales buscan una mejor utilización de los recursos naturales: capacidad de carga de la tierra, un nuevo estilo de desarrollo, tecnología con verdadera dimensión ambiental, nueva ética ambiental, integración real de la conservación con el desarrollo. Di-

cha estrategia permite que las comunidades se responsabilicen del cuidado de su propio ambiente.

Dados los problemas ambientales que han ocurrido a nivel mundial, surge una variedad de organizaciones que se dedican a promover la utilización de los recursos naturales y a conservarlos inalterables. Es así como en Costa Rica nace, en 1980, una entidad llamada Estrategia de Conservación para el Desarrollo Sostenible (ECODES). Esta estrategia fue entendida como un proceso amplio y continuo, con objetivos y políticas necesarios para alcanzar un estilo de convivencia económica y social compatible con la biodiversidad natural que la sustenta (Quesada 1990).

ECODES concibe al planeta Tierra como un sistema finito en evolución, el cual toma su energía externa del sol y la interna por medio de la diversidad genética y biológica presente en los ecosistemas. Desde esta perspectiva el humano, con su poderío tecnológico, ha logrado controlar y alterar su composición. Por lo tanto, cuando se hable de desarrollo sostenible se debe hacer referencia a la satisfacción de las necesidades humanas actuales y futuras, que procura un mejoramiento de la calidad de vida de los individuos de determinada sociedad.

Es necesario contar con un proceso de desarrollo compatible en el cual se integren las necesidades de conservación con las del desarrollo socioeconómico, que permita elevar la calidad de vida de los pobladores de la zona y garantizar la biodiversidad en el largo plazo a través de la sustentabilidad de las acciones de la región (MIRENEM 1992: 24).

El planeta Tierra cuenta con los recursos necesarios para satisfacer las necesidades de los individuos, pero eso si en forma sostenible, donde no se aprovechen según la concepción de explotarlos como recursos infinitos, sino de una forma racional e integral,

de tal manera que se logre mejorar el potencial actual y futuro para satisfacer las necesidades humanas (Camino 1993).

Literatura citada

- CAMINO, Ronnie de. 1993. Sostenibilidad de la agricultura y los recursos naturales. Bases para establecer indicadores. San José, Costa Rica, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, IICA, Serie de Documentos de Programas, Núm. 38 (Setiembre de 1993).
- CONSEJO NACIONAL PARA LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA. 1990. Investigación y desarrollo experimental en Costa Rica. CONICIT Editorial Tecnológica de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.
- FOURNIER, L. 1993. Recursos naturales. Editorial Universidad Estatal a Distancia, San José.
- FOURNIER, L. 1977. Los recursos naturales renovables y el desarrollo en Costa Rica: En Selecciones de lecturas sobre recursos naturales. Oficina de Planificación Nacional y Política Económica, San José, Costa Rica.
- HIDALGO, R. y G. MONGE. 1991. Los recursos científicos y tecnológicos y la transformación productiva. En Garnier, L. y R. Hidalgo. Costa Rica entre la ilusión y la desesperanza. Una alternativa para el desarrollo. Ediciones Guayacán, San José, Costa Rica.
- HIDALGO, R. y G. MONGE. 1989. El futuro cercano y la capacidad tecnológica costarricense. Editorial Universidad Estatal a Distancia, San José, Costa Rica.
- LANZA, H. 1991. La investigación educativa en América Latina. Posibilidades de producción de insumos de alto impacto con escasos recursos. En Propuesta Educativa. FLACSO 3(5):5-10.
- LEFF, E. 1986. Ecología y capital: Hacia una perspectiva ambiental del desarrollo. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- LUGO, A. E. 1991. Las ciudades y el desarrollo sostenible del paisaje tropical. En La naturaleza y sus recursos (27):27-46.
- MENDOZA, R. 1989. Conservación ambiental y desarrollo sostenido. Ediguías Ltda, Ecuador.
- MINISTERIO DE RECURSOS NATURALES ENERGÍA Y MINAS (MIRENEM), UICN-ORCA. 1992. Estrategias de conservación para el desarrollo sostenible de las llanuras del Tortuguero. San José, febrero de 1992 (versión preliminar).
- MONGE, G. 1991. La valorización de los recursos naturales y la sostenibilidad del desarrollo. En Garnier, L. y R. Hidalgo. Costa Rica entre la ilusión y la desesperanza. Una alternativa para el desarrollo. Ediciones Guayacán, San José, Costa Rica.
- MORA, E. 1993. ¿Qué es, de dónde viene y adónde lleva el desarrollo sostenible?. En Ambiente: ¿Legalidad o violación en Costa Rica? Fundación Güilombé, San José, Costa Rica.
- MUÑOZ, C. 1991. Algunos problemas que actualmente requieren atención prioritaria en la investigación educativa de América Latina. En Propuesta Educativa. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO) (5):16-20.
- MUÑOZ, C. 1990. La transformación de los sistemas educativos latinoamericanos ante los nuevos requerimientos de las economías de la región: tendencias, retos y espacios para la cooperación internacional. En La Educación, Revista Interamericana de Desarrollo Educativo. Washington, Secretaría General de la OEA (106):246-253.
- QUESADA, C. 1990. Estrategia de conservación para el desarrollo sostenible de Costa Rica. Ministerio de Recursos Naturales, Energía y Minas, San José, Costa Rica.
- QUESADA, C. 1993. La investigación en la Universidad de Costa Rica y su articulación con la comunidad nacional. Universidad de Costa Rica, Vicerrectoría de Investigación (mimeografiado).

Un Modelo de Transferencia Científico-Tecnológico para la UNED

Rodolfo J. Rodríguez R.

E-MAIL: rodolfo at cariari.ucr.ca.cr. (Internet)

MODELO ACTUAL DE LA UNED

En una búsqueda de recursos humanos capacitados, se fundó la UNED (Universidad Estatal a Distancia) en 1977. Su objetivo esencial consistió en la proyección de la educación superior hacia aquellos sectores de la población nacional y regiones del país que no podían ser cubiertos por los sistemas universitarios tradicionales.

La Educación Universitaria a Distancia busca llegar a sectores más amplios de la población nacional que se encuentran insertos en el mercado productivo, pues se trata de obreros o campesinos que no tienen la facilidad de asistir a una universidad tradicional.

Asimismo, la educación a distancia plantea una ruptura en el esquema tradicional de enseñanza presencial, ya que a través de centros universitarios, medios de comunicación y unidades didácticas autosuficientes, la universidad estaría en la casa o en la empresa de los educandos.

Sobre esta base, la UNED ha sustentado la creación de carreras requeridas para este tipo de población, con su respectiva generación y adecuación de los materiales necesarios para lograr una educación a distancia. Se ha tenido como base una vigorosa editorial y un conjunto de centros universitarios distribuidos por todo el territorio nacional, a los cuales es posible trasladar profesionales de diversas disciplinas por medio de un sistema logístico, basado en una dinámica unidad de transportes que cubre prácticamente todo el territorio nacional.

La UNED y su relación con otros sectores

Cualquier modelo de desarrollo de una nación ha de fundamentarse en una

intensa conexión entre los sectores público, productivo y científico-tecnológico. En Costa Rica, la producción de la ciencia y de la tecnología ha emanado principalmente de las universidades y de algunas instituciones autónomas y ha sido prácticamente nulo en el sector privado.

La UNED ha estado inmersa en el desarrollo nacional, interactuando fundamentalmente con dos sectores, el político (es decir, el gobierno) y el social. El sector político es la fuente principal de ingresos económicos.

El sector social es el objetivo de salida, por medio de la docencia y de la extensión, utilizando como instrumento sus materiales de editorial, su sistema logístico y sus centros universitarios. La UNED también ha tenido algunas fuentes de ingresos por convenios con organismos internacionales o por venta de servicios de editorial o extensión. Su apertura al sector productivo no se ha dado de una manera explícita.

Apertura de la UNED hacia el sector productivo

En Costa Rica, es a partir de los años ochenta que en la universidad se da una apertura hacia el sector productivo y viceversa.

Por una parte, las universidades han acumulado conocimiento científico-tecnológico, producto de sus investigaciones, y además requieren sus propias fuentes de financiamiento; y por otra parte, los productores, ante los controles de calidad impuestos por el mercado internacional, se ven impulsados a buscar apoyo técnico en las universidades.

Así es como se han comenzado a generar vínculos entre las universidades

y el sector productivo, lo cual ha sido posible gracias a la base científico-tecnológica que han generado las primeras en sus centros de investigación y que ha sido requerida por los productores. A este proceso se le ha llamado Transferencia de Tecnología, ya se han creado Unidades de Transferencia de Tecnología como un instrumento jurídico-administrativo agilizador del proceso y se han podido vender servicios por medio de unidades auxiliares y de fundaciones.

Así, si la UNED quiere una apertura sistemática hacia el sector productivo de una manera expresa, requerirá hacer un recuento de su base científico-tecnológica y sobre ésta, diseñar un plan de transferencia de tecnología adecuado a la institución.

Base científico tecnológica de la UNED

El impulso a la ciencia y la tecnología nacional por parte de la UNED ha estado basado en la formación de recursos humanos a lo largo del territorio nacional por medio de la docencia y la extensión, en áreas como la agroindustria, administración agropecuaria, extensión agrícola, estudios ambientales, administración de empresas, educación de las ciencias naturales e informática, entre otras.

Asimismo, la editorial ha posibilitado la producción de materiales de alta calidad en ciencias fácticas y formales, que han enriquecido la educación superior nacional. Asimismo, se cuenta con dos revistas científicas, una dedicada a la Educación Ambiental (Biocecosis) y otra dedicada a reportes técnicos y divulgativos (Repertorio Científico), de la Escuela de Ciencias Exactas y Naturales.

Por los objetivos iniciales con que fue fundada la UNED, ésta no ha generado investigación en ciencia y en tecnología y por ende no tiene acumulación de conocimiento científico tecnológico transferible. Por ello, deberá plantearse un modelo de transferencia tecnológica diferente.

Un modelo alternativo de transferencia de tecnología

1. La concepción lineal de la tecnología. Tradicionalmente, la tecnología ha sido vista como un proceso unilineal que debe arrancar con la investigación en ciencia básica e implementarse en ciencia aplicada. A partir de esta base, se pueden desarrollar entonces investigaciones tecnológicas, a partir de las cuales se diseñarían modelos o proyectos tecnológicos que sirvan de base para producir situaciones u objetos tecnológicos, los cuales deberán contar con los propios medios de operativización o tecnología blanda que busquen la satisfacción de la función deseada.

Sobre la base de este modelo se ha concluido que las universidades sólo pueden tener transferencia de tecnología si poseen conocimiento tecnológico acumulado, producto de las investigaciones en ciencia básica y aplicada.

2. Proyectos de acción tecnológica.

El modelo lineal de la tecnología no es aplicable en la UNED, pues su punto de partida es el conocimiento científico acumulado, resultado de la investigación en ciencias básicas, aplicadas y tecnología, con la que no cuenta la UNED. Por otra parte, el modelo lineal de la tecnología es un estereotipo mitificado, pues la producción real de la tecnología no funciona así. Esto en buena medida, reduce la misma a una especie de ciencia aplicada.

