

**INFORME FINAL**  
**Proyecto de Investigación N° 024-A9-107**

Tramitado por:	<i>Liz</i>
Fecha:	13 ENE 2010
Mediante Oficio EEG -	016-2010

**Empleo de las tecnologías de la información y comunicación (TIC) para fortalecer la enseñanza de la educación ambiental, como eje transversal, en secundaria**

**Sonia María Amador Berrocal**  
**Escuela de Estudios Generales**

**CONDICIONES QUE RIGEN AL PROYECTO:**

**Vigencia:** del 5 de enero del 2009 al 11 de diciembre del 2009

**Presentación de informes:** Final, el 11 de diciembre del 2009

Registrado en el SIP
14 ABR 2010
Por: 11-12-09.

Para efectuar un cotejo entre los objetivos propuestos y los logros de la presente investigación, se transcribe el planteamiento inicial.

**OBJETIVO GENERAL**

Estimular el uso de las tecnologías de la información y comunicación (TIC) entre docentes de la educación general básica y diversificada costarricense, para emplearlas como medios facilitadores de su capacitación en educación ambiental, requerido en el desarrollo del tema transversal *Cultura Ambiental para el Desarrollo Sostenible*, propuesto por el Ministerio de Educación Pública.

**Objetivo específico 1**

Elegir a los docentes participantes, de entre aquellos que demuestren interés en el proyecto, utilizando criterios de selección obtenidos con base en el trabajo de investigación que antecede a la presente propuesta, para asegurar una colaboración idónea de los mismos.

**Metas:**

- 1-Elaborar un documento explicativo de los criterios conducentes a la selección de las instituciones y docentes participantes, redactado para incluirlo parcialmente en la invitación que se cursará a los mismos.
- 2- Entregar personalmente a los directores de las instituciones seleccionadas una invitación impresa, durante conversación motivadora, instándolos a colaborar y a brindar apoyo a los docentes que voluntariamente deseen participar en el presente proyecto
- 3-Entregar una invitación motivadora impresa a los docentes localizados en las instituciones de secundaria seleccionadas
- 4-Seleccionar la muestra de participantes, del listado con datos personales e inquietudes de los docentes que voluntariamente deseen inscribirse en el proyecto.

**Objetivo específico 2**

Investigar entre el grupo de docentes de secundaria seleccionados, el uso que hacen de las TIC, cuáles y cómo las aplican en los procesos de enseñanza-aprendizaje, para diagnosticar el dominio que poseen de las mismas

**Metas:**

- 1-Elaborar un cuestionario para ser respondido por los participantes
- 2-Evaluar a cada docente participante en el manejo de las siguientes TIC: uso de pizarra digital, de correo electrónico, de blogs, de laboratorios virtuales y búsqueda de información en Internet.
- 3-Diagnosticar las fortalezas y debilidades en el uso de las TIC y su aplicación al proceso de enseñanza-aprendizaje, por parte de los profesores

**Objetivo específico 3**

Practicar con el grupo de docentes de secundaria seleccionados, el empleo de las TIC mencionadas anteriormente, para reafirmar su uso adecuado en los procesos de enseñanza-aprendizaje

**Metas**

- 1-Elaborar prácticas empleando las TIC mencionadas anteriormente, desconocidas por los participantes
- 2-Elaborar prácticas para subsanar deficiencias en el uso correcto de las TIC mencionadas.
- 3-Aplicar discrecionalmente ambos tipos de prácticas, a los docentes participantes en el proyecto.

**Objetivo específico 4**

Ofrecer a los docentes diversos contenidos relativos a la temática ambiental, empleando técnicas participativas, por medio de las siguientes TIC: pizarra digital, correo electrónico, blogs, laboratorios virtuales e Internet, para procurar su adiestramiento en educación ambiental.

**Metas**

- 1-Elaborar el material didáctico relativo a temas ambientales, con empleo de las TIC, que se ofrecerá a los participantes
- 2-Grabar un disco compacto con el material relativo a temas ambientales, clasificado por temas, compartido medio de las TIC con los docentes integrados en el proyecto.

**Objetivo específico 5**

Interactuar por medio de las TIC con los docentes participantes, para evaluar la efectividad del proyecto en cuanto a la aplicación de las TIC en la actualización de conocimientos sobre educación ambiental.

**Meta**

- 1-Evaluar en cada participante, por medio de las TIC, tanto sus destrezas en el uso de las mismas, como los contenidos transmitidos para su enriquecimiento en educación ambiental.

**Objetivo específico 6**

Recopilar los criterios de los participantes en cuanto al fortalecimiento de su formación ambiental, para evaluar la efectividad del proceso de enseñanza-aprendizaje en dicho campo, por medio de las TIC.

**Meta**

- 1-Aplicar un cuestionario a cada uno de los participantes, para investigar sus criterios respecto al proceso llevado en la presente propuesta

## Resultados obtenidos

El primer paso consistió en recopilar información pertinente en el Ministerio de Educación acerca de las instituciones educativas existentes en la zona meta y luego visitar una serie de instituciones educativas de Secundaria, públicas y privadas, ubicadas en los cantones de San José, Goicoechea, Vázquez de Coronado, Tibás, Moravia y Curridabat. En dichas visitas se conversó con la persona encargada de la Dirección y con algunos profesores, varios de los cuales ya habían participado el año anterior en el “Diagnóstico de la preparación para impartir educación ambiental, entre profesores de secundaria de Costa Rica” (proyecto N° 024-A8-142, desarrollado por quien suscribe, durante el 2008). En dicha visita se les invitó y motivó oralmente y en forma escrita, a participar en el proyecto, pues al mismo tiempo les fue entregado un documento escrito, explicativo y motivacional, para que ellos pudieran estudiarlo luego (Documento anexo N° 1). Una vez analizados ciertos factores humanos, tales como la calidez del recibimiento que tuvimos y la motivación observada en los potenciales participantes, así como el quipo y disponibilidad del mismo por parte de los docentes, se escogieron 30 profesores para participar en el actual proyecto, con la condición adicional de que pudieran contactarse por correo electrónico (Objetivo específico 1 y sus metas). La muestra quedó constituida de la siguiente manera: 13 profesores de Instituciones públicas y 17 de privadas. Había 11 hombres y 19 mujeres, con edades entre los 24 y los 45 años. Ellos imparten materias muy variadas, a saber: Física, Español, Biología, Ciencias, Educación Física, Artes Industriales y Estudios Sociales, con predominio numérico de estos últimos. Una profesora que se incapacitó en el mes de mayo, desertó del proyecto, de manera que este continuó con 29 participantes. Después de las vacaciones de medio año otro profesor dejó de participar en el proyecto, puesto que caducó su periodo de interinazgo como profesor. De manera que llegaron al final, 28 de los docentes iniciales.

Con la intención de indagar acerca del dominio que poseían de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), así como del uso que hacen de ellas en el proceso de enseñanza-aprendizaje, se les envió un cuestionario vía correo electrónico. Los resultados arrojaron que el grupo de voluntarios usaba sin problemas este medio de comunicación, lo cual condujo a pensar que esa inclinación particular de cada uno de ellos, los había interesado en ser partícipes del proyecto (Objetivo específico 2 y sus metas). Esta consideramos luego, fue una limitante del proyecto, pues elegimos a quienes ya tenían algún conocimiento de las TIC, en vez de seleccionar personas ajenas a las mismas, para adiestrarlas y mejorar su formación profesional. Las prácticas realizadas para corroborar, afinar y en algunos casos enseñar, el uso correcto de diversas TIC, demostraron en poco tiempo que el grupo era fácilmente adiestrable y poseía un dominio bastante amplio de las mismas (Objetivo específico 3 y sus metas). En los contactos virtuales con los participantes, tuvo gran participación el investigador asociado de la UNED (inscrito en el presente proyecto), pues posee amplia experiencia en el uso de técnicas participativas, como la pizarra digital, el correo electrónico, los blogs y laboratorios virtuales, así como de Internet.

Durante las prácticas realizadas, se fueron extrayendo de los participantes, mediante preguntas sencillas, los temas ambientales de mayor interés para ellos. Estos se agruparon en las siguientes categorías:

- Situación actual de las áreas protegidas en el país
- El problema de la basura en el ámbito nacional
- Estrategia nacional para enfrentar el cambio climático
- Biocombustibles y sus posibilidades en el país
- Aspectos históricos del ambientalismo en Costa Rica
- Biotecnología y sus aplicaciones
- Alimentos transgénicos en Costa Rica

Se interrumpió programadamente el contacto con los participantes, entre el 15 de junio y el 15 de agosto, pues en ese periodo ellos finalizaron el primer semestre lectivo, disfrutaron de las vacaciones de medio periodo y retomaron de nuevo las actividades propias del segundo semestre. Mientras tanto se continuó buscando información elaborada en múltiples sitios de Internet, relativa a las categorías ambientales ya anotadas, con la intención de tener el material listo y revisado para reiniciar el intercambio con los participantes. Se seleccionaron gran cantidad de documentos electrónicos (Documento anexo N° 2), que poco a poco fueron enviándose, total o parcialmente, y discutiéndose con los participantes, así como aclarando las dudas surgidas. De los últimos tres temas anotados anteriormente, se decidió producir material, puesto que la información electrónica hallada no se refiere específicamente a los intereses manifestados por los participantes. De manera que un resultado adicional del presente proyecto es la elaboración de tres artículos, dos de ellos publicables en revistas y un tercero que consideramos no publicable, relativo a los alimentos transgénicos, puesto que el tema es una adaptación de otro anterior que ya había trabajado y presentado previamente por la autora, en un proyecto de investigación anterior (Objetivo específico 4 y sus metas). Se adjuntan al presente informe los referidos documentos (Documento anexo N° 3 y Documento anexo N° 4).

El Documento anexo N° 3, que se refiere al tema “Biotecnología y sus aplicaciones”. Deberá ser enriquecido, afinado y adaptado en el futuro, pues se espera incluirlo en una serie de opúsculos que estamos preparando los profesores de la Sección de Ciencias Biológicas de la Escuela de Estudios Generales, como material de texto, para uso de nuestros estudiantes del curso Problemas Ecológicos. Mientras el N° 4, relativo al tema “Aspectos históricos del ambientalismo en Costa Rica”, fue enriquecido y adaptado para su presentación en las XII Jornadas Interescuelas Departamentos de Historia, realizadas en la Universidad Nacional de Comahue, Centro Regional de Bariloche, Argentina, durante los días comprendidos entre el 28 y el 31 de octubre del presente año (Documento anexo N° 5). El artículo elaborado lleva por título, *De los intereses políticos al desarrollo científico en el Neotrópico*.

Las interacciones continuas con los participantes indican que sin la presión ejercida comúnmente por las evaluaciones y con el gusto demostrado que ellos sienten por las TIC, el intercambio ha sido provechoso. Las evidencias conducen a pensar que para los participantes la experiencia ha sido enriquecedora de su formación general y ambiental (Objetivo específico N° 5). Es de esperarse que de alguna manera esta experiencia del educador vaya a reflejarse eventualmente en el proceso de enseñanza hacia sus pupilos.

Pese a los buenos resultados que percibimos, esto no lo hemos podido demostrar, puesto que los mismos participantes solicitaron que la evaluación final del proyecto, basada en la aplicación de un cuestionario, fuese dejada para después del 7 de diciembre, ya que en noviembre se encontraban realizando y calificando exámenes y tareas propias del cierre de las actividades escolares anuales. Por tal motivo, el Objetivo específico N° 6 no se ha demostrado hasta el momento y debido a la calendarización aprobada para el presente proyecto, no se podrá reportar ahora. El cuestionario evaluativo se aplicó en la fecha programada, pero pese a que su procesamiento ya se completó, aún no se han obtenido las conclusiones del mismo. Se espera en el corto plazo completar dicha tarea, así como obtener conclusiones generales de la experiencia realizada, para poder elaborar un documento publicable en alguna revista con temática sobre Educación.

Con este informe que sometemos a evaluación, damos por concluido el proyecto.

## Documento anexo N° 1

San José, marzo de 2009

Estimado(a) señor(a) (ita) profesor (a)

Liceo \_\_\_\_\_

UNIVERSIDAD COSTARRICENSE ESCUELA DE CIENCIAS GENERALES
RECEPCION
11 DIC 2009
HORA: 8:49
RECIBIDO POR: pad

Durante el año 2008 llevamos a cabo un proyecto de investigación, cuyos resultados dejaron expuesto que a pesar de haber declarado el Estado costarricense el tópico Cultura Ambiental para el Desarrollo Sostenible, como uno de los cuatro temas transversales de la educación, en la práctica no se da la esperada *integración de conocimientos, procedimientos, actitudes y valores, que permite un desempeño satisfactorio y autónomo ante situaciones concretas de la vida personal y social*, con respecto a la problemática ambiental que enfrenta la sociedad. Uno de los factores determinantes para tan deficiente resultado es la escasa preparación en temas ambientales que poseen los mismos docentes encargados de desarrollarlos con sus alumnos. De la información recabada en esa investigación, se concluyó que algunos profesores de secundaria están ávidos de conocimientos ambientalistas, anuentes a mejorar su bagaje cultural en este campo, pues reconocen el vínculo entre el tema y la calidad de vida. Otros por el contrario, se encuentran desmotivados al respecto, prefieren ignorar la problemática ambiental y por lo tanto ni siquiera la tratan en sus lecciones, pese a ser de carácter obligatorio para todos, independientemente de la asignatura que tengan a su cargo, según lo ordena la política educativa vigente a partir del año 2005. Aunque ambas posiciones son opuestas, el resultado final es el mismo: en la práctica no se están aprovechando las experiencias previas de los educandos, para desarrollar en ellos la deseada cultura ambiental, pues los docentes no poseen la preparación académica necesaria para inducirlo. A esta situación contribuye el poco entusiasmo y casi total ausencia de estímulo a proyectos ambientalistas, por parte de las autoridades presentes en las mismas instituciones de secundaria. De ahí que resulte necesaria la motivación e instrucción ambientalista, tanto en el ámbito nacional y específicamente en la comunidad, la cual constituye el entorno cotidiano inmediato de los docentes y estudiantes.

Una vía actual para subsanar tales deficiencias, es el uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC). Estas tecnologías tienen las ventajas de ser económicas en tiempo, dinero y se pueden acceder por medio de Internet, además de liberar al educador y al educando, de la sujeción a un horario y aumentar las destrezas en el uso de la computadora. Experiencias previas han demostrado que las TIC permiten simular en forma virtual -que no es real- una variedad muy amplia de situaciones, permitiendo un tipo de aprendizaje que goza de amplia aceptación entre estudiantes universitarios costarricenses. La cantidad de equipos de cómputo, aunque es limitada en los centros educativos del país, ha venido aumentando gracias a un programa oficial, dedicado a proveer de tales equipos a las instituciones educativas públicas. De manera que el uso de las TIC ya está en el medio educativo costarricense y se procura ampliarlo cada año, pues es bien conocida su importancia como herramienta educativa económica, que además facilita la difusión.

Con base en la anteriores consideraciones, se ha elaborado un planteamiento dirigido a docentes de Secundaria, de la Gran Área Metropolitana de Costa Rica, en la Región Central, donde además de ubicarse una parte importante de la población costarricense, se ha detectado la necesidad entre los ciudadanos, de mejorar y difundir masivamente la educación ambiental, destinada a despertar e incrementar el aprecio por la naturaleza y su biodiversidad en procura del bien común.

Para ello hemos tomado en cuenta la Institución en que Ud. se desempeña profesionalmente ya que, la selección de los participantes en el proyecto también considera la existencia de equipo de cómputo en el Centro y posibilidades de acceso al mismo, pues se busca estimular el uso de las TIC, para emplearlas como herramientas didácticas que permitan contribuir al mejoramiento académico de los docentes de secundaria, en el campo ambiental. De esta forma se espera preparar un terreno apto para que eventualmente el profesorado sea capaz de educarse ambientalmente por medio de la modalidad a distancia, o sea adquirir los conocimientos y destrezas que le capaciten para inducir un desarrollo de la cultura ambiental entre el alumnado, sin tener que desplazarse de su propio centro de trabajo.

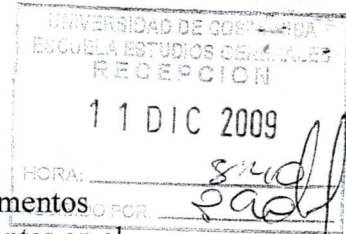
Se espera que los resultados del proyecto sirvan para que el Ministerio de Educación Pública reconozca y tome en cuenta las fortalezas y debilidades en la formación del profesorado, tanto en el campo tecnológico, relativo al uso de las TIC, como en el campo ambiental. Los resultados podrán emplearse como modelo de formación académica con empleo de las TIC, para estimular la implementación de planes remediales en diversas instituciones educativas, destinados a actualizar y enriquecer el bagaje de conocimientos del profesorado.

Nos dirigimos a Ud. para invitarle a participar voluntariamente en esta experiencia, que hemos planeado con rasgos de "chat", la cual esperamos que sea aprovechada de varias maneras: enriqueciendo la cultura ambiental, estimulando el uso de la TIC para educar y facilitando el contacto entre docentes que no se conocen entre si, pero comparten las mismas inquietudes.

Atentamente lo(a) saluda,

M.Sc. Sonia Amador B.  
Escuela de Estudios Generales  
Universidad de Costa Rica

## Documento anexo N° 2



Se anotan a continuación algunos componentes de la larga lista de documentos electrónicos seleccionados en diversos temas, para interactuar con los participantes en el proyecto:

[http://www.nacion.com/In\\_ee/encuestas/unimer/08-2002/encuesta.htm](http://www.nacion.com/In_ee/encuestas/unimer/08-2002/encuesta.htm)

Diagnóstico de valores ambientales entre la población costarricense

[http://r0.unctad.org/trade\\_env/docs/costarica.pdf](http://r0.unctad.org/trade_env/docs/costarica.pdf)

Qué es CONAGEBIO. Por qué hay que consultar a comunidades indígenas

[http://www.conagebio.go.cr/miembros\\_consejo.html](http://www.conagebio.go.cr/miembros_consejo.html)

Miembros de CONAGEBIO

[http://www.unctad.org/trade\\_env/test1/meetings/sanjose/biotecnologia%20y%20bioseguridad.ppt#306,38,Slide 38](http://www.unctad.org/trade_env/test1/meetings/sanjose/biotecnologia%20y%20bioseguridad.ppt#306,38,Slide 38)

Dibujos, diagramas de cómo se produce un transgénico

<http://www.ecoportal.net/content/view/full/56483>

UNP-GEF con proyecto de ley para desaparecer la Comisión Técnica Nacional de Bioseguridad

<http://bloqueverde.blogspot.com/2006/11/ecologistas-piden-analizar-presunto.html>

Arroz contaminado

<http://www.cbd.int/doc/publications/cbd-sustain-es.pdf>

Sosteniendo la vida en la Tierra

[http://www.adnmundo.com/contenidos/ambiente/bioalfabetizacion\\_ma\\_281106.html](http://www.adnmundo.com/contenidos/ambiente/bioalfabetizacion_ma_281106.html)

Alianzas a favor de la biodiversidad

[http://ec.europa.eu/environment/nature/nature\\_conservation/useful\\_info/newsletter\\_natura/pdf/nat20\\_es.pdf](http://ec.europa.eu/environment/nature/nature_conservation/useful_info/newsletter_natura/pdf/nat20_es.pdf)

Biodiversidad

<http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=976016>

Sector Ciencia y Tecnología en CR

<http://www.una.ac.cr/ambi/Ambien-Tico/91/sonia.htm>

Bioalfabetización y multimedios educativos

[http://www.consumer.es/web/es/medio\\_ambiente/urbano/2007/08/06/165702.php](http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/urbano/2007/08/06/165702.php)

Ciudades contra el cambio climático



<http://www.biodiv.org/doc/publications/cbd-sustain-es.pdf>  
El CDB es una estrategia exhaustiva de desarrollo sostenible

[http://www.adnmundo.com/contenidos/ambiente/bioalfabetizacion\\_ma\\_281106.html](http://www.adnmundo.com/contenidos/ambiente/bioalfabetizacion_ma_281106.html)  
Alianzas a favor de la biodiversidad

<http://www.rieoei.org/oeivirt/rie16a01.pdf>  
La educación ambiental y formación del profesorado

<http://www.hacienda.go.cr/centro/datos/Decreto/Decreto%2031648-MEP-MINAE-S-TUR-Ampliar%20alcance%20programa%20Badera%20Azul-Ecolog%C3%ADa-Educaci%C3%B3n.pdf>  
Programa Bandera Azul en instituciones educativas MEP

<http://www.ceducapr.com/perdidabiodiversidad.htm>  
Concepto de biodiversidad

<http://www.biodiversityreporting.org/article.sub?docId=8081&c=Bolivia&cRef=Bolivia&year=2004&date=May%202003>  
Factores que contribuyen a la pérdida de biodiversidad

<http://www.cientec.or.cr/exploraciones/ponencias2006/RobertoRamirez.pdf>  
CR- 2006. Contaminación de aguas subterráneas

<http://www.crid.or.cr/digitalizacion/pdf/spa/doc14401/doc14401-b.pdf>  
Contaminación de aguas en CR. GEO Costa Rica

<http://www.ceducapr.com/perdidabiodiversidad.htm>  
Por qué la humanidad ataca a la biodiversidad

<http://www.fao.org/docrep/u3500s/u3500s08.htm>  
Distribución del bosque tropical húmedo y su importancia

[http://www.bilaterals.org/article.php?id\\_article=6385](http://www.bilaterals.org/article.php?id_article=6385)  
Foro defensa de la biodiversidad en CR con organizaciones comunales

<http://revista.inie.ucr.ac.cr/articulos/3-2007/archivos/ambiental.pdf>  
Aspectos políticos de la educación ambiental

[http://www.aeea.org/doc/Publicidad\\_y\\_CambioClimaticoJornadasEducAmbieGranada](http://www.aeea.org/doc/Publicidad_y_CambioClimaticoJornadasEducAmbieGranada)  
Cambio climático global

<http://www.ae-ea.org/doc/DipticoEducAmbAbril2008.pdf>  
Objetivos y contenidos para formar educadores ambientales en España

<http://revista.inie.ucr.ac.cr/articulos/1-2006/archivos/ambiental.pdf>

La dimensión ambiental en el currículo universitario (CR)

<http://www.educadem.oas.org/documentos/boletin3/valoresyplaneamiento%20costa%20rica>

Transversalidad en currícula del MEP

<http://www.mep.go.cr/CentroDeInformacion/DOC/Espa%C3%B1olIICiclo-182200814715.pdf>

Transversalidad en el MEP

<http://www.latindex.ucr.ac.cr/edu31-1/edu-31-1-05.pdf>

Ventajas y desventajas de usar laboratorios virtuales en educación a distancia: la opinión del estudiantado en un proyecto de seis años de duración

<http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/153/15311206.pdf>

La evolución de la educación ambiental en Costa Rica

<http://www.rieoei.org/oeivirt/rie11.htm>

Presencia de la Educación Ambiental en el nivel medio de enseñanza de los países iberoamericanos

<http://www.desamparados.go.cr/secciongerenciaambiental.htm>

Destino de la basura en Desamparados

<http://www.curridabat.go.cr/secciongerenciaambiental.htm>

La basura en Curridabat

<http://www.alexanderbonilla.com/files/agua/archivo184.htm>

Agua: Tárcoles, el río más contaminado de Costa Rica

[http://www.grupoice.com/esp/ele/manejo\\_cuencas/biblio/folletos/importan.htm](http://www.grupoice.com/esp/ele/manejo_cuencas/biblio/folletos/importan.htm)

La importancia del manejo de la cuenca del río Reventazón

<http://cne.go.cr/CEDO-Riesgo/docs/2655/2655.pdf>

Resumen diagnóstico cuenca Reventazón

<http://www.inbio.ac.cr/pila/pdf/materiales/folleto-divulgativo.pdf>

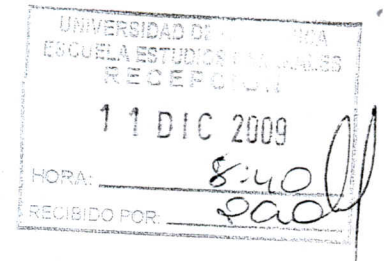
Conservación de la Reserva de la biosfera La Amistad

<http://www.orton.catie.ac.cr/repdoc/a0535e/a0535e.pdf>

Del conflicto a la cogestión del agua en la microcuenca del Río Nimboyores

## Documento anexo N° 3

### Biotecnología y su papel innovador



**Sonia Ma. Amador B.**

### Introducción

El término biotecnología se acuñó en la década de 1970, resultado de los avances en biología molecular, que permitieron a los investigadores intercambiar información genética entre las especies, a voluntad. Existen diversas concepciones de biotecnología, dos de las cuales se anotan a continuación, como una manera de aproximarnos a la serie de aspectos que se debaten hoy día, acerca de esta tecnología de punta. Desde la perspectiva biológica, esta disciplina puede ser entendida como el conjunto de técnicas que permiten modificar los factores hereditarios de plantas y animales vivos, o partes de ellos, para mejorar su eficiencia y productividad (Efferson, 1987). Desde una perspectiva económica se entiende como la aplicación de los conocimientos científicos y tecnológicos a los seres vivos, para la producción de bienes y servicios (Herruzo, 1988). La biotecnología, junto con la microelectrónica y la tecnología de los nuevos materiales, fueron las responsables de la revolución científico-tecnológica del siglo XX y ya se proyecta que la primera alcanzará su máxima influencia durante el siglo XXI, pues posee capacidad para reestructurar desde las relaciones de producción de los alimentos y las materias primas, hasta su comercialización, determinando consecuentemente, nuevos estilos de vida para la humanidad (Mertens, 1990). Las aplicaciones de la biotecnología son muy variadas, en campos tan diferentes como medicina, farmacia, ganadería, agricultura, química industrial, minería y control de la contaminación ambiental, para nombrar unos cuantos. Pero se trata siempre de obtener algún beneficio provechoso para la sociedad, a partir de la utilización de seres vivos o partes de ellos.

Desde la época de esplendor de civilizaciones tan antiguas como la egipcia y la babilónica, se han empleado microorganismos para la producción de cerveza, vino, pan y queso, lo cual implica prácticas biotecnológicas basadas en la fermentación, que aún se siguen aplicando y se catalogan como de primera generación. La biotecnología de segunda generación se caracteriza por el uso de microorganismos para la producción de antibióticos, aminoácidos, vacunas, toxoides y antígenos. Pertenecen a la tercera generación las llamadas "nuevas biotecnologías", que consisten en la aplicación de una serie de técnicas avanzadas, diferentes en gran medida de las tradicionales, siendo esta a la que nos referiremos en adelante con el término genérico de "biotecnología", obviando las prácticas mencionadas que le antecedieron.