Lo que se pretende es aclarar el problema de por qué y cómo debe darse la apertura al sector productivo. De esta manera, lo que requieren los distintos productores es una serie de conocimientos y mecanismos que generen un cambio tecnológico y que les dé la posibilidad de ser más competitivos ante las exigencias de los diversos mercados nacionales e internacionales. Desde esta perspectiva, las universidades son vistas como una fuente de conocimientos científico-tecnológicos que permita a las empresas hacer innovaciones tecnológicas económicamente rentables.

Asimismo, las universidades ven en el sector productivo una fuente de ingresos que les permite trabajar más holgadamente y autofinanciar institutos completos de investigación.

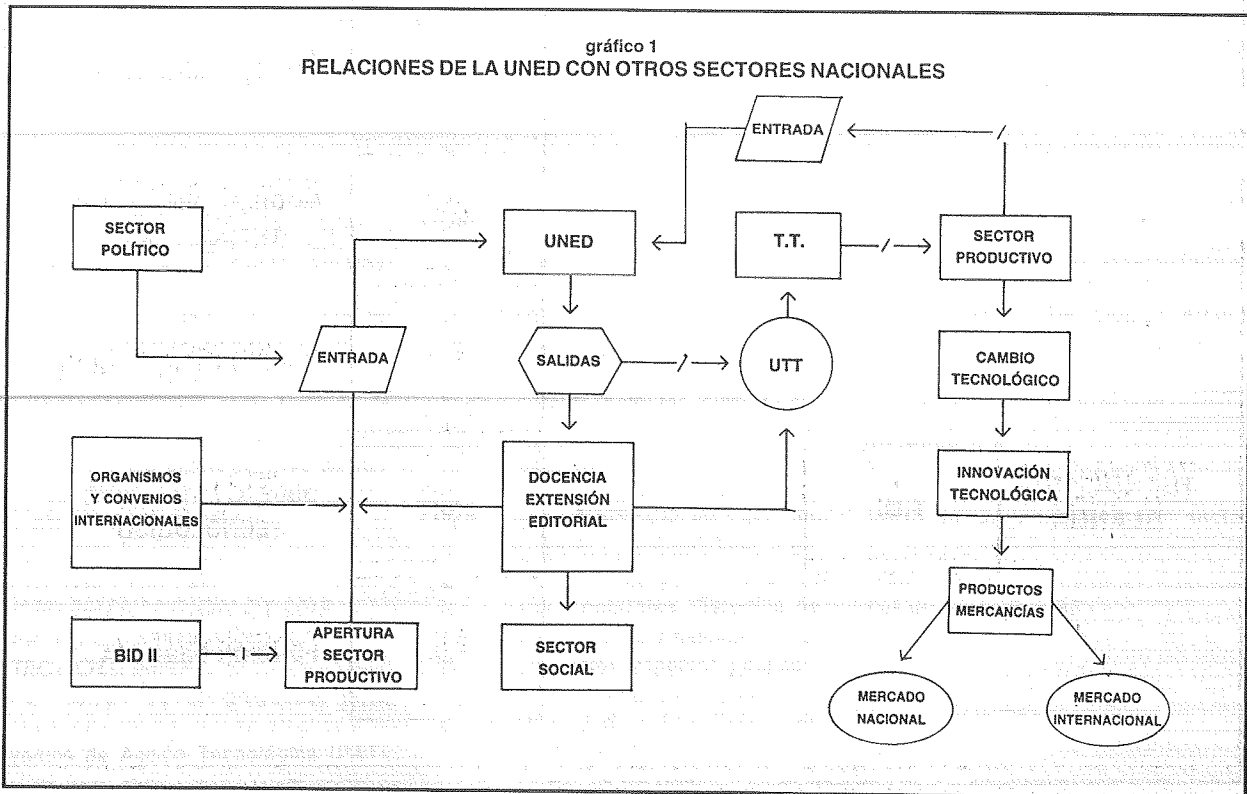
Para lograr, entonces, la transferencia de tecnología de la UNED hacia el sector productivo, lo que se necesita es desarrollar un PLAN DE ACCIÓN TECNOLÓGICA, cuya finalidad sea el cambio tecnológico ante ciertas necesidades concretas del sector productivo.

El punto de partida de este Plan no sería esperar que haya conocimiento tecnológico propio, sino el descubrir cuáles son las funciones requeridas por los sectores agrario, agroindustrial, pecuario e industrial, para lograr un "cambio tecnológico" adecuado a las exigencias del mercado.

En este sentido, la UNED tiene los basamentos para poder proyectarse al sector productivo de las diversas regiones del país de una manera versátil y dinámica, no a la espera de las necesidades del sector productivo, sino a la búsqueda de problemas no resueltos por este sector y que van en detrimento de la calidad y competitividad de los productos.

Así, la Transferencia de Tecnología de la UNED se realizaría por medio de PROYECTOS DE ACCIÓN TECNOLÓGICA. El proceso de acción tecnológica se daría en varios pasos que serían los siguientes:

- a) Detección de una necesidad o función deseada por parte de al-



gún o algunos productores que requieren un "cambio tecnológico" para innovar y poder competir.

- b) Estudio y diagnóstico de la situación por especialistas encargados por la UNED para tal caso.
- c) Búsqueda de la tecnología requerida en UNED o fuera de ella, en otras universidades, instituciones autónomas, etc.
- d) Elaboración formal de un Proyecto de Acción Tecnológica.
- e) Ejecución de la acción tecnológica como un proceso generador del cambio tecnológico requerido.

Los PROYECTOS DE ACCIÓN TECNOLÓGICA no serán fórmulas generales aplicables a cualquier problema de "cambio tecnológico"; más bien se caracterizan por su concreción en la resolución de problemas, a la vez que deben ser suficientemente flexibles, pues no se trata de un enfoque lineal de la tecnología, sino multidimensional, para alcan-

zar una efectividad ante los requerimientos de los "cambios tecnológicos". Por lo tanto, no se puede decir que haya un modelo único para lograr "cambios tecnológicos", dado que a veces se podrá requerir el producto de centros de investigación, y en otros casos se podrá requerir un diseño industrial, conocimientos técnicos, o una simple copia de algún desarrollo previo. En ese caso, lo importante es el cambio tecnológico. No se trata de una condición ideal donde el conocimiento proviene de una investigación previa, sino que puede venir de distintas fuentes y métodos, que es en la realidad como ha funcionado la tecnología para la producción de situaciones y objetos tecnológicos deseados.

3. La gestión tecnológica. Para poder desarrollar todo un Plan de Acción Tecnológica que se aboque hacia el diseño de Proyectos de Acción Tecnológica, la UNED requiere una infraestructura regional moderna que posibilite una apertura hacia sectores productivos rurales. A la vez, requeriría administrar eficaz y

eficientemente los recursos humanos disponibles en ciencia y tecnología, como también disponer de bases de datos de todos los centros de investigación y de las tecnologías existentes a nivel nacional y algunos a nivel internacional.

Dentro de la idea de regionalizar la transferencia de la tecnología, será necesario crear CENTROS REGIONALES DE ACCIÓN TECNOLÓGICA con toda una infraestructura adecuada, coordinados por una UNIDAD CENTRAL DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA, como agente jurídico-administrativo e informativo de todos los procesos a nivel nacional. Los centros regionales de acción tecnológica podrían proyectar su presencia en las distintas regiones, por medio de unidades móviles de acción tecnológica.

Los Proyectos de Acción Tecnológica, para poder ser ejecutables, requerirán todo un proceso dirigido hacia el sector productivo y en aras del "cambio tecnológico".

gráfico 2
MODELO LINEAL DE LA TECNOLOGÍA

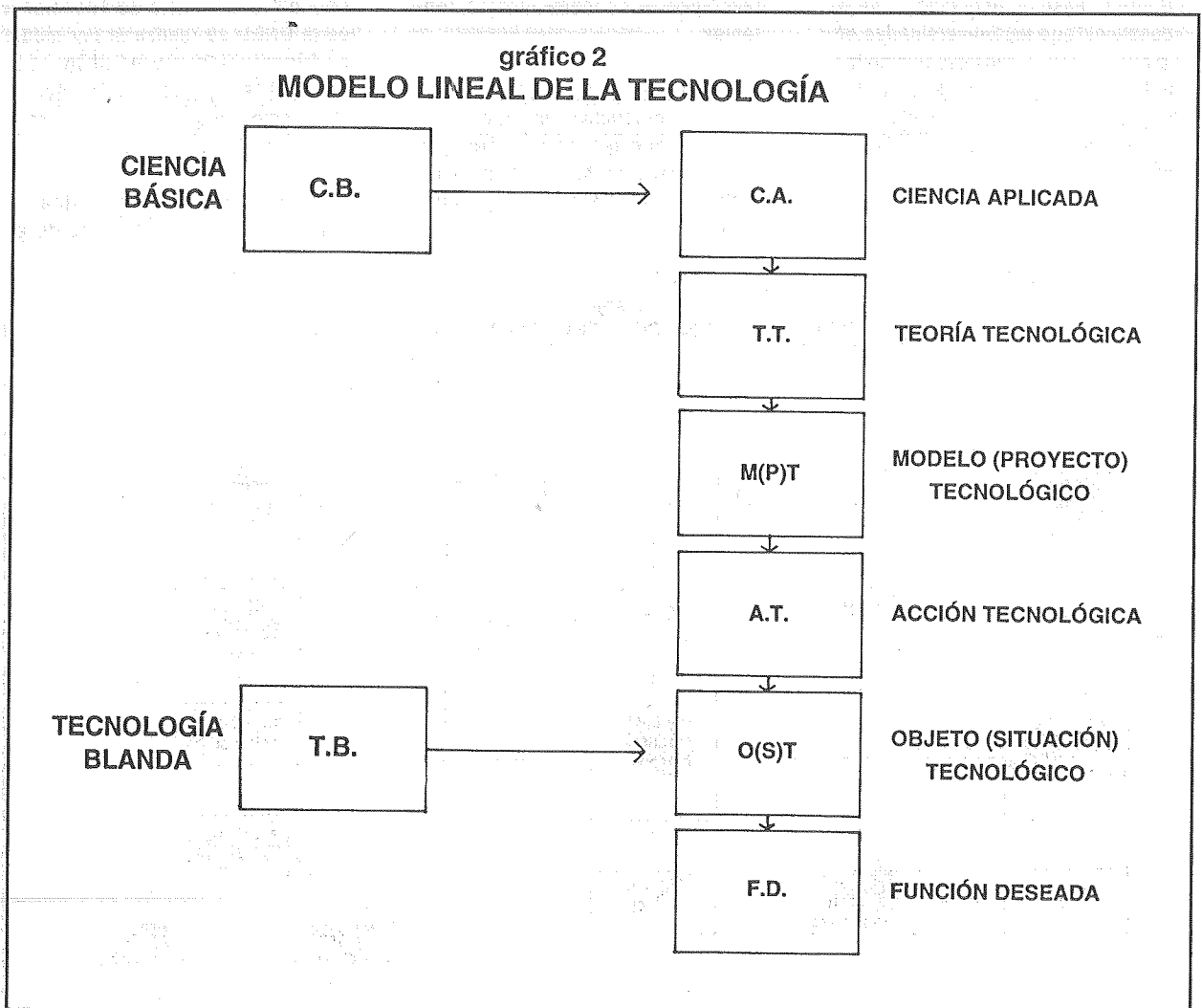


gráfico 3
**MODELO ALTERNATIVO DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA
 POR PARTE DE LA UNED
 PROYECTOS DE ACCIÓN TECNOLÓGICA**



En primera instancia, se requiere toda una GESTIÓN TECNOLÓGICA, que sería el proceso administrativo eficiente por parte de la Unidad Central de Transferencia de Tecnología, sobre los aspectos tecnológicos relevantes para la competitividad y el desarrollo de organizaciones del sector productivo como también de la infraestructura, los recursos humanos y los conocimientos científicos tecnológicos con que podría contar la universidad.

PAUTAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS PROYECTOS DE ACCIÓN TECNOLÓGICA

Para cumplir con los propósitos generales, se deben poner en práctica Proyectos de Acción Tecnológica (PAT),

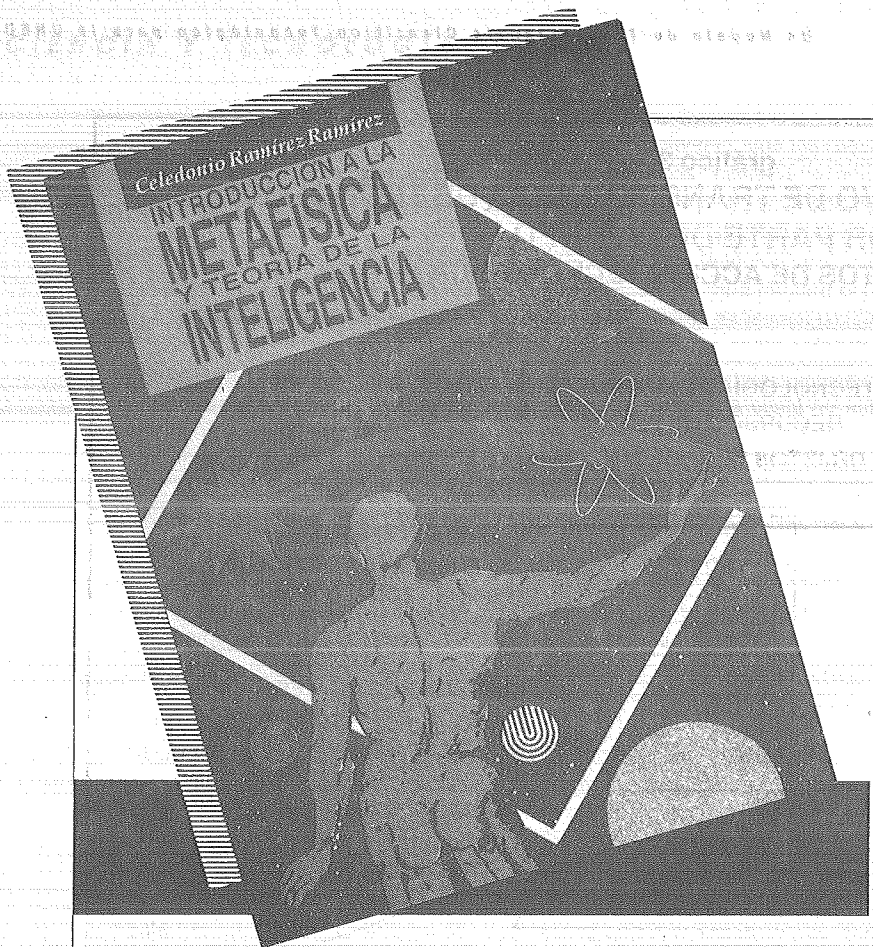
que consistirían en un conjunto integrado de conocimientos tecnológicos o técnicos requeridos por la sociedad en general y por todo el sector productivo para la producción de bienes y servicios. Estos podrían estar conformados por estudios-diagnósticos de viabilidad técnico-económica, de ingeniería básica, normas, patentes, diseño y especificación de producto y equipos, paquetes de alfabetización computacional, informaciones técnicas y comerciales, estudios de mercado, estudios agrarios, agroindustriales y pecuarios, estudios de uso racional de los recursos naturales (Estudios de Evaluación de Impacto Ambiental), como también otros aspectos jurídicos, administrativos financieros, metrología, normatividad de la calidad y de

mercados requeridos, estudios socio-demográficos, psicología industrial, etc.

Las pautas necesarias para la transferencia de tecnología por medio de Proyectos de Acción Tecnológica serían:

Gestión tecnológica

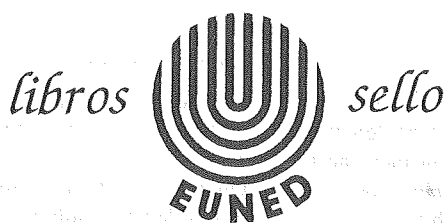
Es el proceso mediante el cual la UCTT administra, de una manera efectiva, todos los aspectos tecnológicos relevantes para la competitividad, el desarrollo de las organizaciones el sector productivo y de la infraestructura y los recursos humanos científico-tecnológicos de la universidad.



"Corresponderá, con fundamento en estas reflexiones, reconstruir posteriormente en otras obras los fundamentos epistemológicos, los fundamentos de la acción humana y explorar si lo real se expande más allá de lo cósmico.

En todo caso, el nuevo renacimiento que se respira, exige de la humanidad replantearse de nuevo todos los temas filosóficos que nos han provocado perennemente". (El autor)

EDICIÓN EN RÚSTICA / 21 x 15 cm, 388pp / ISBN: 9977-64-761-5



¡ADQUIÉRALO EN LAS LIBRERÍAS UNED!

LIBRERÍA GARCÍA MONGE
100 m E. y 150 S. de A y A.
Paseo de los Estudiantes, San José.
☎ 233-1601

LIBRERÍA MAGÓN
Edificio ASEUNED
Carretera a Sabanita de Montes de Oca.
☎ 253-9349

LIBRERÍA FERNÁNDEZ GUARDIA
Bajos del Teatro Melico Salazar, San José.
☎ 223-9794

LIBRERÍA LUIS DOBLES SEGREDA
25 m N. del "Restaurante Fresas", Heredia.
☎ 260-5159

PEDIDOS AL POR MAYOR
☎ 222-2420

LIBRERÍAS UNED
☎ 597-1002
☎ FAX (506) 233-1601

Apertura hacia las empresas de base tecnológica o al sector productivo en general

Se trata de una apertura enfocada hacia aquellas empresas productivas cuya competitividad y desarrollo dependan sobre todo de continuas innovaciones tecnológicas. También considera, aquellas que dependen de la producción basada en la mano de obra o de las materias primas entre otros factores, con el fin de que puedan adquirir nuevos conocimientos para incrementar su competitividad en el mercado.

Asimilación tecnológica (etapa de capacitación empresarial)

Es un proceso mediante el cual el receptor de un proyecto de acción tecnológica (PAT) desarrolla su aprendizaje de los conocimientos científicos implícitos en una tecnología determinada. Ello le permitirá mejorar, adaptar y desarrollar dicha tecnología para mantener una relación de igualdad con su proveedor (con los técnicos universitarios y el sistema científico tecnológico de la universidad)

Adaptación tecnológica (etapa de asesoramiento empresarial)

Es el proceso de modificación del PAT por parte de su receptor, con el objeto de adaptarlo a sus condiciones específicas, más eficiente y de menor costo o más competitivo.

Innovación tecnológica (etapa de innovación empresarial)

Es el proceso de conjugar oportunidades técnicas con necesidades de producción o de mercado mediante la integración y aplicación de un PAT, que introduce o modifica actividades de valor, productos, servicios y procesos de manufactura en el sector productivo con su consecuente comercialización. La innovación tecnológica integra los procesos de asimilación y adaptación de tecnología y se realiza, por lo tanto, con conocimientos propios, ajenos o con ambos.

NOTA: La aplicación de los PAT puede realizarse con base a la Ley de Promoción al Desarrollo Científico-Tecnológico, Ley N 7169, en su título V, Capítulo II: Financiamiento de la Innovación Tecnológica, Capítulo III: Financiamiento de la Gestión Tecnológica para la Reconversión Industrial, Capítulo IV: Adquisiciones Estatales de Bienes y Servicios para las Empresas de Base Tecnológica.

El Profesor Universitario ante el Reto que Presenta el Proceso de Enseñanza-Aprendizaje

Rodrigo Barrantes E.

Director de Docencia UNED

Descriptor: Educación, Universidad, Enseñanza, Proceso enseñanza-aprendizaje

INTRODUCCIÓN

Octavio Paz dijo, refiriéndose al aprendizaje: "el aprendizaje no consiste en la acumulación de conocimientos, sino en la afinación del cuerpo y del espíritu" (Yepes 1993, p. 72), ante este reto, el profesor no puede ser únicamente el que transmite conocimientos y los deposita en un alumno que estaría dispuesto a recibirlo.

El papel del profesor, y en especial el del profesor universitario debe variar sustancialmente. La figura de un catedrático, tiene un estereotipo: el sabio que llega a su lección a impartir sus conocimientos, manteniéndose distante del alumno y no permitiendo que éste acceda a él ni a todo lo que lo rodea como profesor.

Hermann Hesse dijo que la base de toda formación es acostumbrarse a ser conscientes del verdadero sentido de cada acto de nuestra vida (Yepes 1993, p. 73). Es por esto que debe plantearse una nueva forma de enfocar el quehacer docente en la universidad y dentro de este accionar está inmersa la función que realiza el profesor. Al respecto el Dr. Donald Roush, de la Universidad Estatal de Nuevo Méjico, recopiló una serie de materiales para un taller sobre la metodología de la enseñanza que tituló "Estrategias para una efectiva enseñanza universitaria" (Roush, 1989). En estos materiales, recomiendo dos aspectos fundamentales de la educación universitaria: ¿qué cualidades tiene un buen profesor? y ¿qué sabe el buen profesor de pedagogía?

En el presente artículo se trata de transmitir parte de estos materiales, enriquecidos con otros aportes y la experiencia personal que sobre la enseñanza universitaria se tiene, intentando llegar a una serie de conclusiones y recomendaciones al respecto.

¿QUÉ CUALIDADES HACEN A UN BUEN PROFESOR?

Un buen profesor debe comunicar a sus estudiantes sentimientos de emoción al aprender, motivándolos por medio del entretenimiento y una intensa aplicación de lo que aprende al trabajo que realiza o realizará.

Debe lograr un ambiente de mutua necesidad, si bien es importante demostrar que espera mucho de los estudiantes, debe transmitirles que está dispuesto a ayudarles cuando lo requieran.

Al hablar con sus estudiantes, debe infundir confianza en ellos, demostrar orgullo de su profesión, pero a la vez imponer respeto. Su entusiasmo debe ser contagioso y demostrar con ello que es tan importante lo que enseña como lo es la inspiración de sus alumnos por el deseo de aprender. Debe demostrar que él sabe que cada ser humano es algo especial. Ser maestro es una decisión que implica entrega a la humanidad: el maestro debe entregarse a su labor y no desfallecer ante los tropiezos que se encontrará.

El buen profesor posee gran dosis de pasión por la enseñanza y compasión por aquellos a quienes enseña "sabio es aquel que primero convierte sus palabras en actos y después enseña (Confucio). Debe empujar una fuerza poderosa que dé valor a toda su enseñanza: la de

presenciar cómo aprenden los estudiantes y la satisfacción de ver cómo se hacen más sabios, más instruidos y seguros de sí mismos.