Incluir objetivo del texto

### Características de la Biotecnología

La biotecnología es una de las actividades de Investigación y Desarrollo (I+D) de mayor auge en las últimas décadas, que a diferencia de otros desarrollos anteriores, se sustenta en la investigación básica, por lo cual sus avances están estrechamente ligados a los

centros de investigación, casi todos relacionados con universidades. Se destacan en este nuevo desarrollo dos características (Durán y Riechmann, 1998):

- a- el continuo proceso de privatización del conocimiento científico
- b- la reducción progresiva del “periodo de maduración” de los avances conseguidos.

El primero se explica porque las inversiones para innovar en este campo de punta son tan elevadas, que se ven fuera de la competencia las empresas pequeñas y aun los Estados pobres. Los Estados ricos, que al inicio reforzaron sus presupuestos para I+D, poco a poco los fueron reduciendo, pero a la vez adoptaron una actitud permisiva, de “dejar hacer” a las grandes compañías multinacionales, situación que ha conducido a la privatización del conocimiento científico por parte de estas gigantescas empresas. Al amparo de las grandes compañías, los investigadores universitarios establecen convenios de colaboración o bien se organizan en pequeñas empresas que venden al gigante sus productos. Son estos quienes patentan genes y hasta seres vivos, a la vez mantienen oculta, sin publicar, la información científica recabada, esperando su valorización en el mercado.

Debido a las inversiones económicas tan elevadas que exige la investigación biotecnológica, por ejemplo en agricultura, hasta la fecha los cultivos más trabajados han sido aquellos mayormente consumidos en los países desarrollados, como soya, maíz, colza y algodón. Mientras sorgo, yuca, maní y frijoles, de gran consumo en muchos países pobres, apenas se han investigado tímidamente, por la escasez de inversión económica en estos sitios. La FAO recomienda un cambio de estrategia en los programas de investigación, para que también se atiendan las necesidades de los países en vías de desarrollo y evitar que se genere un “brecha molecular” entre las áreas pobres y las ricas del planeta (Lostao y Urbano, 2004). Lo mismo ocurre en el campo de la salud, donde Estados Unidos es el primer país productor de medicamentos biotecnológicos y Reino Unido el segundo, ambos pertenecientes al grupo de países más desarrollados.

Por otra parte, para reducir los costos e incrementar las ganancias, el tiempo que transcurre desde la investigación en el laboratorio hasta la colocación del producto en el mercado, se ha ido acortando cada vez más. Obviamente la velocidad no da tiempo a que se activen los mecanismos de control social sobre el desarrollo científico tecnológico. Como consecuencia también esta veloz generación de conocimientos ha producido un lenguaje complejo y especializado, capaz de crear una brecha comunicacional que dificulta la comprensión de esta nueva especialidad, entre un alto porcentaje de los ciudadanos.

Las aplicaciones del conocimiento biotecnológico son relativamente recientes, pues en 1976 se fundó Genentech en Estados Unidos, la primera empresa dedicada a explotar comercialmente el ADN recombinante. En 1982 fue aprobada en Estados Unidos y Gran Bretaña la venta del primer producto biotecnológico comercial, la insulina humana, obtenido a partir de la introducción en bacterias, del gen humano para la producción de dicha sustancia, por medio de la técnica del ADN recombinante (Rodríguez, 1988).

En términos generales las diversas aplicaciones prometidas por esta nueva disciplina, algunas de las cuales ya han sido liberadas, otras están todavía en espera, han generado tanto esperanzas en su potencial, como dudas acerca de los riesgos que conlleva.

Como actividad comercial, la biotecnología está creciendo rápidamente en el mundo. Ya en el 2003 existían más de 4 300 empresas privadas o cuyas acciones cotizan en la bolsa. La maduración y avances permanentes de esta actividad está generando la fusión de compañías grandes con pequeñas, generando una red de alianzas que tienden a globalizar la

industria biotecnológica, principalmente en los campos farmacéutico y alimentario (Quezada y otros, 2005).

### **Métodos biotecnológicos más comunes**

Entre los métodos biotecnológicos más comunes destacan por su uso frecuente:

**-Cultivo de células o tejidos.** Comprende la regeneración de plantas completas a partir de unas cuantas células iniciales, la reproducción de bacterias que producen alguna sustancia útil, por ejemplo insulina para tratamientos médicos y la fecundación *in vitro* de células reproductivas, como las que se usan en la inseminación artificial del ganado. Esta técnica de cultivo permite la reproducción celular en forma acelerada, de manera que en un periodo corto se obtienen muchas de ellas, por lo que se puede emplear como método de clonación, para reproducir especies de interés comercial. El procedimiento consiste en tomar una porción del meristemo o tejido reproductor asexual de la planta y colocarlo en un medio de cultivo aséptico, con hormonas vegetales. Al reproducirse sus células dan como resultado una masa llamada callo, la cual bajo condiciones adecuadas es capaz de generar una especie de embriones con órganos, semejantes a los que se obtendrían por reproducción sexual, cada uno de los cuales originará una plántula y eventualmente una planta (Segretín, 2009). Dicho método, conocido también como **micropropagación**, es empleado frecuentemente en Costa Rica para la reproducción y venta de guarías moradas.

**-Fusión de células.** De la unión de dos células de distintos tipos, incluso procedentes de diferentes organismos, resulta una célula con información genética procedente de ambos núcleos. Es un método de gran utilidad en el campo de la salud, como en el caso de ratones inyectados con una célula tumoral que debe reconocer su sistema inmune, para estimular la producción de anticuerpos. Dicha reacción ocurre en el bazo del roedor, por lo que el mismo es extraído, para fusionar sus células con otras procedentes de un tumor inmortal cultivado *in Vitro*. El resultado es una serie de células humanas que crecen inmortalmente, poseedoras de anticuerpos, las cuales son empleadas para tratar pacientes con distintos tipos de cáncer (Valladares, 2007).

**-Técnica del ADN recombinante o ingeniería genética, también llamada transgénesis.** Es la unión de fragmentos de ADN procedente de organismos genéticamente diferentes. Dicho proceso fue posible hasta el descubrimiento de las enzimas de restricción, las cuales sirven para cortar moléculas de ADN en sitios específicos. El procedimiento consiste en tratar el ADN deseado con enzimas procedentes de bacterias –enzimas de restricción–, que identifican y cortan el segmento en que se encuentran los genes determinados por el investigador. A continuación se utilizan plásmidos<sup>1</sup>, para que se mezcle su material genético con el fragmento extraído, cuyo resultado es ADN recombinante. Este último se introduce en bacterias, las cuales lo incorporan a su propio genoma, gracias a la función de vector que cumple el plásmido (Campbell y Farrel, 2004). En Argentina por ejemplo, se originaron por esta vía las vacas “Pampa” que producen en su leche hormona del crecimiento humano, la cual es empleada para tratar problemas de enanismo. El gen que produce dicha hormona –procedente de humanos– se insertó tanto en hembras como en machos vacunos, por lo que estos al entrecruzarse produjeron descendencia con el gen ya incorporado (Román, 2004).

---

<sup>1</sup> Plásmido: fragmento circular de ADN que contiene unos cuantos genes y se encuentra en el interior de ciertas bacterias. Actúan y se replican en forma independiente del ADN bacteriano y pasan de unas bacterias a otras. No producen enfermedades pero inducen pequeñas mutaciones en las células (Campbell Farrel, 2004).

## **Biotecnología y biodiversidad**

El manejo biotecnológico está en estrecha relación con la biodiversidad, de ahí que sea importante la revisión de este concepto. Ya que biodiversidad es un término amplio, recordemos que al estar los ecosistemas conformados por especies y las especies por genes, se puede hablar de biodiversidad de ecosistemas, de especies y de genes. Es importante conservar la biodiversidad porque siempre la humanidad ha vivido a costa de especies vegetales, animales y de microorganismos que por ejemplo, nos proveen de comida, madera, cueros, fijan el nitrógeno del aire en el suelo para producir proteínas y generan antibióticos para combatir infecciones. Los ecosistemas contribuyen, entre otras funciones, a eliminar la contaminación de las aguas, del aire, sirven de habitación a los seres vivos y conforman los bosques que colaboran con la oxigenación de la atmósfera y atrapan el agua de lluvia, para evitar inundaciones o para suplirla durante la estación seca. Este conjunto debe preservarse porque permite la existencia de vida en el planeta, inclusive de la especie humana hasta en un 90% y porque se supone que muchos de los beneficios derivados de su presencia, aún no se han descubierto (Gámez, 1997). Por ejemplo, varias especies de microorganismos que hoy día se emplean para producir ciertas proteínas y hormonas con fines terapéuticos, nunca antes se sospechó que podrían emplearse para beneficiar a personas enfermas.

La diversidad biológica del planeta se concentra principalmente en las regiones tropicales, pues entre el 50% y el 80% vive en tan sólo un 8% de la superficie (Gámez, 1997), de ahí que los países ubicados en esta área geográfica, cobren nueva importancia para aquellos interesados en producción por medios biotecnológicos.

Tanto la biodiversidad como sus productos son susceptibles de ser mejor conocidos y mayormente aprovechados, por medio de la biotecnología, que según la Corporación Andina de Fomento –CAF- *abre ilimitadas oportunidades de valorización y por tanto, de desarrollo económico en aquellas regiones ricas en biodiversidad. Mediante la biotecnología ahora es posible conseguir la conciliación e integración entre la conservación de la diversidad biológica a largo plazo y el desarrollo social económico sustentable...* (Quezada y otros, 2005:31).

El planteamiento anterior sería ideal, si no fuera por la crítica más frecuentemente realizada a la protección de la biodiversidad, pues a pesar del gran interés en el mundo de protegerla, la misma Corporación reconoce que *las estrategias dirigidas a preservar las reservas mundiales existentes de recursos naturales de gran diversidad biológica, no siempre han incluido directrices concretas para la utilización comercial sostenible y distribución equitativa de los beneficios derivados de los recursos biológicos. Además los acuerdos para proteger la diversidad biológica y los derechos de propiedad intelectual conexos carecen de mecanismos claros para su operacionalización* (Quezada y otros, 2005:28-29). Dicha crítica se complementa a continuación con el análisis de los bancos de germoplasma.

Actualmente muchas empresas biotecnológicas en busca de biodiversidad recurren a los bancos de germoplasma, a la vez que se preocupan por enriquecerlos y así facilitar el hallazgo de variedades tradicionales y silvestres que mejorar, innovar o simplemente ampliar la colección de productos domesticados desde tiempos ancestrales.

Los bancos de germoplasma son depósitos de colecciones de material genético, principalmente semillas, algunas de plantas silvestres y otras domesticadas, que se conservan en reposo, bajo condiciones controladas de temperatura y de humedad, durante

largos periodos, sin afectarse. De manera que el material resguardado puede hacerse germinar cuando se requiera para investigación científica o para reintroducir en áreas en donde se extinguió.

Las primeras colecciones lograron reunirse allí, gracias a una búsqueda intensa de especies por todo el mundo. Se originaron con la Revolución Verde en la década de 1960, para asegurar la permanencia de la variabilidad genética y contar con bases de datos acerca de la mayor cantidad posible de especies, ya fuesen comerciales o destinadas a la investigación científica internacional. El mantener colecciones de germoplasma en los bancos, deriva ventajas tales como la reproducción constante para mantener la germinación muy activa, la reducción en el costo de mantenimiento, pues existe la posibilidad de evitar pérdidas por ataque de plagas, debido a que se mantienen en condiciones totalmente controladas, así como obviar los problemas causados a las especies por cambios climáticos y por la calidad del suelo (Rodríguez, 1988).

Durante el periodo inicial se esperaba que los resultados de estudios llevados a cabo en estas colecciones de germoplasma, lograran solucionar el problema de la carencia de alimentos en el Tercer Mundo. Casi todos los bancos se ubicaron originalmente en lugares ricos en biodiversidad, es decir en países tropicales pobres<sup>2</sup>, bajo la tutela de los desarrollados (Rodríguez, 1994). Su abastecimiento fue gratuito, en el sentido de que los especímenes –con su riqueza genética- eran simplemente tomados de la naturaleza, pues se consideraban patrimonio de la humanidad. Por tal motivo en los primeros años las colecciones pertenecían al dominio público, sin el menor asomo de privatización. Según Rodríguez (1994), todavía en 1988 el Director del Instituto Internacional de Investigación sobre el Arroz, aseguró que no estaban interesados en patentar variedades de cultivo para obtener ganancias con ellas.

Ya desde finales de los años 70 y principios de los 80, cuando empezó a crecer rápidamente la inversión de capital en compañías biotecnológicas (Amador, 1996), en diferentes países en desarrollo se habían extinguido variedades vernáculas, que únicamente se encontraban representadas en bancos de germoplasma.