¿QUÉ SABE EL BUEN PROFESOR DE LA ENSEÑANZA?

En primer lugar debe poseer un conocimiento completo de las materias que enseña. Este conocimiento nunca podrá ser exhaustivo, pero sí amplio.

A la par de este requisito, el profesor debe comprender y manejar los conocimientos atinentes al proceso de enseñanza, para ello debe: organizar, seleccionar e implementar estrategias pedagógicas acordes con la disciplina que enseña y sobre todo debe buscar formas de motivar a los que aprenden.

Con respecto a la organización de la enseñanza, ésta debe iniciarse con el planeamiento que el profesor hace antes de la lección. Debe incluir objetivos claros, escogidos con sumo cuidado y que constituyan la base de las decisiones que se tomarán en el proceso de enseñanza-aprendizaje. El planeamiento debe garantizar la consistencia, evitar la dificultad de conducir las lecciones sin metas claras y de facilitar el aprendizaje.

El buen profesor debe saber aplicar diferentes métodos de enseñanza.

Para actualizar los programas de estudio, debe discutir e intercambiar ideas con los colegas, además debe mantenerse al día en las nuevas corrientes en las metodologías, utilizar materiales adecuados y evitar las re-

"La educación no debería ser una preparación para la vida. Debería ser la vida".

Antony de Mello

peticiones en la información. La instrucción que no se presente bien estructurada, se olvida rápidamente.

En casi todas las lecciones hay un grupo de estudiantes que "están perdidos" en el desarrollo de un curso; el buen profesor debe identificarlos y buscar estrategias pedagógicas para ponerlos al día, sin ocupar para ello el tiempo que se destina a la mayoría del grupo.

Las evaluaciones y especialmente las notas son siempre importantes para los alumnos. Se dice que cuando se les examina sobre hechos aprenden a memorizar, pero si se les examina sobre comprensión, aprenden a pensar. Las evaluaciones deben ser justas, imparciales y razonables. Deben abarcar la materia que se ha enseñado. Si esto sucede así, el alumno tendrá mayor oportunidad de tener éxito.

Aunque todo lo anteriormente expresado es importante, la tarea principal del profesor es la de motivar a los alumnos. La motivación es la piedra angular en la búsqueda de calidad de la enseñanza. Motivar a los estudiantes debe ser una tarea estimulante, decisiva, emocionante e indispensable, aunque no se puede obviar que es complicado. Para lograrlo, el profesor puede tener en cuenta que:

- el aprendizaje es, en sí mismo, un gran motivador, la participación, respuesta y experiencia de los alumnos contribuyen significativamente a motivarlos;
- los métodos de enseñanza deben poner de relieve la confianza, aceptación, dignidad y autoestima del estudiante;
- el elevar las miras de los estudiantes les da motivación

- el ambiente de la clase puede ser un freno o un decisivo colaborador de la motivación
- los profesores también reciben motivación del ambiente de la institución
- el profesor que va en busca de la calidad debe saber que en todas las personas hay un algo especial y debe ayudar a cada estudiante a descubrir ese algo y ponerlo de relieve.

La enseñanza es algo más que la producción de preguntas y respuestas. Sin embargo, al buen profesor le debe interesar la calidad de la respuesta del estudiante y debe emplear estrategias para conseguirlas con sentido, que aclaren la lección y proporcionen conocimientos adicionales.

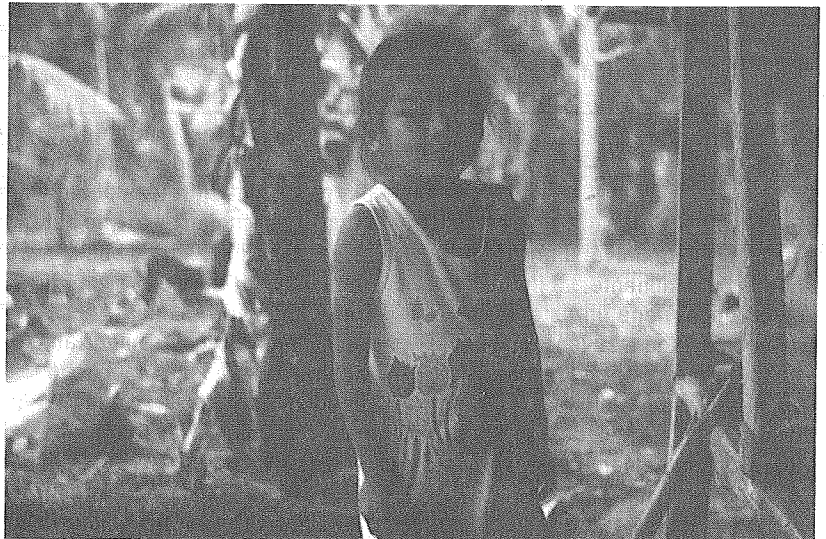


Figura 1. NIÑA INDÍGENA, Amubri, Talamanca

El profesor debe intentar, por todos los medios, involucrar al estudiante en su propia educación. Esto le puede facilitar el aplicar los conocimientos a cosas y hechos propios a su vida y a profundizar sobre los problemas actuales, propiciando la comprensión y la retención de conocimientos. Esta aplicación de conocimientos en la vida diaria ayuda a los estudiantes a cultivar la confianza en su propia capacidad para aprender y proporciona motivación.

Otra estrategia pedagógica, poco usada y bastante efectiva es inculcar valores relacionados con las disciplinas del plan de estudios. Estos valores infiltran percepciones, sirven como base de autoridad para actuar y decidir.

Lo que los estudiantes hacen y creen, depende en mucho de su actitud, de su filosofía y de los juicios de valor.

Un buen profesor ayuda a sus alumnos a conducir y ganarse la vida. En resumen, en una buena enseñanza se deben incorporar e integrar los procesos de planeamiento, organización, motivación, evaluación y el empleo sistemático de estrategias educativas.

EL ARTE DE LA ENSEÑANZA UNIVERSITARIA

Los mejores indicadores de la eficacia pedagógica son: la habilidad del instructor, la organización y contenido del curso y la relación entre alumno y maestro.

El éxito de la enseñanza universitaria puede acentuarse si se dan las siguientes condiciones:

- existe un conocimiento profundo de la materia a enseñar por el profesor.
- se da una relación dinámica en el aula entre profesor y alumnos.
- el profesor estimula el pensamiento reflexivo en los estudiantes.
- se motiva al alumno para educarse a sí mismo.
- se da una motivación para conocer la materia de estudio.

- se propicia un entendimiento real en el alumno.

El animar al alumno a aplicar ideas y datos nuevos a su propia vida y comprender problemas de actualidad podrá significar un progreso acelerado. De esta forma, el maestro influyente es el que estimula el intelecto, exige la más alta calidad, infunde confianza a los alumnos en sus propias habilidades, está abierto al diálogo y proporciona asistencia a quienes lo necesitan. El maestro debe despertar el pensamiento crítico y la participación de los alumnos.

Frederick Redefer (1975), concluye que los fracasos en la enseñanza universitaria suceden porque los maestros universitarios:

- no saben elaborar buenos exámenes.
- no proporcionan un ambiente adecuado para aprender.

La enseñanza es mucho más que reunir un grupo de alumnos en un aula. Sin embargo, una investigación que realizaron Evans, Smith y Colville (1962), profesores de la Universidad de Houston, revelaron que la mayoría de los catedráticos ocupan la mayor parte de su tiempo dictando conferencias magistrales. Jerry Gaff demostró que para que un maestro universitario sea percibido como efectivo, éste tiene que interactuar con sus alumnos, dentro y fuera del aula y ser accesible y abierto al diálogo (Gaff, 1975).

La integridad y la honradez son fundamentales para poder gobernar toda sociedad civilizada.

nas de las funciones de la enseñanza (Dressel, 1971). Estas pueden resumirse en:

- motivar a los alumnos.
- aclarar al alumno sus finalidades en cuanto a nuevos conocimientos, compartimiento y reacciones.
- proporcionar al alumno la satisfacción del conocer su progreso.
- organizar el trabajo de tal manera que su aspecto secuencial y acumulativo se le haga evidente al alumno.
- proporcionar altas normas de progreso y medios para juzgar ese avance.
- proporcionar al alumno materiales amplios que tengan significado para éste.
- transmitir valores a sus alumnos.

Los valores en la enseñanza universitaria

Existen al menos tres requisitos que facilitan al maestro, transmitir valores a sus estudiantes:

- la creencia de que todo maestro tiene influencia sobre sus alumnos.
- el compromiso bien definido del maestro con sus propios valores personales.
- la simpatía personal.

El maestro que tanto demuestra como enseña un enfoque abierto y de reflexión hacia los valores, es el que da al alumno la capacidad de desarrollarse en forma libre. Esto le permitirá mejorar la comprensión sobre



Figura 2. PARQUE NACIONAL CHIRRIPO, San José.

- no conocen a sus alumnos.
- no saben en forma precisa lo que quieren lograr en el aula.
- su enseñanza carece de una comunicación apropiada y sus evaluaciones no tienen significación ni aplicación.

Robert Wilson (1975), demostró que, según opiniones de los estudiantes, los maestros efectivos son los que demuestran un mayor compromiso con la enseñanza; se esfuerzan por dar lecciones interesantes empleando analogías. Narraciones de problemas diarios o ejemplos. Estos tienden a conversar con sus alumnos sobre variedad de asuntos contemporáneos e importantes; interactúan con los alumnos fuera del aula, estimulan los valores y los métodos de investigación académica.

FUNCIONES DE LA ENSEÑANZA EN LA UNIVERSIDAD

Paul Dressel, realizó estudios a nivel universitario y determinó algu-

"No soy maestro de nadie; soy discípulo de todos".

Borges

Lo que los estudiantes hacen y creen, depende en mucho de su actitud, de su filosofía y de los juicios de valor.

sus propias creencias y su forma de juzgar. También le permite aumentar su capacidad de relacionarse plenamente con el mundo que le rodea.

La integridad y la honradez son fundamentales para poder gobernar toda sociedad civilizada. También lo es la tolerancia, la objetividad, los valores cívicos, la humildad, la empatía, la benevolencia, la mentalidad abierta, la mesura, el discurso lógico, el pensamiento independiente, la responsabilidad, la participación en el proceso democrático y la dedicación al bien común. En el grado en que se pongan en práctica estos valores se determinará la calidad de una sociedad. La universidad, como parte fundamental de la sociedad debe propiciar que estos valores sean transmitidos a sus alumnos. Todo educador implícita o explícitamente debe dedicarse a la comunicación de valores y es necesario que estén conscientes de su elección. No se trata de una imposición de valores determinados, sino la elaboración de un pluralismo y la formación de elementos comprometidos con la ética. Esta forma de actuar debe desplazar el monismo de la indiferencia. No hay necesidad de encontrar mejores valores sino de mantener la fe en los valores que ya se poseen y de darle vida en nuestras instituciones.

Una de las mayores fallas de la educación superior, según Steven Müller, es no atender suficientemente las necesidades del alumno en cuanto a los valores y los problemas éticos (Müller, 1980).

CONCLUSIONES

1. La comunicación es esencial en cualquier proceso educativo, pero ésta toma relevancia en la enseñanza universitaria.

Para que el proceso de comunicación profesor-alumno se dé, el primero debe propiciar confianza, orgullo por su profesión, pero a la vez debe imponer respeto. Los contactos dentro y fuera del aula deben ser frecuentes y respetuosos.