Durante la segunda mitad de la década de 1980, se produjeron grandes avances en los métodos biotecnológicos aplicados a muchas de las especies resguardadas en los bancos de germoplasma, gracias al financiamiento de investigaciones, provisto por compañías privadas, productoras de semillas y al apoyo estatal de países desarrollados. Los conocimientos obtenidos han sido y siguen siendo resguardados celosamente como valiosos secretos, por los patrocinadores. Entre los países que tuvieron un crecimiento acelerado de la inversión en biotecnología durante este periodo, figuran: Estados Unidos con un 45% de las compañías especializadas, Reino Unido con el 29% y Japón, Alemania y otros países

---

<sup>2</sup> Entre los primeros bancos de germoplasma se encuentran: Instituto Internacional de Investigación sobre el Arroz (IRRI) en Filipinas, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) en Colombia, Centro Internacional de la Papa (CIP) en Perú y Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) en México. Todos ellos integrados desde 1971 al Consultative Group of International Agricultural Research (CGIAR), el cual fue creado para ayudar financieramente a dichos Centros. Participan algunos países y organismos internacionales como la FAO, el PNUD, el Banco Mundial, el Laboratorio Nacional de Almacenaje de Semillas, de Colorado, empresas privadas como United Brand y Campbell's Soup, entre otras.

Europeos, con el 24%. Únicamente el 2% de las firmas eran de países poco desarrollados (Sittenfeld y otros, 1991).

A inicios de la década de 1990 empezó a divulgarse la idea de aplicar el sistema de patentes a los productos de dicha investigación, pues era necesario recuperar las inversiones tan elevadas de dinero que se hicieron, en mano de obra altamente calificada, así como en infraestructura de laboratorios y cámaras de cultivo, entre otros. Los productos susceptibles de patentar son las nuevas variedades obtenidas, en su gran mayoría vegetales. Esto significa que los beneficiarios del negocio biotecnológico son los países proveedores de dinero y no los propietarios originales de la biodiversidad.

Otra de las críticas es que las innovaciones biotecnológicas han dado origen a variedades vegetales y animales, que por un lado aumentan la diversidad de seres vivos presentes en el planeta, y por otro, hacen posible que esa diversidad de formas de vida pueda ser modificable, según criterios humanos. Esta manipulación es uno de los temas más discutidos en la actualidad, desde muy diversas perspectivas, pues debido a que es tan reciente la introducción de especies nuevas producidas biotecnológicamente, aún se desconocen sus consecuencias, sin embargo desde ya puede asegurarse que la biotecnología impacta a la biodiversidad, así como a las relaciones ecológicas de los seres vivos (Manzanares, 2009).

### **Aplicaciones de la biotecnología**

Es muy amplia la diversidad de campos en los cuales se aplican estrategias biotecnológicas. A manera de ilustración se explican algunas de las más frecuentes y exitosas en los apartados siguientes, así como ciertas críticas de que son objeto.

#### **1- En la salud humana**

Existen en la actualidad una larga lista de medicamentos biotecnológicos como insulina para los diabéticos, hormona del crecimiento para tratar casos de enanismo, eritropoyetina para estimular la producción de glóbulos rojos en pacientes de diálisis y de cáncer, factores de coagulación sanguínea para los pacientes de hemofilia, múltiples vacunas como la de hepatitis B y la de malaria, antibióticos y vitaminas, entre otros.

La mayoría de los medicamentos biotecnológicos iniciales se basaron en el método denominado identificación inequívoca de un individuo a partir de su patrón genético. Este se basa en el uso de enzimas de restricción para cortar las cadenas de ADN tomadas de una célula. Al aplicar una sonda, o secuencia de ADN marcada radiactivamente, ésta se une con algún fragmento de los obtenidos en la quiebra anterior. El fragmento al que se enlace es específico para cada individuo, de ahí que se considere una "huella" de identidad muy confiable. El método es útil en la detección de huellas genéticas asociadas a la probabilidad de contraer enfermedades como Alzheimer, diabetes y cáncer. También su uso está ampliamente difundido en criminología y en pruebas de paternidad, así como en la elección óptima de órganos adecuados para casos de trasplante.

Muchas de las terapias genéticas se dirigen a controlar los genes causantes de la enfermedad, ya sea provocando un aumento de las funciones normales de dichos genes, la sustitución de sus funciones, o más bien la desactivación de las mismas, según el caso. Ese es el tratamiento que se aplica por ejemplo, a ciertos tipos de cáncer y dolencias del corazón.



En la actualidad existe una larga lista de medicamentos biotecnológicos en proceso para tratar enfermedades como asma y artritis reumatoide, por mencionar algunas. También se encuentran en etapa experimental vacunas diseñadas para activar el sistema inmunológico, capaces de combatir el SIDA y algunos tipos de cáncer. Se cree que en el futuro no será necesario esperar a que la enfermedad se presente para tratarla, pues mediante exámenes se podrá detectar la posibilidad de padecerlos y consecuentemente aplicar fármacos preventivos, para evitar su manifestación, de ahí que ya se habla de “enfermos aun no pacientes”(Pharma, 2006).

Los pocos ejemplos anotados anteriormente nos ilustran los nobles ideales de la medicina, de combatir flagelos que atacan a la humanidad y mejorar su calidad de vida, con los cuales todos estamos de acuerdo. Por tal motivo, la biotecnología aplicada al campo médico es muy bien vista y se albergan grandes esperanzas en este tipo de investigaciones. Pero simultáneamente surgen interrogantes y debates moralistas derivados del manejo biotecnológico en este mismo campo, respecto a planteamientos como el de células madre y el proyecto genoma humano, que han encontrado oponentes por sus futuras consecuencias tales como: la clasificación de la especie humana por sexo, defectos genéticos, enfermedades de transmisión genética o que se puedan desarrollar, las posibles catástrofes ecológicas por la liberación incontrolada de algunos organismos empleados como armas biológicas y los efectos secundarios, aun desconocidos, derivados de productos farmacológicos.

**Cuadro N° 1**  
**Mercado de algunos productos biofarmacéuticos en el año 2001**

<b>Producto</b>	<b>Indicación</b>	<b>Dólares (millones)</b>
Eritropoyetina	anemia	6 803
Insulina	diabetes	4 017
Factores de coagulación	hemofilia	2 585
Interferón beta	esclerosis múltiple, hepatitis	2 087
Interferón alfa	cáncer, hepatitis	1 832
Hormona de crecimiento	crecimiento	1 706
Activador de plasminógeno	trombosis	642
Interleucina	cáncer, inmunología	184
Factor de crecimiento	cicatrizante	115
Vacunas terapéuticas	varios	50
Otras proteínas	varios	2 006

Fuente: Gavrilesescu y Chisti, 2005.

## **2- En la industria**

En la industria se tiene cada vez mayor consciencia de la necesidad de buscar soluciones para una producción menos contaminante, más sostenible y respetuosa con el medio ambiente. Para lograrlo es necesario mejorar los procesos, usar reactivos y solventes menos contaminantes y reciclar productos, en procura de los cuales la biotecnología abre una serie de posibilidades.

Se reconocen dos grandes áreas de la biotecnología empleadas por la química industrial. La primera incluye procesos productivos que emplean tanto organismos completos como sistemas enzimáticos obtenidos a partir de ellos, por ejemplo para producir fármacos, aditivos alimentarios o materiales biodegradables. Algunos métodos biotecnológicos permiten mejorar las enzimas, haciéndolas más eficaces en los procesos mencionados. El 75% de las enzimas biotecnológicas producidas a escala industrial, cuyo mercado crece en el mundo a un ritmo anual del 5% al 10%, se utiliza en detergentes, aditivos alimentarios y en las industrias que procesan almidón para producir edulcorantes como el aspartame (García, 2009).

La segunda área biotecnológica proporciona microorganismos, plantas y animales transgénicos con nuevas capacidades para producir sustancias comercializables *in vivo*. También estas técnicas pueden lograr organismos más resistentes o tolerantes a las sustancias tóxicas, lo cual es muy conveniente cuando dichos seres se emplean en procesos productivos de componentes altamente tóxicos. Por ejemplo en la producción del antibiótico cefalexina, se generan 15 kg de residuos por cada Kg de medicamento producido. Actualmente se emplean bacterias modificadas que son capaces de producirlo directamente por fermentación, lo cual disminuye casi en su totalidad los residuos.

En la industria petroquímica se pueden citar los ejemplos de Monsanto y Du Pont que se han desplazado desde procedimientos tradicionales hacia la biotecnología, conforme se acerca el agotamiento del petróleo. Producen sustancias de consumo masivo como los agroquímicos y aquellas utilizadas para el tratamiento de residuos a gran escala. La biotecnología ha aportado microorganismos fermentadores modificados genéticamente, que contribuyen a realizar los procesos requeridos para producirlos, en forma más rápida y eficiente.

Desde hace casi 100 años es conocido el proceso de fermentación con bacterias que da como resultado plásticos biodegradables, pero los bajos precios del petróleo detuvieron su producción masiva. En la actualidad debido a la larga persistencia de estos en el ambiente y al ascenso de los costos del petróleo, se trabaja intensamente para mejorar la eficiencia en su producción.

La industria de jabones, cosméticos y detergentes emplea enzimas y productos derivados de biomasa como aceites y grasas de origen vegetal y animal, los cuales son procesados por microorganismos naturales que cada vez con mayor frecuencia son sustituidos por los modificados genéticamente. De esta manera los nuevos detergentes podrán producirse con menos fosfatos que constituyen el residuo de ellos, más contaminante.

El uso de microorganismos y enzimas como biocatalizadores puede reducir notablemente la cantidad de sustancias químicas en la industria productora de papel, tradicionalmente muy contaminante. Para degradar la lignina de la madera empleada como materia prima, se usan hongos que la suavizan, permitiendo eliminar en esta parte del proceso productivo la demanda energética para la trituración necesaria, lo cual además disminuye la cantidad de residuos. Los grandes volúmenes de agua empleados y hasta su contaminación, pueden reducirse con microorganismos y enzimas que permitan el reciclaje del líquido. También se trabaja en sustituir los blanqueadores químicos empleados para limpiar y reciclar el papel, por enzimas, disminuyendo de esta manera la contaminación.

En la producción de biocombustibles a partir de fuentes agrícolas renovables, los procesos más exitosos emplean bacterias manipuladas biotecnológicamente, como en la

conversión de azúcar en etanol (bioetanol) por fermentación, producción de diesel a partir de aceites vegetales (biodiesel) y la digestión anaeróbica de residuos orgánicos para producir metano (biogás). Este es el novedoso campo denominado biorrefinería, que da productos renovables, alternativos a la química del petróleo, obtenidos con mediación de organismos modificados genéticamente. Trata de maximizar el aprovechamiento de la biomasa, racionalizar el consumo de agua y energía, disminuir la producción de CO<sub>2</sub>, aumentar el reciclaje de los residuos producidos, así como elevar el valor agregado de diversos subproductos (García, 2009).

### **En la minería**

El agotamiento de los depósitos de metales en el mundo ha llevado a extraerlos de sulfuros metálicos, que todavía son yacimientos abundantes, aunque también se obtienen en menor cantidad de concentrados de zinc y plomo (Rodríguez, y otros, 2001). Las elevadas temperaturas a que deben someterse los sulfuros para extraer los metales, son muy contaminantes porque liberan SO<sub>2</sub> que contribuye al problema de la lluvia ácida. Los procesos hidrometalúrgicos tradicionales también son inconvenientes por su elevado consumo de reactivos lixiviantes y la gran demanda energética para lograr presiones y temperaturas muy altas. Es por ello que la biolixiviación surgió como una alternativa menos contaminante y más efectiva en la extracción de metales.

La biolixiviación es un proceso en que bacterias de los géneros *Acidithiobacillus* sp y *Leptospirillum* sp, entre otras, producen enzimas que al depositarse en el medio aceleran la oxidación de los materiales allí presentes. La energía producida en esta oxidación – exotérmica- es aprovechada por las bacterias para sus propias funciones metabólicas y como parte de los desechos, liberan los metales contenidos en el mineral. En la biolixiviación se emplean comunidades nativas de microorganismos donde se encuentran bacterias, hongos y protozoos, pero son las bacterias quimiosintéticas quienes realizan el proceso de biolixiviación, mientras los otros acompañantes mantienen controlada la población de bacterias por depredación y también libre de desechos orgánicos, pues los consumen como alimento, restos que en caso de acumularse podrían entorpecer la tarea de las bacterias.

Las bacterias participantes son extremófilas, o sea capaces de sobrevivir en ambientes extremos: muy ácidos, con altas temperaturas y elevada concentración de metales, condiciones presentes en lugares donde ocurre la oxidación natural de minerales como minas, aguas sulfurosas volcánicas y depósitos de carbón (Guerrero, 1998). Actualmente la biolixiviación se usa para extraer cobre a gran escala en Rusia, España México, Japón, Chile y Estados Unidos, níquel en Sudáfrica, cobalto en Uganda y oro en Australia.

La Comunidad Europea desarrolló en Francia, entre noviembre de 2004 y finales del 2008 un programa de biominería –llamado BioMinE- dedicado al desarrollo de nuevas biotecnologías y aplicaciones biometalúrgicas innovadoras, capaces de revolucionar la industria del procesamiento de minerales, mediante una producción segura, más limpia y eficiente. Se dio énfasis al desarrollo de procesos tendientes a minimizar el impacto ambiental y evitar la generación de residuos en la recuperación y separación de metales, tanto de materias primas minerales, como de materiales secundarios, entre los que se cuentan residuos mineros, escorias metalúrgicas, residuos industriales y cenizas de las plantas de combustión o de energía (BioMinE, 2005). Por manipulación genética se pueden producir nuevas especies biotecnológicas de microorganismos y ampliar así las

posibilidades de lograr los cometidos propuestos. Un ejemplo lo constituye el caso chileno, en que científicos de Biosigma patentaron en el 2002 tres tipos de bacterias biotecnológicas que “comen piedras y liberan metales”, luego de 4 años de investigación en minas de cobre (Jerez, 2009).