2. El profesor debe, como mínimo, ser un profundo conocedor de la materia que imparte. Además, debe conocer los aspectos tocantes al proceso de enseñanza-aprendizaje. Por lo tanto debe: organizar sus lecciones para facilitar este proceso, propiciar una relación dinámica con sus estudiantes y motivar a éstos a aprender por su propio interés.

3. La utilización de métodos idóneos es función clave de los profesores universitarios.

4. El fracaso universitario puede deberse a que el profesor no conoce profundamente a sus estudiantes, no sabe que desean lograr en el aula ni cómo lograrlo. No elaboran buenos exámenes ni propician un ambiente adecuado para la enseñanza.

5. La transmisión de valores es una función clave para los universitarios de hoy día. La ética es la guía que debe orientar al profesor universitario. El hombre debe conocer qué actos debe conocer y qué actos debe imitar para realizar su vida de un modo digno, noble y justo.

RECOMENDACIONES

1. En la organización de la enseñanza debe tenerse en cuenta que la comunicación por parte del profesor con sus alumnos debe ser clara y precisa. Para lograrlo debe tener una identificación clara de los objetivos que pretende alcanzar en el curso. Debe dominar ampliamente los conocimientos a transmitir y la secuencia en que éstos deben desarrollarse.

2. El profesor debe saber como medir y evaluar a sus estudiantes. En este sentido debe distinguir la diferencia entre uno y otro término y conocer algunos principios fundamentales que regulan este proceso. Para la elaboración de prue-

bas debe como mínimo: elaborar un cuadro de balanceo, escoger el tipo de pregunta que se ajuste al conocimiento impartido, evaluar en diferentes categorías el aprendizaje y realizar un análisis de los resultados.

3. La motivación es una de las labores fundamentales que todo profesor debe propiciar, no solo al inicio del curso, sino cada vez que tiene que compartir con sus estudiantes. Para ello, la participación estudiantil y las relaciones entre iguales son factores que tienen relación directa con los resultados que espera obtener el profesor.

4. En la planificación de un curso, se debe tener presente que por lo general, en la educación superior se integran cuatro niveles de comportamiento: la memoria selectiva, la clasificación, el uso de reglas y la derivación de éstas. Para lograr esa integración debe tener presente los siguientes pasos:

- identificar las necesidades y objetivos en relación con la materia a estudiarse.
- determinar un modelo de adquisición de conocimientos.
- definir el empleo de reglas para la organización del curso.
- elaborar la secuencia en que se deben organizar los conceptos a impartir y operacionalizar el esquema de los contenidos.

5. Uno de los elementos más importantes de la planificación para la enseñanza es la elección de los objetivos del curso. Los objetivos determinan los contenidos, los métodos de instrucción, las actividades de los alumnos y la evaluación del aprendizaje.

Para esta labor no solo se debe tomar en cuenta el tipo de curso, sino el perfil del graduado, los objetivos de la Escuela, de la Facultad, de la Universidad y de la sociedad. Estos objetivos deben señalar los cambios que se desean obtener con el aprendizaje.

6. Para planificar un curso éste debe iniciarse con una serie de análisis de los objetivos a proponer, de los

materiales a utilizar, de los métodos y técnicas a usar, de la relación de la asignatura con el plan de estudios y la forma en que éste se evaluará.

En general, en la elaboración de un curso deben incluirse: objetivos, temas por desarrollar, metodología a aplicar para cada uno de los temas, cronograma de actividades, tareas individuales y de grupo, forma en que se evaluará el mismo y una referencia bibliográfica básica.

7. Entre las formas de enseñanza universitaria que se aplican con buen resultado se tiene: la simulación, el método de casos, la discusión en grupos sin maestro, la educación a distancia, la enseñanza que enfatiza el papel del alumno, la discusión guiada por un maestro, la secuencia retórica de preguntas y respuestas, la conferencia, etc. Es un hecho que los métodos activos centrados en el alumno, superan en eficacia a los pasivos centrados en el profesor. También se pueden citar los principios que Alice Worsley (1975) describió, para mejorar la enseñanza universitaria:

- es más fácil comunicarse en grupos pequeños que grandes.
- los alumnos necesitan algún tiempo para pensar antes de hablar.
- los alumnos sienten menos inhibiciones al hablar con sus semejantes que con una autoridad.

- los alumnos están acostumbrados a estar en situaciones de diálogo en las que hay libertad de expresar su opinión o crítica.
- el alumno necesita saber que su opinión tendrá el respeto de los demás.
- los alumnos se entusiasman por diálogos que tienen que ver con su vida y sus inquietudes.
- los estudiantes no siempre están preparados para el diálogo.
- el ambiente físico influye sobre la dinámica del diálogo.

8. La motivación es un factor que crea el deseo. Los alumnos encuentran la motivación en muchos estímulos pero debe tenerse en cuenta que: la seguridad, la aceptación, la autoestima y la realización son necesarios para propiciar motivación.

Un ambiente de enseñanza sin amenazas promueve la seguridad y la aceptación.

La realización también se promueve por medio de la independencia, la creatividad, el respeto de los demás y el prestigio.

El buen profesor debe inculcar seguridad, aceptación, superación y realización. Para ello debe promover actividades donde el estudiante pueda poner a funcionar su creatividad, lo mismo que el respeto por lo que hacen sus compañeros, por su libertad y la de los demás, por su independencia de criterio.

En todos los casos el profesor debe motivar adecuadamente y aprovechar la oportunidad propicia para inculcar los valores y los principios que rigen la ética.

Literatura citada

- BORNHEIMER, D., G. BURNS y G. DUMBE. 1972. The Faculty in Higher Education. The Interstate Printers and Publisher.
- CRUZ, G. 1991. Ética, desde el ser hacia el ser más. Aula XXI, Chile.
- DRESSEL, P. 1991. College and university curriculum. Mc Cutchan Publishing, U.S.A.
- EVANS R., R. SMITH y R. COLVILLE. 1962. The University Faculty and Educational television, hostility, resistance and change. University of Houston, USA.
- GAFF, J. 1975. Marking a difference: the impacts if faculty. The Journal Higher Education.
- MÜLLER, S. 1980. Universities are turning out highly skilled barbarians. News and world report, USA.
- REDEFER, F. 1975. To teach youth better. Improving College and University teaching.
- ROUSH, O. 1989. Estrategias para una enseñanza efectiva. USIA, New México.
- WILSON, R. 1975. College professors and their impact on students. John Wiley and sons.
- WORSLEY, A. 1975. Improving classroom discussions: ten principles. Improving College and University teaching.
- YEPES, L. E. 1993. Vivir, un arte mayor. Colombia. Texto para ilustraciones



Figura 3. INSTALACIONES DE ANAI, Shiroles, Talamanca.

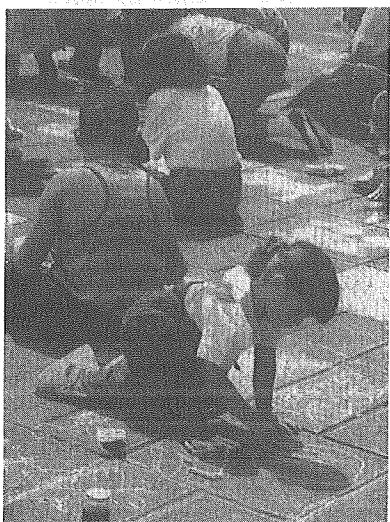
Fundación de Educación Ambiental FUNDEA



FUNDEA es una institución sin fines de lucro que se rige por normas de la Ley General de Fundaciones del Gobierno de Costa Rica, creada el 8 de Octubre de 1984. Su objetivo primordial es concientizar a la población costarricense sobre el papel de la conservación del medio, a fin de que se adquiera una nueva actitud respecto al uso de los recursos naturales y culturales. Impulsamos una acción efectiva y participativa en la solución de los actuales problemas y un aprovechamiento sostenible de los recursos naturales del país.

En el año de 1993 FUNDEA hizo la donación de 500 bibliotecas a escuelas y colegios, gracias al apoyo de la empresa privada, la cual ha ido tomando conciencia de la educación ambiental en nuestro país. Además más de 3000 niños han participado en talleres de Creatividad Infantil de la Cultura. También se montó el video "Fuego y Vida" con su respectiva guía.

La meta de FUNDEA es forjar una adecuada educación ambiental, en todos los niveles, pero sobre todo en aquellos que tienen a su cargo niños, quienes ocuparán nuestro lugar en la tierra y nos agra-



decernán el haber detenido la acelerada destrucción de los recursos; recursos que le pertenecen a todos los seres humanos y que deben disfrutar las futuras generaciones.

Educación ambiental es algo que va más allá del aula, es una filosofía de vida, es un cambio de actitud integral a través del cual nos damos cuenta que pertenecemos a esta Tierra.

FUNDEA está constituida por funcionarios ad-honorem:

Dr. Rolando Mendoza Hernández
Presidente

Dr. Carlos E. Valerio Gutiérrez
Vice-Presidente

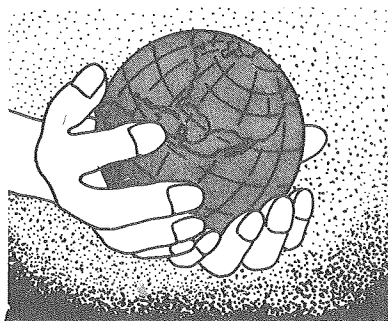
Msc. Estrella Guier Serrano
Secretaria

Lcda. María Eugenia Zuñiga Chaves
Tesorera

Sr. Luis Ballester Mora
Vocal

Para mayor información llamar al teléfono 221-0185, Fax 222-4580, o escribir al apdo. 1250-2050 San Pedro de Montes de Oca.

VI Seminario Regional de Ciencias Ambientales



Este seminario se llevó a cabo en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, el 16, 17 y 18 de noviembre de 1994, promovido por la Academia Regional de Ciencias Ambientales (ARCA), Zona V, de ANUIES, conformada por 7 universidades de la zona central del país, de los estados de Morelos, México, Guerrero, Hidalgo, Tlaxcala y Querétaro.

OBJETIVOS

En este seminario participaron todas las instituciones de educación superior de México, exponiendo los avances más re-

cientes en torno a problemas ambientales comunes en el aire, agua y suelo; así como, el impacto de la contaminación sobre la salud, flora y fauna. Además se pudieron incluir los trabajos sobre tópicos de educación y legislación ambiental.

TEMAS

El seminario ARCA de 1994, trató los temas ambientales que aquejan a México, con la finalidad de intercambiar experiencias, conocimientos y unir esfuerzos en la búsqueda de opciones de solución al deterioro ambiental a través de investigaciones conjuntas, tanto individuales, como multidisciplinarias y/o interinstitucionales.

Los temas tratados fueron:

- Salud ambiental
- Agua
- Aire
- Suelo
- Educación ambiental
- Normativa y derecho ambiental
- Tecnología ambiental
- Impacto ambiental
- Manejo y disposición de desechos sólidos, tóxicos y/o peligrosos
- Tratamiento de afluentes industriales y procesos mixtos
- El hombre y el ambiente

INFORMACIÓN:

MSc. María Laura Ortíz Hernández
Presidenta ARCA
Laboratorio de Investigaciones Ambientales,
Universidad Autónoma del Estado de Morelos,
Av. Universidad 1001,
Col. Chimalpa, C. P. 62210

CEPRONA:
Campaña de Reciclaje

César Castro
Escuela de Ciencias Exactas y Naturales, UNED

ANTECEDENTES DEL PROYECTO

Dentro de la Estrategia Mundial Para la Conservación se incluye el manejo adecuado de los desechos ordinarios y especiales, con el fin de ahorrar energía y proteger el medio ambiente. Este aspecto es parte importante de los planteamientos de conservación mundial, por ejemplo la Cumbre de la Tierra, de las Naciones Unidas y del documento "Cuidar la Tierra", de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, UICN.

En los países industrializados el reciclaje de materiales ha alcanzado gran desarrollo en los últimos años. Mientras que en los países latinoamericanos apenas es incipiente esta actividad.

En Costa Rica, existe un mercado para el reciclaje de materiales, especialmente papel, vidrio, metales y plásticos. Sin embargo, la actividad del recuperado de residuos reciclables presenta un carácter informal y desorganizado.

En 1991 se formuló el Plan Nacional de Manejo de Desechos, con la cooperación de la Agencia Alemana GTZ, y el aporte de varias instituciones. Este plan tiende a fomentar acciones para la minimización de desechos y el desarrollo de iniciativas para el recuperado y el reciclaje de materiales.

Dentro de este marco la Fundación CEPRONA realizó el Plan Piloto "CAMPAÑA DE RECICLAJE EN GUADALUPE" efectuado desde diciembre de 1991 a mayo de 1992. Debido al éxito alcanzado durante este lapso, la campaña ha continuado hasta el presente con la participación activa de varias comunidades del Cantón de Goicoechea.

Desde sus inicios esta campaña ha tenido una respuesta positiva de las comunidades y de algunas instituciones y empresas lo que ha permitido demostrar la factibilidad de la realización de proyectos comunitarios de recuperación de desechos sólidos reciclables.

El manejo inadecuado de los desechos sólidos, especialmente en áreas urbanas, constituye un serio problema con implicaciones de orden socio-económico, ambiental y de salud comunitaria. Un alto porcentaje de éstos residuos son reciclables y al no ser recuperados en su fuente de origen provocan la contaminación y el deterioro de los ecosistemas ya que, por ejemplo sólo los materiales plásticos tardan aproximadamente 500 años en descomponerse.

OBJETIVOS DEL PROYECTO

Objetivo general

Consolidar un Sistema comunitario de recuperación de desechos sólidos reciclables autosuficiente y en funcionamiento, que sirva como modelo demostrativo para la Gran Área Metropolitana, GAM.

Objetivos específicos

Lograr que a los dos años del proyecto, el Sistema Comunitario de Recuperación de Desechos Sólidos Reciclables alcance una cobertura de operación para el

ochenta por ciento de la población en el área geográfica del Cantón de Goicoechea, Provincia de San José.

Lograr que al término de los dos años del proyecto, al menos el cincuenta por ciento de la población del Cantón de Goicoechea practique la separación y el recuperado de materiales reciclables en la fuente generadora de los mismos.

Alcanzar el volumen de recuperación de materiales reciclables requerido para asegurar la autosuficiencia del Sistema, al término de los dos años de iniciado el proyecto.

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En Costa Rica no existe una cultura para el manejo adecuado de desechos. No hay una percepción del impacto ambiental que produce la disposición incorrecta de lo que normalmente se conoce como la basura. Esta situación se da desde el núcleo familiar, las oficinas, industrias y establecimientos comerciales, lo que se agrava por la carencia de programas educativos en materia ambiental.

Según lo presenta el informe final del Plan Nacional de Manejo de Desechos (PNMD)* las causas principales del recuperado no organizado y no sistemático son:

- La legislación y la reglamentación en cuanto al reciclaje es incompleta.
- La gestión de los desechos por parte de las municipalidades es inapropiada.
- No existe motivación ni cultura del reciclaje.
- No hay conciencia en la ciudadanía de la relación entre los desechos, el ambiente y la economía familiar y nacional.
- Es poca la población con conciencia y hábitos de reutilización y de separación en la fuente originaria de desechos.

El cantón de Goicoechea representa la realidad de la Gran Área Metropolitana ya que no existe planificación adecuada ni la organización requerida para la gestión técnicamente eficaz de los desechos sólidos. Los residuos generados son recolectados sin ninguna separación en la fuente y tanto los desechos sólidos biodegradables, como los sólidos reciclables son transportados en camiones compactadores hacia el vertedero semi-controlado de Río Azul donde, mezclados, se disponen finalmente.

Ante tal situación Goicoechea reúne una serie de características que propician la realización de un proyecto comunitario para el manejo adecuado de desechos.

JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El sistema comunitario de recuperación de desechos constituye una solución eficaz para el problema del inadecuado manejo de los desechos sólidos reciclables en Goicoechea. Ofrece la modalidad de campaña sostenida, intensiva y extensiva, de carácter educativo no formal o comunitario. Esta campaña produce la participación directa de las comunidades en la separación y la recuperación en la fuente de desechos sólidos reciclables; también produce una nueva percepción ambiental en la población.

El aspecto fundamental del Sistema es la proyección educativa ambiental, esto se realiza con talleres, charlas y seminarios. Lo anterior genera una cultura del reciclaje en la población mediante acciones locales de efecto demostrativo y multiplicador en otras áreas urbanas.

Otro aspecto básico del sistema es el proceso de recuperación de materiales reutilizables y reciclables mediante una serie de actividades de sus distintas fases: Recolección, Transporte, Almacenamiento, Clasificación y Comercialización. Este proceso asegura que un alto volumen de residuos sólidos reciclables sea rescatado de la corriente de lo que comúnmente se percibe como basura, siendo debidamente aprovechados en la industria como materias primas.

Para el desarrollo del sistema comunitario, la Fundación CEPRONA tiene como respaldo jurídico la Ley # 53905 del 30 de octubre de 1973, "Ley General de Salud" que regula la gestión de desechos. El fin de ésta normativa es evitar la contaminación del aire, del suelo y de las aguas. Esta misma Ley en su artículo 280 atribuye a las municipalidades la competencia en materia de recolección, acarreo, disposición final de desechos, limpieza de caños, acequias y vías públicas. Además, se establece claramente que para realizar éstas tareas las municipalidades pueden delegarlas a empresas particulares.

Asimismo, existe el Decreto Ejecutivo # 1904915 del 20 de junio de 1989 "Reglamento sobre manejo de basuras". Este reglamento procura regular todo lo concerniente al manejo de desechos y residuos sólidos, incluyendo las actividades de almacenamiento, transporte y recuperación de materiales.

BENEFICIOS GENERADOS POR EL PROYECTO

Beneficiarios directos

El proyecto genera 12 fuentes de empleo directo. Asimismo se capacitará a 15 miembros de la comunidad como microempresarios del recuperado formal de desechos sólidos reciclables y reutilizables. Ellos, tendrán acceso directo a instrumentos necesarios para la actividad del recuperado, en calidad de miembros asociados del Sistema. Además ellos venderán los volúmenes de desechos que recolecten a la Fundación CEPRONA. Esto significa un total de veintisiete familias costarricenses beneficiadas directamente.

Este proyecto constituye por sí mismo un modelo de organización en el cual la actividad del recuperado es un medio de subsistencia y de trabajo diario para un grupo de personas de bajos recursos. Una vez establecido el Sistema Comunitario en Goicoechea, el modelo podrá ser aplicado en otros cantones de la Gran Area Metropolitana (G.A.M.). Así se logra el efecto demostrativo y multiplicador para otras poblaciones, fomentando el desarrollo de microempresas familiares de recuperado de desechos sólidos reciclables y reutilizables. Asimismo, el proyecto puede servir de modelo para efectuar otras experiencias similares en el área centroamericana.

El proyecto constituye una especie de criadero de microempresarios recuperadores de materiales reutilizables y reciclables, pues fomenta el desarrollo de actividades del recuperado.

Beneficiarios indirectos

Los excedentes económicos obtenidos mediante la comercialización de los materiales recuperados se destinan al beneficio de los diversos sectores de la comunidad en la siguiente proporción:

- 20 % para un fondo de apoyo a los recuperadores asociados al Sistema.
- 25 % compra de materiales reciclables y reutilizables a comunidades de escasos recursos.
- 20 % actividades de educación comunitaria en manejo ambientalmente adecuado de desechos.
- 10 % donaciones a centros educativos y de salud comunitaria.
- 25 % fondo de reserva para el autosostenimiento del Sistema.
- 100%

IMPACTO SOCIAL, ECOLÓGICO Y ECONÓMICO DEL PROYECTO

El proyecto incide positivamente en los siguientes aspectos:

1. Ayuda a la conservación del medio ambiente.
2. Reduce el consumo de energía en el proceso de extracción de materias primas y en la elaboración de nuevos productos.
3. Ahorra materias primas provenientes de minas, recursos naturales no renovables en el futuro.
4. Ahorra divisas destinadas a la importación de materias vírgenes.
5. Reduce considerablemente los costos por servicios de recolección, transporte y disposición final de basuras en que incurren los municipios.
6. Aumenta la vida útil de los rellenos sanitarios.
7. Educa a la comunidad en el manejo responsable de los desechos para la mejor calidad de vida de la población.
8. Genera fuentes de empleo a grupos de bajos recursos.
9. Apoya obras de beneficio social en las comunidades.

DURACIÓN Y LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

Este proyecto se ejecutará durante un período de 24 meses (2 años), de octubre 1994 a octubre de 1996. A partir del segundo año el sistema será autosuficiente.

El Sistema Comunitario de Recuperación de Desechos Sólidos Reciclables se desarrolla en la localidad del Cantón de Goicoechea, en la provincia de San José, ubicado en la región urbana central de la Gran Area Metropolitana (GAM).

Este Cantón está dividido en siete distritos: Guadalupe, San Francisco, Calle Blancos, Mata de Plátano, Ipís, Rancho Redondo y Purral. Esto distritos en conjunto equivalen a una población total de 106,595 habitantes para una densidad promedio de 3.384 hab/km², distribuidas en 45 áreas residenciales, caseríos o urbanizaciones.

Goicoechea tiene un área geográfica de 31.5 km². Sus principales límites naturales son los ríos Torres, Tiribí, Durazno, Ipís y las quebradas Barreal y Patal. Este

Cantón colinda con los cantones de San José, Montes de Oca, Cartago, Vásquez de Coronado y Moravia.

También, ésta localidad presenta un alto desarrollo urbano industrial y comercial. En la actualidad existen aproximadamente unos 3.000 establecimientos empresariales de diverso tamaño. De ésta manera Goicoechea constituye un ejemplo típico de un cantón urbano de la Gran Area Metropolitana (GAM).