#### 4- En biorremediación

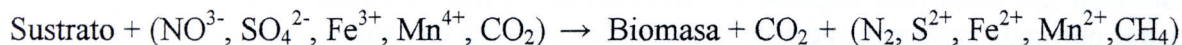
La biorremediación es un sistema de descontaminación que se basa en la digestión de sustancias orgánicas por microorganismos (levaduras, hongos, bacterias) que descomponen o degradan sustancias peligrosas, en otras que van desde menos tóxicas hasta inocuas para el medio ambiente y la salud humana (Maroto y Rogel, 2001). Dicho principio es de gran utilidad en la limpieza de suelos contaminados por petróleo y sus derivados. Para la biorremediación se requieren microorganismos capaces de alimentarse con hidrocarburos y aprovechar su energía en condiciones abióticas tales como pH cercano al neutro, temperaturas intermedias entre 15°C y 45°C, humedad y textura adecuadas si se trata del suelo y una concentración mínima de contaminantes.

La degradación es realizada al tomar nutrientes y energía el microorganismo, para su funcionamiento normal. Si los metaboliza por medio del proceso de respiración, con participación de O<sub>2</sub>, la degradación será aeróbica. Pero si ocurre por fermentación, sin O<sub>2</sub>, será anaeróbica. Ambas vías se presentan frecuentemente y son de gran utilidad.

Degradación aeróbica:



Degradación anaeróbica:



Fuente: Maroto y Rogel, 2001: 298.

Las bacterias pueden ser modificadas genéticamente para realizar el proceso a mayor velocidad, modificar los productos o especializarse en cierto tipo de contaminantes, por nombrar sólo algunas características manipulables de las mismas, en las que se investiga activamente.

También se usa la biorremediación para limpiar manchas de petróleo en los océanos. La técnica incluye el agregar al hidrocarburo derramado, fósforo y nitrógeno, elementos que complementan las necesidades nutricionales de más de cien especies de microorganismos capaces de alimentarse de dicha mezcla. De esta manera al consumirla, eliminan el problema de la contaminación en el agua. Ya que este proceso es lento, se manipulan los organismos biotecnológicamente para acelerarlo y también para que sean capaces de consumir otros compuestos contaminantes más resistentes (Mediavilla, 2006).

Otra aplicación de la biorremediación –o **biorrestauración**– consiste en el empleo de microorganismos para degradar sustancias tóxicas presentes en el suelo o el agua, hasta convertirlas, de ser posible, en CO<sub>2</sub>, agua y sales minerales. Algunos de estos seres se alimentan directamente del compuesto orgánico tóxico, hasta agotarlo, pero otros

microorganismos excretan enzimas que degradan a la sustancia contaminante y son los productos de dicho proceso, los que aprovecha el microorganismo para metabolizar su sustrato natural. También en este caso los organismos empleados se manipulan para acelerar el proceso de degradación del contaminante.

Entre las diversas modalidades aplicadas, está es el empleo de plantas transgénicas a las que se han agregado genes provenientes de bacterias. Los híbridos obtenidos son capaces de degradar el contaminante acumulado en el suelo y convertirlo en otro menos tóxico. Como el caso del plaguicida lindano, que se empleó en España a partir de la década de 1950 en agricultura y ganadería, y persistía en el suelo y aguas de ríos cercanos a cultivos, pese a que su uso fue prohibido desde hace varios años. Para eliminarlo se introdujo en plantas seleccionadas un gen de la bacteria *Sphingonomas paucimobilis*, lo cual hizo posible que la planta codificara una enzima que actúa sobre el lindano y lo transforma en triclorobenceno, de más fácil degradación en el ambiente (Mediavilla, 2006).

Existen bacterias incluso que viven en terrenos contaminados con uranio y son capaces de ayudar a limpiar aguas contaminadas con ese elemento químico, que están siendo objeto de múltiples estudios.

La biorremediación aplicada en casos como los anteriores, también encuentra oposición, pues los organismos transgénicos son de manejo riesgoso: deben estar bien confinados para evitar su propagación hacia otras áreas no necesitadas de tratamiento, ya que podrían incluso llegar a generar híbridos no deseables o como en el ejemplo explicado, dispersarse hacia depósitos de petróleo que obviamente desean protegerse. Dados los riesgos que conlleva la biorremediación, hay concordancia en que lo más prudente es sacar productos químicos más fáciles de biodegradar. En la Comunidad Europea se está aplicando desde 2007 el reglamento REACH (siglas en inglés de Registro, Evaluación y Autorización de Sustancias Químicas) cuyo objetivo primordial es garantizar que las sustancias peligrosas se sustituyan por otras más seguras. En atención al mismo, la empresa productora debe demostrar que cada sustancia que saca al mercado es segura en cuanto a toxicidad y efecto en el medio ambiente, en vez de trasladar esa carga a las autoridades, como ocurría con la legislación anterior (Turcón, 2005).

## **5- En silvicultura**

La biotecnología aplicada al campo de la silvicultura –o cultivo del bosque- se ha desarrollado en tres líneas principales de investigación:

**a-cultivo de tejidos o micropropagación.** Se aplica a una especie forestal de la cual quedan pocos ejemplares; a partir de estos se genera una cantidad grande de individuos destinados a replantar la zona en donde ya se extinguió la especie. O bien se usa en especies no maderables, por ejemplo, aquellas que producen hule, aceite o papel, derivando ventajas para el productor, pues se logra asegurar que todos los ejemplares presenten las mismas características deseables previamente seleccionadas. En especies maderables se ha convertido en una herramienta muy valiosa para los programas de cultivo, protección y aprovechamiento, puesto que el cultivo de tejidos permite obtener masivamente clones de fenotipos seleccionados, posibilita producir material vegetal en cualquier época del año y entregarlo de acuerdo con el programa de siembra establecido por el reforestador (CONPES, 2003).

**b-investigación en micorrizas.** Posibilita la reforestación y recuperación de suelos erosionados. Consiste en la inoculación de asociaciones microbianas tales como micorrizas

-bacterias fijadoras de nitrógeno en el suelo- en las raíces de la planta y de bacterias promotoras del crecimiento vegetal, para estimular el desarrollo de la planta, mejorar su nutrición y protegerla del estrés, especialmente durante la etapa de aclimatación, cuando se trasladan las plantas desde la condición *in Vitro* hasta el suelo. Por sus bajos costos es conveniente para países pobres, en los que puede difundirse a gran escala (CONPES, 2003). e-aprovechamiento de desechos industriales, evitando la subutilización y el despilfarro de los recursos forestales mediante la industrialización de los subproductos de la madera, como el aserrín para la obtención de proteína unicelular o para la recuperación de suelos (Arroyo, 1988).

Entre las ventajas de la micropropagación o cultivo de tejidos aplicado a proyectos de reforestación, se señalan: el incremento acelerado del número de plantas por genotipo, la reducción del tiempo de multiplicación y el aumento en la sanidad del material propagado. Además hace posible la multiplicación rápida de variedades en las que existen pocos individuos. Desde la perspectiva del manejo práctico, se considera ventajoso también el que todo el proceso de reproducción se lleva a cabo en espacios reducidos e independientes de las condiciones ambientales y también se facilita el transporte de ejemplares de un país a otro debido a menores restricciones aduaneras con respecto al material *in Vitro*.

Un ejemplo de este tipo de reforestación es el programa "Micropropagación de tres especies maderables de importancia económica y ecológica para Costa Rica" desarrollado entre el TEC, la UNA y el CATIE, con apoyo financiero del CONICIT y el MICIT. Las tres especies manejadas son la caoba, el pilón y la teca, que se encuentran entre las de mayor demanda en el mercado. Todas ellas se trabajan para mejoramiento de la especie, repoblación de áreas protegidas y producción comercial, estando disponibles para proyectos particulares o aquellos desarrollados por empresas, destinados al uso comercial, como es el caso de la empresa Maderas Preciosas de Costa Rica (Alfaro, 2004).

## **6-Biotecnología aplicada a la producción de alimentos**

Mientras se practicó la agricultura tradicional, se mantuvo la diversidad genética en los cultivos, donde cosecha tras cosecha el labrador seleccionaba los mejores especímenes en forma tradicional, de acuerdo a su vigor, para utilizarlos como semilla. Pero la manutención y el mejoramiento de las variedades logradas por manejo, además de eliminar la diversidad de genes dentro del cultivo, demanda la presencia de una biodiversidad amplia fuera de él, disponible para los productores de semillas, ya que cada generación requiere material genético original, pues la mayoría de los híbridos resultantes son estériles, en forma espontánea o inducida. De ahí que al intensificarse la investigación y el uso de variedades biotecnológicas, se haya despertado mayor interés en conservar la biodiversidad.

En la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente, conocida como Cumbre de la Tierra, efectuada en Río de Janeiro, Brasil, en 1992, más de 150 naciones firmaron el Convenio de Diversidad Biológica, que entró a regir a partir del 29 de diciembre de 1993 (Cabrera y otros, 1995). En él se reconoce que son los campesinos e indígenas quienes preservan y emplean los recursos genéticos desde tiempos inmemoriales, pero eso no les asegura su propiedad, sino que ésta le pertenece a los Estados. Por presiones previas de Estados Unidos, en este Convenio se excluye la biodiversidad resguardada en los bancos de germoplasma nacionales e internacionales (Hobbelink, 1992). De haberla incluido, los países industrializados se hubieran visto obligados a compartir las ganancias derivadas de

las nuevas variedades obtenidas a partir de ese material genético, con los países donantes de las especies originales que nutrieron dichas instituciones. En pocas palabras, se hubiera atentado contra los intereses comerciales de las grandes compañías productoras de semillas, que como ya se dijo, invirtieron mucho dinero y necesitaban recuperarlo con créditos.

Las prácticas tradicionales campesinas e indígenas, preservadas durante siglos y transmitidas por los agricultores, no se consideran sistemas de selección de variedades, a pesar de proporcionar la materia prima a la que se aplicaron las nuevas biotecnologías. Desde esta perspectiva, se comete una injusticia al no reconocer los derechos de propiedad intelectual a los campesinos, tal como se hace con los modernos fitomejoradores. Debe recordarse que en el Acta UPOV de 1991, se amplía el derecho a reconocimiento económico del obtentor de la primera variedad. De manera que si la segunda variedad obtenida es esencialmente derivada de la primera, el fitomejorador inicial puede derivar ganancias por ambas innovaciones.

El sistema UPOV no solamente ignora los derechos de los agricultores, sino que además limita el uso de las variedades protegidas, obligando indirectamente a los campesinos a pagar por las semillas mejoradas, necesarias para cada siembra, puesto que los híbridos empleados son estériles y además no se pueden reproducir para la venta. De ahí que una de las críticas más frecuentes a la normativa UPOV vigente en la actualidad, es que cada vez se acerca más al régimen de propiedad intelectual de la OMPI, cuyo interés prioritario es asegurar que los inventores tengan sus productos protegidos como propiedad intelectual, sistema que asegura su derecho a beneficios económicos, sin importar el costo social que implique, sobre todo en países poco desarrollados.

Esta situación desventajosa que viven los principales proveedores de especies domesticadas, se ve magnificada todavía más, por el aparente descuido en el interior de los países. Por ejemplo en Costa Rica, una de las conclusiones a que llegó el diagnóstico realizado por González y otros (2003) indica: a pesar de que tanto el sector empresarial como las universidades públicas se han servido de los conocimientos acumulados por agricultores, *...no se ha dado un desarrollo normativo que permita el efectivo registro y protección de los conocimientos tradicionales, lo cual ha generado que sus titulares no hayan obtenido a la fecha beneficio alguno por el uso demostrado... de los mismos* (González y otros, 2003: 130).

También las relaciones ecológicas de los seres vivos pueden verse alteradas por la introducción de nuevas especies, ¡para imaginarlo sólo basta con reflexionar acerca de las eventuales consecuencias que el consumir vegetales transgénicos pueda traer a la salud humana!. En cultivos de una sola especie o monocultivos, como un cafetal, se estimula naturalmente la aparición de plagas, puesto que las plantas proveen en abundancia elementos necesarios para suplir las necesidades vitales de la población plaga. De ahí que para reducir al enemigo indeseable se recomienda mermar sus posibilidades, mediante la introducción de varias especies o sea de material genético diverso. Si esto ocurre en cultivos cuyas plantas poseen dotaciones genéticas parecidas, ¿qué pasará cuando se siembren, generación tras generación, grandes extensiones de vegetales idénticos, producto de la manipulación biotecnológica? ¿Será que se controlan las plagas tradicionales, pero aparecen otras insospechadas?. De acuerdo con la experiencia acumulada parece fácil adivinar también cómo se comportará la dispersión de enfermedades entre plantas genéticamente idénticas. Hasta el momento los cultivos biotecnológicos son muy recientes, de ahí que no

se han visto todavía esos posibles efectos en la diversidad de los ecosistemas y en el equilibrio de los mismos.

## **Bibliografía**

Alfaro, Carlina. 2004. "reforestan especies maderables nativas". **Boletín Ciencia y Tecnología**. N° 24, San José.

Amador, Sonia. 1996. "Algunas causas y efectos del cambio científico y tecnológico a partir de la década de 1980". **Revista Estudios**, N° 12 y 13, San José.