PRODUCTOS / RESULTADOS PREVISTOS

1. Personal técnico contratado y capacitado.
2. Plan Operativo del Sistema detallado / incluye sistema de seguimiento y evaluación del proyecto.
3. Infraestructura instalada y en funcionamiento / centro de recolección, maquinaria y equipo para el proceso de recuperación de materiales reutilizables y reciclables.
4. Personal operativo de planta contratado y capacitado.
5. Un estudio socio-económico de la población de Goicoechea.
6. Un diseño de rutas para la operación del Sistema.
7. Un análisis de la composición física de los desechos sólidos generados en el cantón de Goicoechea.
8. Un diseño de campaña educativa comunitaria en manejo de desechos / incluye información general, educación informal y no formal.
9. Una campaña educativa comunitaria en manejo de desechos en operación / con cobertura para la población total de Goicoechea.
10. 15 jefes de familia miembros de la comunidad de Goicoechea capacitados como recuperadores formales asociados al Sistema Comunitario de Recuperación de Desechos Sólidos Reciclables.
11. 100 líderes de diferentes sectores sociales de la comunidad de Goicoechea capacitados como promotores del Sistema.
12. El valor de los desechos sólidos reciclables recuperados mensualmente supera los costos mensuales de operación Sistema.

COMERCIALIZACIÓN DE LOS MATERIALES RECICLABLES

La última etapa del proceso es la comercialización ó venta de los materiales recuperados. El transporte de cada material, (papel, plástico, vidrio o aluminio) a las industrias recicladoras se llevará a cabo en uno de los dos camiones. Esta fase del proceso es lo que asegura la rentabilidad del Sistema a corto, mediano y largo plazo pues permite ingresos mensuales suficientes para su auto-sostenimiento y para generar los beneficios esperados del Sistema.

ACTIVIDADES DEL PROYECTO

1. Seleccionar, reclutar y capacitar al personal técnico.
2. Diseñar el Plan Operativo del Sistema.
3. Diseñar, ubicar y construir Centro de recolección.
4. Realizar un estudio socio-económico de la Población de Goicoechea.
5. Realizar un estudio de la composición física de los desechos sólidos generados en Goicoechea.
6. Seleccionar, reclutar y capacitar al personal de planta.
7. Adquirir e instalar maquinaria y equipo.
8. Diseñar una campaña educativa comunitaria en manejo de desechos sólidos reciclables.
9. Producir dos audiovisuales sobre el manejo adecuado de materiales sólidos reutilizables y reciclables.
10. Iniciar e implementar proceso de recuperación comunitaria de desechos sólidos reciclables.
11. Realizar seis seminarios de capacitación para líderes comunitarios como promotores del Sistema.
12. Realizar dos talleres de capacitación para preparar 15 recuperadores formales de materiales sólidos reutilizables y reciclables.

Basándose en estas normativas, la Fundación Ceprona ha establecido un convenio de cooperación con la Municipalidad de Goicoechea con el fin de especificar los lineamientos básicos de operación del Sistema Comunitario, así como las responsabilidades y coordinación entre ambas partes. El proyecto por lo tanto tiene definidos tres actores:

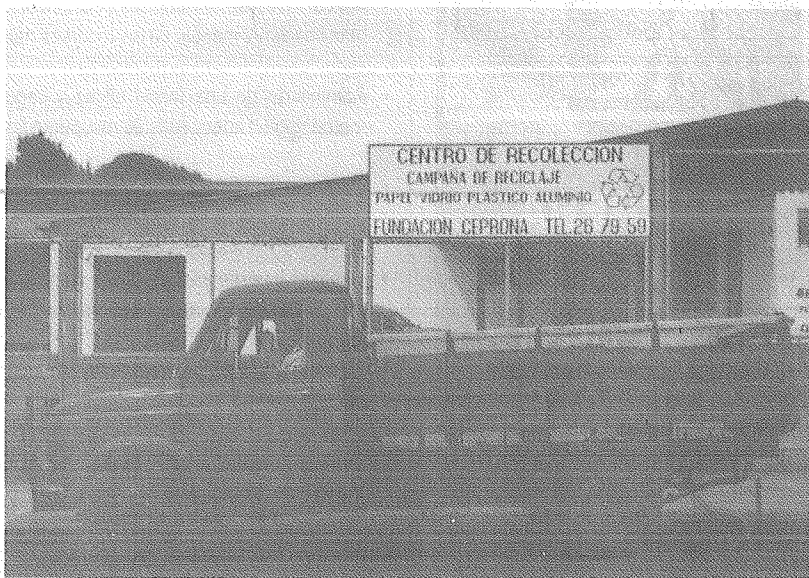
1. La Comunidad del Cantón de Goicoechea, participando activamente en la separación de desechos sólidos reciclables y reutilizables desde la fuente de origen y obteniendo beneficios del Sistema.
2. La Municipalidad de Goicoechea, como institución oficial que continúa recolectando los desechos ordinarios sólidos no reciclables y coordinará ña ejecución del proyecto con la Fundación CEPRONA. Esto se establece según acuerdo del Consejo Municipal en sesión ordinaria # 75-94 del 23 de agosto de 1994. La Municipalidad de Goicoechea se verá beneficiada en dos aspectos:
 - a) Reducción de costos de operación del servicio de recolección, transporte y disposición final de desechos. Pues al asumir CEPRONA el recuperado de materiales sólidos reciclables y reutilizables se minimiza el volumen de materiales de la corriente de basura en casi un 35%.
 - b) El proyecto beneficia al cantón en aspectos de ornato, educación ambiental, salud comunitaria y empleo.
3. La Fundación Ceprona como ente ejecutor del proyecto.

Cuadrillas de recolección

Se requieren dos cuadrillas especiales de recolección con dos camiones de tres toneladas, dos conductores y dos operarios. El cálculo del tamaño de los camiones así como del número de cuadrillas requeridas para el proceso de recolección, se realizó de la siguiente forma:

1. Según datos del Plan Nacional de Manejo de Desechos de Cost Rica, 1991, la producción de desechos per-cápita en Goicoechea, es de 0,44 kg / día, o sea, 13,2 kg por persona al mes.
2. Según datos recopilados por CEPRONA en Guadalupe, aproximadamente un 35% de estos desechos son materiales reciclables (papel, vidrio, plástico y aluminio). Esto equivale a 4,62 kg por semana de materiales reciclables al mes (13,2 x 0,35).
3. Tomando una meta de recolección del 50% de la población (aprox. 63000 habitantes) tenemos que ésta produce 291060 kg/mes (63000 x 4,62). O sea 291,06 toneladas al mes, equivalentes a 67,22 toneladas por semana (291,06 - 4,33) y a su vez 13,44 toneladas por día laboral (67,22 -5).
4. De acuerdo a lo anterior la máxima capacidad requerida para ésta población será la recolección de 13,44 toneladas de materiales reciclables por día laboral.

Por lo tanto:
 Total a recolectar: . . . 13,44 ton. al día
 1 viaje de cuadrilla #1 3 ton.
 2 viajes de cuadrilla #2 6 ton.
 Total recolectado = 3 + 6 = . . . 9 ton.
 Así tenemos que: . . 13,44 - 9 = 4,44 ton.
 por recolectar.





CARRERA DE MANEJO DE RECURSOS NATURALES

A partir del primer semestre de 1995 la Universidad Estatal a Distancia amplía su oferta académica con una nueva carrera sobre manejo de recursos naturales.

Esta iniciativa nace a raíz de una necesidad muy sentida de los sectores forestal, conservacionista y ambientalista que luchan por insertarse en las nuevas propuestas de la mayoría de los gobiernos del planeta para proteger el medio ambiente, ya que de lo contrario y de no tomarse las medidas correctivas que el caso amerita, se tendrían que afrontar algunas consecuencias que darán como resultado una serie de efectos adversos a la economía y a la sociedad costarricense como son: la pérdida de la biodiversidad, el desequilibrio de las cuencas hidrográficas, la alteración del paisaje y bellezas naturales, la contaminación de los ríos, la erosión y la pérdida de la productividad del suelo, así como la sedimentación de los embalses hidroeléctricos, canales y ríos.

Se fortalece esta iniciativa con la firma de un convenio entre la UNED y el MIRENEM para aunar esfuerzos entre el gobierno y una institución de educación superior bajo la modalidad a distancia fortaleciendo la capacitación y los programas educativos sobre el conocimiento del manejo y uso adecuado de los recursos naturales.

Se aprovecha la experiencia de la UNED por más de 15 años en educación a distancia lo que facilita el estudio a todas aquellas personas que trabajan en las distantes zonas protegidas del país y proyectos ligados al manejo de los recursos naturales.

Con este programa la UNED toma el liderazgo universitario en la conservación de los recursos naturales brindando a la sociedad costarricense la oportunidad de formar profesionales conscientes de la importancia económica y social que tiene el preservar la naturaleza y procesos en desarrollo en armonía con ella. Precisamente la Institución dentro de sus funciones contempla el ofrecer programas de formación académica en concordancia con las necesidades particulares de cada población usuaria, rompiendo con las barreras del tiempo y del espacio. En ese sentido la carrera se ha estructurado en tres niveles: diplomado, bachillerato y licenciatura, con un plan de estudios que comprende aspectos de educación ambiental, políticas de conservación y producción sustentable.

El programa está dirigido en primera instancia a los técnicos del Ministerio de Recursos Naturales, Energía y Minas. No obstante la oferta es de carácter abierto atendiendo de esta forma las necesidades actuales del país en el campo de los recursos naturales.

El graduado en esta carrera podrá ejercer entre otras, las siguientes funciones:

- Aplicar técnicas de manejo y protección de recursos naturales.
- Participar adecuadamente en la transferencia de información conservacionista a diferentes grupos socioculturales.
- Asistir proyectos de educación ambiental.
- Aplicar mecanismos técnicos y científicos actualizados orientados hacia el logro de una mejor planificación y manejo de los recursos naturales.
- Administrar de una forma eficaz y segura los recursos naturales, con la aplicación de metodologías adecuadas de recuperación ecológica.
- Participar en la elaboración de diagnósticos sobre la problemática ambiental y los procesos de formulación de las políticas nacionales para el desarrollo sostenible.
- Realizar investigaciones en el campo de los recursos naturales con el fin de elaborar propuestas de innovación tecnológica en el rea de conservación y manejo de dichos recursos.
- Elaborar y supervisar estrategias de conservación del medio ambiente para el desarrollo sustentable.
- Evaluar la estructuración de programas de ecodesarrollo que ayuden a la conservación y manejo de los recursos naturales.