Arroyo, Gonzalo. 1988. **Biotechnología: una salida para la crisis agroalimentaria?**. Plaza y Valdes. México.

BioMinE. 2005. Biotechnología aplicada a recursos minerales en Europa. Sexto Programa Marco, Comunidad Económica Europea.

Campbell, M. y Farrel, S. 2004. "Técnicas de biotechnología de ácidos nucleicos". **Bioquímica**. Cengage Learning Editores. Italia.

CONPES, Programa de Cadenas Productivas Forestales. 2003. Agencia Colombiana de Cooperación Internacional.  
<http://www.embcol.or.at/Colombia/estrategia/Bosques/Fichas/Ficha%20PNDF%20Biotechnologia%20EDa%20CONIF-%20FAltima1.doc>

Efferson, Norman. "Biotechnología: la nueva Revolución Verde". **Agricultura de las Américas**. Vol. 36, N° 3, Kansas.

Gámez, Rodrigo. 1997. "La biodiversidad costarricense y su papel en el desarrollo del país". **Biocenosis**. Vol. 12, N° 1, San José.

Gavrilescu, M. y Chisti, Y. 2005. **Biotechnology. A sustainable alternative for chemical industry**. *Biotechnology Advances*, 23.

García, José Luis. 2009. **Biotechnología para una química verde, respetuosa con el medio ambiente**. Fundación Alternativas. Documento de trabajo 144/2009.

Guerrero, José. 1998. **Biotechnología en la disolución y recuperación de metales**. Primer Congreso Peruano de Biotechnología y Bioingeniería. Trujillo, Perú.  
<http://www.mobot.org/jwccross/phytoremediation/Biotechnologia.htm>

Herruzo, Casimiro. 1988. "Biotechnología en la agricultura: efectos económicos e implicaciones para las políticas de investigación y agrarias". **Agricultura y Sociedad**. Vol. 48, Madrid.



Jerez, Carlos. 2009. **Bacterias mineras: comen piedras y liberan metales**. Programa Explora-Conicyt. Gobierno de Chile. <http://www.explora.cl/otros/biotec/biolixi.html>

Mediavilla, Daniel. 2006. **Bacterias y plantas transgénicas, el futuro para limpiar los contaminantes vertidos por el hombre**. ABC Periódico Electrónico S.A. <http://www.madrimasd.org/informacionidi/noticias/noticia.asp?id=26766&sec=2&tipo=g>

Phrma. 2006. **Informe. Medicamentos en desarrollo en biotecnología**. Investigadores y Productores Farmacéuticos de América. Washington. <http://www.phrma.org/files/PhRMA%20NM%20Biotech%20SpV%200918.pdf>

Manzanares, Ignacio. 2009. **La biotecnología: un futuro cotidiano**. I Foro de Orientación Profesional. Facultad de Farmacia de la Universidad de Navarra. España.

Maroto M. Esther y Rogel, Juan M. 2001. "Aplicación de sistemas de biorremediación de suelos y aguas contaminadas por hidrocarburos". **Investigación, gestión y recuperación de acuíferos contaminados**. Ballester y otros, editores. [http://aguas.igme.es/igme/publica/con\\_recu\\_acuiferos/028.pdf](http://aguas.igme.es/igme/publica/con_recu_acuiferos/028.pdf)

Mertens, Leonard. 1990. **Crisis Económica y Revolución Tecnológica**. Editorial Nueva Sociedad, Caracas.

Quezada F. y otros, editores. 2005. **Biología para el uso sostenible de la biodiversidad. Capacidades locales y mercados potenciales**. Corporación Andina de Fomento. Unidad de Publicaciones de la CAF. Caracas.

Rodríguez, Dinah. 1988. "Biología y producción agropecuaria". **Problemas del Desarrollo: Revista Latinoamericana de Economía**, N° 74, México.

Rodríguez, Y. y otros. 2001. "La lixiviación al comienzo del siglo XXI". **Revista de Metalurgia**, N° 37, Madrid. <http://www.ucm.es/info/biohidro/Publicaciones%20del%20Grupo/Revista%20Metal%2037,2001,616%20tamano%20reducido.pdf>

Rodríguez, Silvia. 1994. "Regímenes de protección individual, biodiversidad y campesinado: algunas pistas para el debate". **Ciencias Ambientales**, N° 11, Heredia.

Román, Valeria. 2004. "Nació la segunda generación de clones de vacas transgénicas". **El Clarín**, 7 de febrero de 2004. Buenos Aires.

Segretín, M. Eugenia. 2009. **Los cultivos celulares y sus aplicaciones II (cultivos de células vegetales)**. Consejo Argentino para la Información y el Desarrollo de la Biotecnología. <http://www.argenbio.org/adc/uploads/pdf/Cultivos%20celulares%20II%20Euge.pdf>

Sittenfeld, Ana y otros. 1991. "La nueva biotecnología y Costa Rica". **Ciencia y Tecnología**, Vol. 15, N° 1-2, San José.

Turcón, Ecologistas en Acción. 2005. Weblog del Colectivo Ecologista de Telde.  
<http://turcon.blogia.com/2005/112506-reach-reglamento-de-control-a-los-productos-quimicos-en-europa.php>

Valladares, Mónica. 2007. **Fusión de células obtenidas en ratones transgénicos con otras tumorales**. Faro de Vigo.  
[http://www.farodevigo.es/secciones/noticia.jsp?pRef=3094\\_2\\_158659\\_Gran-Vigo-Fusion-celulas-obtenidas-ratones-transgenicos-otras-tumorales](http://www.farodevigo.es/secciones/noticia.jsp?pRef=3094_2_158659_Gran-Vigo-Fusion-celulas-obtenidas-ratones-transgenicos-otras-tumorales)

WRM Movimiento Mundial por los Bosques Tropicales. 2004. **Las razones para estar contra las plantaciones**. Montevideo.  
<http://www.wrm.org.uy/plantaciones/material/razonescontra10.html>

WRM Movimiento Mundial por los Bosques Tropicales. 2001. "Palma aceitera modificada genéticamente: la amenaza final". **Boletín del WRM**, N° 47, 2001.

## De los intereses político económicos al desarrollo científico en el Neotrópico<sup>1</sup>

Sonia María Amador Berrocal  
Universidad de Costa Rica

11 DIC 2009

8140

Oca

### Introducción

Los conceptos de ecología que llegan hasta nuestros días se empezaron a elaborar desde finales del siglo XIX, alcanzando esta especialidad un gran desarrollo en la primera mitad del siglo XX. Durante la década de 1970 se produjo un cambio mundial en los intereses, por lo que de estudios ecológicos se pasó a realizar en su gran mayoría, trabajos ecologistas. En el presente documento se hace una recopilación histórica de las personas más significativas y las instituciones que marcaron el nacimiento de una verdadera ecología científica en Costa Rica, durante el período comprendido entre las décadas de 1940 y 1960, cuando se organizaron en el país una serie de instituciones que proporcionaron un ambiente favorable para el desarrollo científico

### 1- Antecedentes

#### Escuelas clásicas de Ecología

Desde que Alexander von Humboldt publicara en 1807 su célebre obra *Ensayo sobre la geografía de las plantas*, con descripciones de la naturaleza presente en regiones tropicales, fue posible establecer que los cambios de altitud y latitud, ejercen efectos similares sobre las plantas, capaces de inducir la presencia de asociaciones locales en los diferentes climas. Esta afirmación generó el desarrollo de una línea de investigación a lo largo del siglo XIX, en la que participaron numerosos científicos (Witham, 1944).

Los estudios generados consideraban primordialmente la acción de los factores del medio sobre la fisonomía de las plantas. Se produjeron numerosas descripciones del aspecto general del paisaje florístico, de las agrupaciones vegetales presentes, por ejemplo en un bosque o en una pradera, principalmente por parte de alemanes, suizos y franceses, entre las décadas de 1820 y 1840 (Matagne, s.f.). Por otra parte, cabe destacar la obra del zoólogo alemán Ernest Haeckel (1834-1919), *La morfología general de los organismos*, publicada en 1866, pues allí apareció por primera vez el término *ecología*, construido a partir del griego *oikos*: casa, habitación o hábitat y *logos*: estudio o tratado (Papp, 1993). Con esos y otros aportes de numerosos científicos europeos, la Ecología llegó a convertirse en una especialidad de la Biología, a inicios del siglo XX (Acot, 1995).

Tanto en Europa como en Estados Unidos se desarrollaron escuelas de ecología en el periodo de posguerra del primer gran conflicto bélico mundial. Los suizos y franceses desarrollaron la línea conocida como Zurich-Montpellier, cuyo principal objeto de estudio era la sociología vegetal o fitosociología (Matagne, 1999).

Mientras tanto en Estados Unidos se dedicaron a desarrollar un concepto dinámico, considerando las sucesiones vegetales, estilo que dio un fuerte impulso al desarrollo teórico de la ecología, pues además se preocupó por formar escuela e inventar y perfeccionar numerosos instrumentos de campo (Matagne, s.f.). La concepción dinámica produjo una nueva perspectiva de la ecología, que en los primeros años se usó ampliamente en América del Norte, pero ¿cómo sería su aplicabilidad en las regiones tropicales, donde los ecosistemas son diferentes y obviamente más complejos?. Tal interrogante suscitó en el medio un gran interés por desplazarse a la región Neotropical a realizar estudios prácticos, en los años posteriores a la Segunda Guerra Mundial.

<sup>1</sup> Se llama Neotrópico a la región tropical del Nuevo Mundo.

## **Inquietudes entre los universitarios estadounidenses**

Motivados por los avances acumulados y el deseo de conocer, los científicos norteamericanos -inmersos en una coyuntura donde se avivaron los intereses económicos y políticos que se resaltarán más adelante-, se interesaron por realizar estudios ecológicos en las regiones tropicales del mundo.

Ya en la década de 1950 se presentaron esfuerzos organizados en Estados Unidos, para implementar los estudios tropicales en las Universidades de Florida, Kansas y Miami, así como por la Associated Colleges of the Midwest (ACM), quienes impartían cursos de biología de campo en América Latina. También la Universidad de Harvard había establecido en Cuba el Centro de Estudios Botánicos Tropicales, con el Jardín Atkins y el Laboratorio de Investigación, pero les fueron incautados por razones políticas en 1959. Por su parte la Universidad de Michigan inició en 1957, negociaciones con el Gobierno de México para establecer una estación de campo en el sur de ese país, en colaboración con la Universidad Autónoma de México, sin que la idea llegara a cristalizar.

Para la historia del desarrollo de la ecología científica en Costa Rica, es interesante resaltar las recomendaciones emitidas en la Conferencia Sobre Botánica Tropical, celebrada en Miami, Florida, entre científicos estadounidenses en Fairchild Tropical Garden, del 5 al 7 de mayo de 1960. Esta constituyó un hito importante porque vino a ser el caldo de cultivo en el cual germinó la semilla que diera origen a los acuerdos conducentes hacia una nueva era de estudios especializados en biología tropical, muchos de los cuales han estado basados en los ecosistemas costarricenses. Entre sus resultados se encuentran las siguientes recomendaciones (Stone, 1988: 146):

- *La botánica tropical es importante en la actualidad y continuará aumentando su importancia, como un campo demandante de cooperación entre los hombres y las naciones, debido a la dependencia que la humanidad tiene de las plantas y su ambiente, así como al continuo y rápido crecimiento de las poblaciones, que conlleva deterioro para la vegetación y los recursos naturales*
- *las investigaciones en botánica tropical deberán aumentar rápidamente en el futuro inmediato, antes de que desaparezca la vegetación tropical autóctona que no ha sido aún perturbada*
- *el entrenamiento de estudiantes en la localización e identificación de plantas tropicales para la investigación científica, la industria, la medicina y usos ornamentales, agrícolas u hortícolas, traerá beneficios tanto al país de origen como a los que utilicen estos conocimientos*
- *las estaciones para investigación de campo en los trópicos y subtrópicos son muy importantes para la investigación y la enseñanza botánica. Según las necesidades demostradas, deberán fortalecerse y utilizarse al máximo las ya existentes, además de instalar otras nuevas*
- *para cubrir las demandas de información taxonómica que plantea la investigación botánica, deberán prepararse inventarios incluyendo los grupos de plantas presentes en las regiones tropicales donde se lleven a cabo estudios. Paralelamente habrá que implementar un programa de publicaciones acerca de las plantas tropicales americanas*
- *Será necesario elaborar textos de botánica especializados en las regiones tropicales, similares a los existentes para las regiones templadas*
- *además del reconocimiento taxonómico, es importante también llevar a cabo estudios en geografía, ecología con sus aplicaciones al uso de la tierra, fisiología, botánica económica, anatomía, genética, citología, morfología, así como otras especialidades concernientes a la botánica.*

De los resultados de dicha Conferencia se derivan dos hechos históricos importantes:

a-Por primera vez en la historia de la Ecología, un grupo de científicos concuerda en la necesidad de realizar estudios especializados en las regiones tropicales, para esa disciplina. Anteriormente los conceptos se desarrollaron en las zonas templadas y se aplicaban directamente al trópico, frecuentemente ignorando las diferencias naturales existentes.

b-A la luz de esta Conferencia fueron designados en 1962, Walter H. Hodge y David D. Keck para encontrar un sitio apropiado donde establecer una estación biológica tropical. Después de considerar quince países latinoamericanos y seis islas antillanas, recomendaron como primera opción a Costa Rica, específicamente a la Universidad de Costa Rica (UCR). En dicho informe (Hodge y Keck, 1962) las consideraciones fueron desde los campos de la biología que se estudiaban en la UCR, hasta su planta física, así como las condiciones sociales, políticas y geográficas del país. Posiblemente también influyó en esta recomendación, que ya se había establecido en Turrialba el Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (1942), donde se realizaban estudios botánicos, muchos con enfoque ecológico, respaldados por varios países americanos y el apoyo financiero de los Estados Unidos.