PLAN DE ESTUDIOS

CARRERA DE MANEJO DE RECURSOS NATURALES

NIVEL DE DIPLOMADO			NIVEL DE BACHILLERATO			NIVEL DE LICENCIATURA				
BLO- QUE	ASIGNATURAS	CRÉDITOS	BLO- QUE	ASIGNATURAS	CRÉDITOS	BLO- QUE	ASIGNATURAS	CRÉDITOS		
0	1. Técnicas de Estudio a Distancia y de Investigación	3	G	30. Planificación de Áreas Silvestres	3	K	46. Formulación de Sistemas Nacionales de Conservación	3		
	2. Lengua y Literatura	3		31. Introducción a la Computación	3		47. Estrategias Ambientales Mundiales	3		
	3. Historia de la Cultura	3		32. Evaluación Diagnóstica de la Comunidad Rural	3		48. Sistemas Agrosilvopastorales	3		
	4. Perspectivas Filosóficas del Hombre	3		33. Biología de la Conservación	3		49. Impacto Ambiental y Mitigación de Daños	3		
		12			15			12		
A	5. Química General	3	H	35. Administración de Áreas Silvestres	3	L	50. Métodos y Técnicas de Investigación	3		
	6. Laboratorio de Química General	1		36. Formulación de Programas de Educación Ambiental	3		51. Extensión Rural	3		
	7. Biología General	3		37. Infraestructura Básica de áreas Silvestres	3		52. Industria Forestal	3		
	8. Laboratorio de Biología General	1		38. Diseño de Ensayos y Experimentos	4					
	9. Botánica General	3					13			9
	10. Laboratorio Botánica General	1								
		12								
B	11. Zoología General	3	I	39. Planificación y Manejo de Áreas de Amortiguamiento	3	M	53. Formulación, Financiamiento y Evaluación de Proyectos de Conservación	3		
	12. Laboratorio Zoología General	1		40. Recursos Audiovisuales	3		54. Investigación Dirigida	3		
	13. Ecología General	3		41. Monitorio Ambiental	3					
	14. Anatomía y Fisiología Vegetal	3		42. Historia y Políticas Nacionales de Conservación	3					
	15. Inglés Básico	3					12			6
		13								
C	16. Anatomía y Fisiología Animal	3	J	43. Práctica Dirigida	4	TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN			—	
	17. Suelos Tropicales	3		44. Electiva Ciclo Complementario	3	SUB-TOTAL NIVEL DE LICENCIATURA			27	
	18. Geografía Física de Costa Rica	3		45. Electiva Ciclo Complementario	3	SUB-TOTAL NIVEL DE BACHILLERATO			50	
	19. Climatología	3				10	SUB-TOTAL NIVEL DE DIPLOMADO			80
		12				TOTAL NIVEL DE LICENCIATURA			157	
D	20. Historia Natural de Costa Rica	4	SUB-TOTAL NIVEL DE BACHILLERATO		50					
	21. Primeros Auxilios	3	SUB-TOTAL NIVEL DE DIPLOMADO		80					
	22. Electiva:	3	TOTAL NIVEL DE BACHILLERATO		130					
	• Geografía Turística de Costa Rica									
• Biodiversidad e Inventario de la naturaleza										
23. Comunicación Oral y Escrita	3									
		13								
E	24. Fundamentos de Educación Ambiental	3								
	25. Prevención y Combate de Incendios Forestales	3								
	26. Legislación Ambiental	3			9					
		9								
F	27. Montañismo y Orientación en el Campo	3								
	28. Conducción de Grupos en la Naturaleza	3								
	29. Fundamentos de Producción Forestal	3			9					
		9								
TOTAL NIVEL DE DIPLOMADO		80								

NOTA: Eventualmente se ofrecerán cursos electivos sustituibles por otros, con autorización del Encargado de la Carrera como son:

- Economía y Recursos Naturales
- SEMINARIO: Ecodesarrollo y Uso Sustentable

Mariposas Crepusculares

(*Lepidoptera*,
Nymphalidae,
Brassolinae)

Isidro A. Chacón

Crepúsculo: Claridad que hay desde que raya el día hasta que sale el sol, y desde que éste se pone hasta que es de noche. Tiempo que dura esta claridad.

Los Brasólidos son mariposas crepusculares de gran envergadura, hasta 91 mm, que sólo habitan en el Neotrópico. Su ámbito de distribución es desde el sur de México, Centro, Sur América y las islas de Trinidad y Tobago.

De la subfamilia Brassolinae se han encontrado en Costa Rica veinte especies en nueve géneros, estos insectos habitan en todos los bosques desde el nivel del mar hasta los 1800 metros de elevación. Pero su mayor diversidad se concentra en los bosques de elevaciones intermedias, principalmente en la falda atlántica de nuestras montañas como por ejemplo la Reserva de San Ramón, la Fila Carrillo y la montura en el Parque Nacional Braulio Carrillo, la Virgen del Socorro cerca de Cariblanco de Sarapiquí y Tapantí.

Los bosques lluviosos en contadas ocasiones son un dechado de luz y calor, pero la mayor parte el tiempo son oscuros, tienen luz de crepúsculos y por esta razón es muy frecuente observar brasólidos volar en horas que uno no esperaría.

Se reconocen estas mariposas por tener en la superficie ventral de las alas ocelos llamativos, semejantes en el caso de *Caligo* a los ojos de búhos y

lechuzas. Obviamente estos ocelos les permite asustar y despistar a posibles depredadores.

Los brasólidos se alimentan de frutos en descomposición, hongos, secreciones fermentadas de árboles y bejucos, heces de mamíferos y cadáveres putrefactos. Las plantas hospederas de estas mariposas pertenecen a las monocotiledóneas (Arecacea: palmas; Heliconiaceae: platanillas; Musacea: Plátanos, bananos, cuadrados, guineos, etc.; Maranthaceae: Bijagua; Poacea: Zacates, bambúes; Bromeliaceae: Piña, bromelias)

hojas o en el tallo de las plantas hospederas, algunas especies ponen sus huevos en los ápices de las espinas del pejibaye de montaña (*Bactris*).

Los huevos de todos los brasólidos son redondos, lisos o esculpidos, de color blanco y pueden ser puestos en grupos o solitarios.

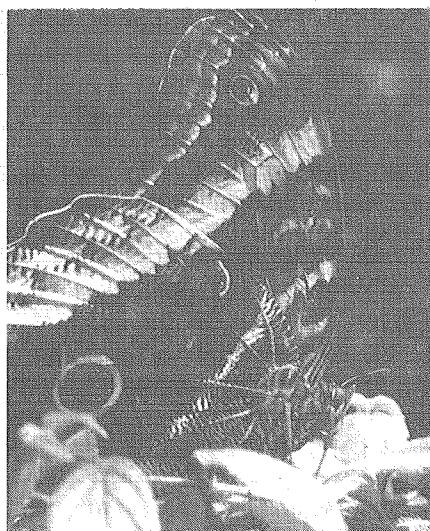
Las orugas presentan llamativos cuernos en la cápsula de la cabeza, estos cuernos pueden ser recurvados o presentar protuberancias, todas las orugas, con excepción del género *Brassolis* presentan cola bifida y pueden tener en el dorso pseudoespinas o ser completamente lisas.

Las orugas tienen en el cuello una glándula reversible que secreta un olor fuerte que es probablemente utilizado para defenderse de hormigas y moscas o avispietas parasitoides.

Las crisálidas varían desde redondeadas y regordetas como en los géneros *Caligo* y *Opsiphanes*, a largas y delgadas como en *Eryphanis*, y hasta parecer una cabeza de serpiente como es el caso del género *Dynastor*.

Algunas especies de estas mariposas son y serán indeseables para los productores de bananos, como por ejemplo de *Caligo eurilochus* y *C. memnon*. Para los que producen cocos y

otras palmas será devastador las larvas de los géneros *Brassolis* y *Opsiphanes* que defolían estas plantas. A estas mariposas los técnicos les llaman especies plaga. Yo, con el perdón del cielo, considero que en este planeta no hay plagas, y la única plaga somos nosotros, los hombres que modificamos el medio ambiente como nos da la gana, para nuestro beneficio, plagamos nuestro país con banales y les brindamos a las mariposas crepusculares un habitat rico en plantas hospederas y frutas para que se nutran y como si eso fuera poco por medio de plaguicidas les eliminamos todos sus enemigos naturales. ¿Cuales son las verdaderas plagas?



Caligo sp.

Los machos de todas las especies tienen unas escamas en forma de pelos, que parecen finos y delicados pinceles llamados androconios, los machos abren estos androconios cual pequeños abanicos, de la base de estos salen aromas que les permiten atraer hembras para iniciar el cortejo y posteriormente la cópula. En otras palabras los pelos androconiales son el perfume, el lenguaje del amor para estas mariposas.

La actividad reproductiva, entiéndase cortejo, cópula y desove, ocurre durante el crepúsculo, las hembras ponen los huevos, dependiendo de la especie, en el haz y envés de las

Orlando Morales Matamoros

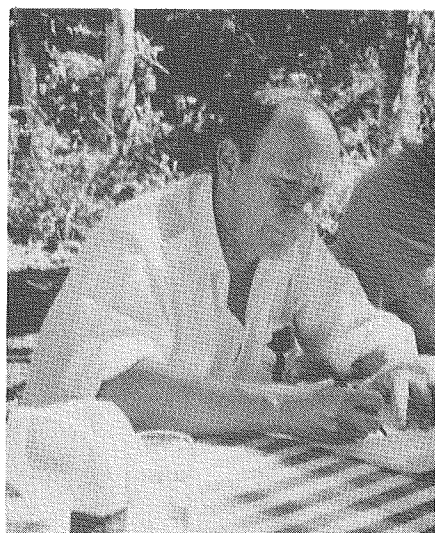
El doctor Orlando Morales Matamoros nació en la Provincia de Alajuela el 22 de noviembre de 1941. Estudió en la Escuela de Biología de la Universidad de Costa Rica, donde fue asistente del reconocido botánico Dr. Rafael Lucas Rodríguez Caballero. Después de licenciarse en Biología, fue seleccionado mediante concurso para realizar estudios de Maestría en la Universidad del Estado de Louisiana, New Orleans, entre 1965 y 1967. Pocos años después obtuvo el título de doctor en ciencias, con la especialidad en fisiología en la Universidad del Valle, en Cali, Colombia.

Se dedicó desde entonces a una gran cantidad de actividades académicas que culminarían con un estudio postdoctoral en la Universidad de California en 1982.

Ha ocupado puestos administrativos de gran importancia en la Universidad de Costa Rica y la Universidad Estatal a Distancia. Fue Director del Departamento de Fisiología (1976-1978), miembro del Consejo Asesor en la Escuela de Medicina (1976-1978). Coordinador de la oficina de Ciencias en la UNED (1978-1981) y Vicedecano en la Facultad de Medicina (1986-1989).

En el campo de la acción social se ha encargado de dirigir el Trabajo Comunal Universitario (TCU) y ha impartido varios cursos libres en la Universidad de Costa Rica. Ha tenido a su cargo la presidencia de la Junta Administrativa del Centro Nacional

de Enseñanza Especial Centeno Güell. También se le ha otorgado la membresía en el Consejo Asesor del Programa de Gobierno del Partido Unidad Social Cristiana. Fue designado Ministro de Ciencia y Tecnología (1990-1994). Fue presidente de la Comisión de Ciencia y Tecnología para Centroamérica y Panamá (CT-CAP). Como presidente de la Fundación Devnet, tuvo a cargo el Sistema Piloto de Información Tecnológica para Centroamérica y Coordinador de la Comisión BID II.



Dr. Orlando Morales Matamoros

Ha tenido una participación importante en el campo de la conservación al ser nombrado ministro de recurso naturales energía y minas (1993-1994) donde destaca su labor tendiente a proteger las humedales costarricenses.

Ha escrito muchas publicaciones científicas en el campo de la Filosofía, textos para la enseñanza universitaria y publicaciones especializadas sobre investigaciones relacionadas con la fisiología de extractos vegetales de la medicina popular. A

participado además en diferentes congresos nacionales e internacionales.

Actualmente dedica su tiempo laboral a las funciones de Director de Investigación en la Universidad Estatal a Distancia, también escribe ensayos sobre sus vivencias y comparte su vida familiar con su esposa la socióloga Yolanda Murillo y su familia.

A parte de estas actividades científicas se ha dedicado también al rescate de la cultura popular costarricense, entre las que sobresale el rescate de los trapiches hidráulicos en las faldas del volcán Poás y Barba.