Además de la Conferencia sobre Botánica Tropical mencionada, aportaron su influencia otros foros entre los que destacan:

- a- Conferencia sobre Problemas en Educación e Investigación en Biología Tropical, llevada a cabo del 23 al 27 de abril de 1962, en Costa Rica. Los científicos encargados de su organización fueron el costarricense Rafael Lucas Rodríguez de la UCR, Jay M. Savage y J. Robert Hunter, norteamericanos. Los temas versaron acerca de los requerimientos mínimos para desarrollar la investigación y la enseñanza en biología tropical; cómo facilitar la formación de investigadores especializados en biología tropical; la necesidad de un programa capaz de coordinar los múltiples proyectos individuales que se estaban realizando, en educación e investigación de la biología tropical. En esta ocasión fueron designados I.D. Clement y F.W. Went, como representantes ante el próximo encuentro que se llevaría a cabo en Trinidad.
- b- Conferencia de Botánica Tropical, realizada en Trinidad del 2 al 6 de julio de 1962. Allí se discutió el informe de la reunión anterior, celebrada en Costa Rica. En ella se decidió la fundación de la Asociación para la Biología Tropical.
- c- Reunión en Jamaica de representantes de la Conferencia de Costa Rica y de la Conferencia de Trinidad, celebrada del 17 al 21 de diciembre de 1962. Fue el encuentro que cerró las discusiones y culminó con la fundación de la Organización para Estudios Tropicales (OET) en Costa Rica (Savage, 1962).

El interés de científicos estadounidenses en ecología tropical de campo, abrió la posibilidad para sus pares costarricenses, de realizar estudios en esa especialidad, de Universidad a Universidad, como colegas. Significaba para los biólogos de la única Alma Mater costarricense en la época, la oportunidad de adueñarse de los conocimientos más recientes, importados de primera mano desde los centros donde se estaban produciendo, además implicaba fuentes de financiamiento para proyectos.

Es necesario señalar que ese interés de la universidades del Norte era correspondiente con los intereses político económicos de su país, que desde hacía más de una década habían despertado y cristalizado en la formación de varias organizaciones panamericanas, como se verá a continuación.

## **2. El Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA)**

## De la solidaridad entre los países americanos al avance científico en Costa Rica

La idea del viejo sueño de Simón Bolívar, durante las primeras décadas del siglo XIX, de fusionar todos los pueblos americanos para ver formada la nación más grande del mundo, fue retomada como base en el congreso realizado del 2 de octubre de 1889 al 14 de abril de 1890, con representantes de todos los países del continente. Como resultado fueron creadas la Unión de las Repúblicas Americanas y la Oficina Comercial de las Repúblicas Americanas, con la intención de realizar un esfuerzo de cooperación internacional para la solución de problemas comunes. En reuniones posteriores, ambas entidades cambiaron sucesivamente de nombre hasta llegar a conformar en 1948 -en Bogotá, Colombia- la **Organización de los Estados Americanos (OEA)**, entre cuyos fines claves se estipula el propósito esencial de *promover por medio de la acción cooperativa, su desarrollo económico, social y cultural* (Coto, 1967: 467). Este nuevo enfoque de organización abrió el camino para que en 1957 se fundara el **Banco Interamericano de Desarrollo (BID)** y en 1961, en Punta del Este, Uruguay, la **Alianza para el Progreso**, ambos conducentes a estimular un desarrollo económico que permitiera garantizar a los ciudadanos latinoamericanos una vida mejor, con vivienda decente, servicios de educación y salud, así como una distribución justa de la tierra. Otro de los organismos resultantes de esta reunión de Punta del Este, fue el **Comité Interamericano de Desarrollo Agrícola**, nombrado para que detectara los factores retardantes del crecimiento agrícola y a la vez propusiera posibles soluciones (Coto, 1967).

Paralelamente a estos avances organizativos, se produjo la revolución de los transportes, principalmente de la aviación, señalada como uno de los factores que contribuyeron al éxito de las primeras y sucesivas citas internacionales, ya que posibilitó el desplazamiento rápido desde grandes distancias, aún en ausencia de caminos adecuados, situación obstaculizadora de la comunicación, en épocas anteriores (Coto, 1967).

Dentro de la corriente de pensamiento que logró internacionalizar las posibles soluciones de los problemas nacionales, Henry H. Wallace, Secretario de Agricultura de los Estados Unidos -quien luego llegó a ser Vicepresidente de su país- propuso en 1940, en una de las actividades de celebración del 50 aniversario de la Unión de las Repúblicas Americanas, la creación de un Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. En el ambiente de guerra que se respiraba durante la época, los intereses prioritarios se plantearon relacionados con el cultivo de caucho, quina, rotenona y otros insecticidas, té, cacao, alcanfor y la producción de maderas tropicales duras. Según los propulsores -absteniéndose de mencionar las ventajas que dichas materias primas podrían derivar para Estados Unidos- en los países latinoamericanos se produciría una economía agrícola mejor balanceada, por medio de la investigación científica se ampliaría el conocimiento sobre los problemas agrícolas fundamentales, plagas y enfermedades comunes en la región. A la vez se prepararían estudiantes en las ciencias agrícolas, capaces de promover un entendimiento mutuo entre los futuros líderes de la agricultura.

Gracias a la aceptación de la propuesta, se nombró una Comisión Técnica del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, dirigida por Ralph H. Allee -posteriormente se convirtió en el segundo director del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas- para que recomendara el posible lugar de establecimiento de la nueva institución. Luego de visitar varios sitios en Bolivia, Brasil, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Honduras, México, Nicaragua, República Dominicana y Venezuela, la Comisión eligió a Turrialba, en Costa Rica, como el sitio más indicado.

El 7 de octubre de 1942 se fundó oficialmente el Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA), bajo las leyes del Distrito de Columbia, Estados Unidos, como una sociedad sin fines de lucro, que se suscribió mediante contrato con Costa Rica el 5 de diciembre del mismo año, siendo el Dr. Rafael Ángel Calderón Guardia Presidente de la República y el Ing. Mariano

Montealegre, Secretario de Agricultura de Costa Rica. En este contrato Costa Rica donó a perpetuidad al Instituto un terreno de 1000 hectáreas en Turrialba, donde se construyeron y permanecen en la actualidad, sus principales instalaciones de investigación y enseñanza (IICA, 1993).

Inició funciones de inmediato, teniendo como primer Director al Dr. Earl N. Bressman, con proyectos de investigación a cargo de Joseph Fennell. A la vez se solicitaron postulantes para becas de estudio a 21 naciones americanas, dirigidas a programas de posgrado, que comenzaron en enero de 1946.

La labor de investigación inicial, centralizada en Turrialba, asumió trabajos en genética y fisiología del café, nutrición del cacao, papa, arroz y cultivos menores. Además se realizaron estudios sobre plantas alimenticias, medicinales y productoras de fibra, mejoramiento genético del maíz, del ganado y estudios de comunidades rurales.

Uno de los resultados más notables fue el aumento en la cantidad de publicaciones especializadas provenientes de autores latinoamericanos, tanto en revistas locales como internacionales. A la vez muchos extranjeros dieron sus aportes en numerosas publicaciones acerca de la región. Indudablemente al aumentar en los países latinos las oportunidades para estudiar, se elevó el número de personas adiestradas, capaces de incrementar la producción científica, tanto en cantidad como en calidad (León, 1967).

Particularmente en Costa Rica el trabajo florístico recibió un impulso muy fuerte con la creación del IICA, desarrollado al principio por varios investigadores norteamericanos que fueron contratados como profesores, continuado luego con valiosos aportes de nacionales como Alfonso Jiménez, Jorge León y Rafael Lucas Rodríguez, entre otros. También se empezaron a destacar los trabajos en el campo de la fitogeografía y la ecología, incluyendo estudios de distribución de la vegetación, fitosociología y los puramente ecológicos.

En el desenvolvimiento de las actividades llevadas a cabo por el IICA, ha sido muy importante el sustento económico brindado por diversas fundaciones extranjeras, apoyando proyectos tendientes a identificar acciones de promoción y desarrollo. Entre esas instituciones financieras destacan las estadounidenses Fundación Rockefeller, Fundación Ford, Fundación Kellogg y Fundación Shell, así como la venezolana, Fundación Eugenio Mendoza. Gracias en gran medida a los aportes de dichos donantes, se lograron formar en América Latina varias generaciones de científicos (Olcese, 1967). Uno de los apoyos que merece atención especial fue la donación de la Tropical Research Foundation en 1943, de 600 libros y 10 000 folletos y revistas, pues con ellos se inició la biblioteca del IICA, considerada la colección más completa de agricultura tropical en el hemisferio (IICA, 1981):

### **Los propulsores del IICA**

Como propulsores de la enseñanza y la investigación en América Latina y especialmente de la apertura del IICA en Costa Rica, destacan Wilson Popenoe y Ralph H. Allee.

El Dr. Wilson Popenoe, nacido en 1892 en Kansas, Estados Unidos, dedicó una parte importante de sus esfuerzos a las frutas tropicales americanas, introduciendo y adaptando varios cultivos propios de México, en Florida. Entre sus grandes logros se citan aportes a los métodos de cultivo del banano y la edición, a partir de 1925, de un boletín en español con el propósito de mejorar la agricultura en los países latinoamericanos, por los que viajó intensamente durante su vida profesional, como empleado de la United Fruit Company. Dicho boletín contribuyó a despertar en la región el interés por la búsqueda de soluciones comunes a problemas agrícolas nacionales, parte del espíritu que desembocó en el nacimiento de la OEA.

En 1941 dirigió la creación de un proyecto de cooperación de la United Fruit Company con los países latinoamericanos, cuyo resultado fue la fundación de la **Escuela Agrícola**

**Panamericana (Zamorano)** en Honduras, la cual empezó a recibir estudiantes de agricultura práctica, provenientes de todos los países del Continente.

También se interesó Popenoe en el cultivo de la quina en la zona caribeña, puesto que él había proporcionado a la empresa Merck and Company de New Jersey, capacitación para el cultivo y desarrollo de sus plantaciones en Guatemala.

Además del interés económico que pudiera tenerse en la quina, este cultivo acarrearía importantes consecuencias en el control de la malaria, que por aquella época enfermaba a tanta gente. De ahí que las investigaciones en quina formaran parte de los estudios impulsados por el IICA durante sus primeros años (Marzocca, 1967).

El otro personaje importante, el Dr. Ralph H. Allee, nacido en California en 1905, se graduó de agrónomo en la Universidad de California y realizó posteriormente estudios de posgrado en las Universidades de Cornell y de Florida. Después de servir en la investigación y enseñanza en Turquía y otros países del Cercano Oriente, como alto funcionario del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, fue designado para dirigir el IICA en Costa Rica, a partir del 1 de mayo de 1946. En este puesto se desempeñó durante casi 16 años, acogiéndose voluntariamente al retiro en 1961. Su labor fue notablemente meritoria como publicista y escritor técnico y científico, con una visión muy acertada acerca de las necesidades de adiestramiento para el personal destinado a estimular el desarrollo agrícola de América Latina (Marzocca, 1967).

En los primeros tres años bajo su dirección, el IICA inició una nueva etapa de desarrollo: profundizó en los alcances de la investigación, inició los programas de enseñanza para graduados y se logró un apoyo mayor de los países miembros (IICA, 1981), aumentando consecuentemente el recurso humano altamente calificado. Comenzó en Turrialba una etapa de gran actividad dedicada a la investigación científica, fundamentalmente en el campo de la botánica, que pronto se propagó hacia el ámbito universitario costarricense.

### **Profesores extranjeros del IICA que se quedaron en Costa Rica**

Al Dr. Leslie R. Holdridge, nacido en 1907 en Ledyard, Connecticut, lo llamó el Dr. Allee para colaborar con el recién fundado IICA, en investigaciones sobre el cultivo de la quina. Holdridge, graduado inicialmente de dasónomo en la Universidad de Maine, realizó luego estudios de posgrado en ecología, con énfasis en dendrología, en la Universidad de Michigan. Su obra más notable, *Sistema Ecológico de Zonas de Vida del Mundo* —consiste en una propuesta para la identificación de tipos de bosque tropical— se originó desde 1947, pero fue desarrollada a partir de 1949, cuando se radicó en Turrialba. Trabajó durante once años consecutivos en el IICA, alternando las labores de profesor e investigador en ecología y dasonomía con varios puestos administrativos, mientras maduraba el mencionado Sistema.

En 1960 Holdridge se retiró voluntariamente del IICA, para dedicarse a consultorías privadas en su campo de especialización, pero sus inquietudes lo llevaron a fundar en 1962, junto con colegas y amigos, el Centro Científico Tropical.

Con el propósito de mejorar las zonas menos desarrolladas de América Latina, en 1950 se aprobó en el IICA la creación del Programa de Cooperación Técnica de la Organización de Estados Americanos, del cual resultaron varios proyectos. Entre ellos el conocido como Proyecto 39, que descentralizaba la organización del mismo Instituto: la Unidad de Servicio, ubicada en Turrialba, actuaría como oficina de enlace entre las tres oficinas regionales: la Zona Andina, con sede en Lima, Perú, la Zona Norte, con sede en San José, Costa Rica —luego fue trasladada a la Habana y finalmente a Guatemala— y la Zona Sur, con sede en Montevideo, Uruguay, las cuales empezaron a funcionar entre 1951 y 1952 (IICA, 1981).

El Dr. Joseph Tosi fue seleccionado en 1951 para atender una de las nuevas sedes. Nacido en Worcester, Massachusetts en 1921, había concluido recientemente su doctorado en Geografía



en Clark University y además contaba con otro título previo de Master Forestry otorgado por Yale University (Tosi, 2001) El se capacitaría durante un año en Turrialba, para luego desplazarse a Lima, donde se haría cargo de varios proyectos a desarrollar en la Zona Andina. Durante este periodo en Costa Rica, Tosi recibió la encomienda de analizar críticamente el sistema que proponía Holdridge, para la identificación de tipos de bosque tropical. Sin embargo pronto se convirtió en su seguidor y recibió de él los conceptos que evolucionaron hasta el Sistema Ecológico de Zonas de Vida del Mundo. Con estos conocimientos y la amistad de Holdridge, partió para Lima en 1952, donde por espacio de 9 años, desarrolló numerosos trabajos forestales y en relación con el uso potencial de la tierra, así como los Mapas Ecológicos de Perú y de Bolivia (Tosi, 2001).

En 1960, al retirarse Holdridge del IICA, Tosi regresó a Turrialba para ocupar su puesto, en el que permaneció durante 2 años. Puso su renuncia en 1962 y decidió unirse a Holdridge para fundar el Centro Científico Tropical (CCT) (Tosi, 1992).

Otro investigador que llegó a Costa Rica de la mano del IICA fue el Dr. Robert Hunter, contratado para atender el proyecto de Servicios Técnicos de Café y Cacao. En el ambiente intelectual turrialbeño trabó gran amistad con Holdridge y con Tosi, llegando también a compartir y apoyar el sistema revolucionario propuesto por el primero. Se retiró del IICA junto con Tosi en 1962, para integrar el grupo fundador del CCT (Tosi, 2001).

### **3. El Centro Científico Tropical (CCT)**

#### **Génesis del CCT**

Las primeras ideas conducentes a formar una asociación privada, dedicada a obtener conocimientos acerca del ambiente tropical y sus posibles usos racionales, surgió durante 1961, en conversaciones sostenidas entre los profesores del IICA, Leslie Holdridge, Robert Hunter y Joseph Tosi (Tosi, 2001).

Durante los primeros meses de 1960, en el periodo de transición entre la renuncia a la dirección del IICA por parte del Dr. Allee y el nombramiento en ese cargo del tercer director, el Dr. Armando Samper, se dieron en la institución una serie de luchas políticas internas (Marzocca, 1967). Cansados de situaciones conflictivas y con posibilidades de incursionar en otros trabajos, como se verá más adelante, los tres investigadores del IICA mencionados anteriormente, se pusieron de acuerdo e invitaron a otros amigos interesados a fundar una asociación (Tosi, 1992). Fue así como el 20 de febrero de 1962 en San José, se realizó la asamblea constitutiva del Centro Científico Tropical, siendo sus socios fundadores, los científicos Holdridge, Tosi y Hunter, ya mencionados y los señores Carlos Lankester, orquideólogo inglés, residente en el país desde años atrás, Frank Jirik, Fernando Castañeda y Wesley Kerper, quienes brindaron su apoyo y solidaridad. El 10 de setiembre del mismo año se protocolizó e inscribió el acta de fundación en el Registro Público (Tosi, 1992).

El CCT se estableció como una organización no gubernamental científica, sin fines de lucro, cuyo objetivo es la aplicación práctica del conocimiento para el desarrollo adecuado y conservación del medio ambiente. En esta forma tuvo origen la primera organización no gubernamental (ONG) costarricense, dedicada a la conservación de los recursos naturales (CCT, 2000).

En 1962, a pocos meses de su fundación, el CCT inició conversaciones con representantes de la Associated Colleges of the Midwest (ACM) -de Estados Unidos- para discutir las posibilidades de administrar el programa de biología de campo en América Latina, que ellos ofrecían a sus estudiantes. Finalmente se logró el contrato en 1963, además de otros dos convenios con la Oficina de Investigaciones del Departamento de Defensa de los Estados Unidos, destinados a evaluar la capacidad del Sistema de Zonas de Vida de Holdridge para predecir las

condiciones ambientales y la vegetación de las zonas tropicales, en Costa Rica y en Tailandia. Estos proyectos fueron decisivos para el futuro de la nueva organización. Al renunciar Hunter y Tosi a sus puestos en el IICA, se abocaron de lleno junto con Holdridge, a los estudios contratados (Tosi, 1992).

Como parte del Convenio, llegó a Costa Rica una serie de especialistas en estudios del suelo, ingenieros y consultores, destinados a colaborar en los proyectos con el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, así como personal administrativo, equipo de campo, varios vehículos y los materiales necesarios para empezar. Uno de los resultados importantes de esta experiencia fue la publicación del libro *Forest environments in Tropical life zones. A pilot study*, con la participación de L. Holdridge, J. Tosi, W.C. Grenke, W.H. Hatheway y T. Liang (Holdridge y otros, 1971), fruto del trabajo realizado en 46 sitios de Costa Rica y 6 de Tailandia, entre 1964 y 1966, para ese proyecto. Esta obra contiene los elementos que se elaborarían luego para dar origen a otra llamada *Life Zone Ecology*, publicada por Holdridge (1967), donde se explica el sistema de clasificación en zonas de vida.

Debido al interés común entre los tres científicos fundadores del CCT y los académicos Rafael Lucas Rodríguez de la UCR, Jay M. Savage de la USC y otros –todos habían participado en la Conferencia sobre Problemas en Educación e Investigación en Biología Tropical, llevada a cabo del 23 al 27 de abril de 1962 en Costa Rica– los primeros se acercaron a la OET para unir esfuerzos y los escasos recursos que poseían, una vez iniciados los cursos, a principios de 1964. La intención era ofrecer un auténtico curso de ecología tropical en el campo, donde participaran estudiantes tanto de la ACM -bajo la responsabilidad del CCT- como de otras universidades estadounidenses -bajo la responsabilidad de la OET-. El primer curso conducido enteramente en el campo por Holdridge, Tosi y Hunter, en compañía del Dr. Rafael Lucas Rodríguez de la UCR y del Dr. Alexander Skutch de la OET, fue tan provechoso, que se tomó como modelo para los que continuó impartiendo la OET. A partir de ahí tanto Rodríguez como Skutch se asociaron al CCT (Tosi, 1992).

### **Pionero de la conservación en el país**

En Costa Rica el establecimiento de parques nacionales y otras áreas protegidas vino a ser realidad a partir de 1972. Sin embargo el CCT ya desde 1964 manifestaba interés en fundar un sistema de reservas biológicas privadas, por lo cual puede asegurarse que es una institución conservacionista pionera en el país. Según Tosi (2001) una parte importante de los terrenos que actualmente posee la OET en sus estaciones de campo, fueron previamente negociados y administrados por el CCT.

Puesto que la intención de los miembros del CCT era contar con diferentes puntos representativos de la variedad de condiciones ecológicas tropicales, que obviamente servirían como laboratorio de enseñanza, gestionaron en varias zonas del país el establecimiento de instalaciones en donde alojar a los grupos de estudiantes de la ACM que venían a recibir sus cursos. Fue así como establecieron sus propias estaciones de campo a partir de 1964 (Tosi, 1992; 2001).

En 1967 se dio un período de contracción económica en el CCT. Los especialistas consultores que habían venido, cesaron sus labores, se vendieron varios vehículos de trabajo y se subarrendó una parte del edificio donde funcionaban las oficinas. El Dr. Hunter regresó a Estados Unidos al aceptar el cargo de director de la ACM, mientras Tosi y Holdridge permanecieron en Costa Rica. A pesar de ello la organización continuó trabajando con personal técnico y científico reducidos, en pequeños y medianos contratos de estudio, tanto nacionales como extranjeros. Entre 1967 y 1972 aumentó considerablemente la cantidad de asociados, provenientes en su mayoría de una nueva generación de biólogos costarricenses interesados en la preservación de la naturaleza, entre

los que destacan Luis A. Fournier, Guillermo Mata, Arnoldo Madriz, Alberto González y Luis Diego Gómez, para citar solamente unos pocos.

El CCT inició una nueva modalidad de contratación y realización de estudios en grupo voluntario, que ha perdurado exitosamente (Tosi, 1992), con la participación tanto de miembros asociados como de consultores no asociados, que han sido requeridos por su especialidad y experiencia. Su filosofía de adquisición y aplicación del conocimiento concierne a la relación perdurable del ser humano con los recursos biológicos y físicos del trópico, continuó siendo llevada a la práctica gracias a las utilidades obtenidas por diferentes vías (CCT, 2000).

La tarea científica del CCT ha tenido como norte procurar un desarrollo adecuado y la conservación del medio ambiente. Entre sus logros se cuenta la elaboración de metodologías de aplicación universal, que constituyen valiosos aportes científicos, entre las que sobresalen (Solórzano, 2000) el “Sistema de zonas de vida del mundo” –adoptado por la National Aeronautic and Space Administration (NASA) para ciertos estudios (CCT, 2000), la cuantificación física de los servicios ambientales y la realización de estudios de impacto ambiental, en países tropicales en vías de desarrollo.

#### **4. La Organización para Estudios Tropicales (OET)**

Esta Organización es un consorcio -agrupación de universidades y otras instituciones- sin fines de lucro, fundada oficialmente el 27 de febrero de 1963 en Florida e inscrita ese mismo año en Costa Rica bajo la Ley de Asociaciones, declarada luego, de interés público (Stone, 1988). Es una entidad científica y académica que promueve la educación y la investigación en ecología y sus campos de aplicación, desarrolla programas innovadores de política y educación ambientales, participa activamente en la conservación del bosque tropical y promueve el uso racional de los recursos naturales en los trópicos (OET, 1996).

Inicialmente su gobierno lo ejerció un grupo compuesto por dos representantes de cada una de las instituciones miembros. Más adelante, conforme aumentó la cantidad de asociados, se constituyó un comité ejecutivo en el cual participan 12 miembros, elegidos dentro del grupo de representantes, que trabajan junto a un director residente en Costa Rica y otro director ejecutivo en la oficina norteamericana, ubicada en Duke University, con funciones de fiscal (Wilson, 1991).

#### **Antecedentes y origen de la OET**

Los antecedentes de la Organización se remontan a finales de la década de 1950 en Estados Unidos (Stone, 1988), pero en Costa Rica datan de 1961, cuando la Universidad de Costa Rica y la Universidad del Sur de California (USC) empezaron a ofrecer en Costa Rica, cursos sobre biología tropical, que se repitieron durante 1962 y 1963 (Stone, 1988). El programa fue un esfuerzo cooperativo para promover el desarrollo de los estudios de campo en este país, en cuyo logro se empeñaron el director del entonces Departamento de Biología, Rafael Lucas Rodríguez, el vicedecano de la Facultad de Ciencias y Letras, John de Abate, ambos de la UCR, así como el biólogo Jay M. Savage de la USC –a los que se acercaron luego los científicos del CCT ya mencionados-. Originalmente el programa fue auspiciado por la Fundación Nacional de Ciencias de los Estados Unidos y se dedicó a trasladar grupos de profesores norteamericanos a Costa Rica, para ofrecerles cursos de biología con prácticas de campo, dictados por especialistas.

En esa misma época las Universidades de Miami y Kansas desarrollaron simultáneamente un concepto modesto de estación de campo para estudios tropicales en Costa Rica, al tiempo que la Universidad de Harvard estaba tratando de reubicar el Centro de Estudios Botánicos Tropicales, después de su expulsión de Cuba. Por su parte las Universidades de Florida y de Washington andaban en busca de una base tropical, mientras la Universidad de Michigan, en forma infructuosa, trataba de establecer una estación de campo en el sur de México, con la misma

finalidad que las otras instituciones. Fue la Universidad de Miami quien inició las negociaciones con el gobierno de Costa Rica, para adquirir tierras dónde establecer una estación biológica (Stone, 1988; Janzen, 1991).

El éxito logrado por el programa conjunto entre la UCR y la USC fue decisivo para que las mencionadas universidades estadounidenses, con intereses similares, acordaran que las metas comunes de cada una de las instituciones individuales podrían satisfacerse por medio de una organización cooperativa, pues reconocieron que ninguna institución por sí sola, podría proveer el material y los recursos humanos necesarios para la tarea. De esta manera nació la Organización para Estudios Tropicales en 1963, como un consorcio de siete universidades norteamericanas y la UCR (Smith, 1978), cuyo fin primordial fue desarrollar un centro para estudiantes avanzados de posgrado y de investigación en las ciencias tropicales, basado en el conocimiento del ambiente tropical (Martin y otros, 1999). Sus tareas estaban dirigidas a *promover la educación, la investigación y el uso racional de los recursos naturales en los trópicos* (OET, 1996: 2). Interesaba además, servir como una agencia nacional e internacional coordinadora y facilitadora de trabajos individuales y grupales en los trópicos (Hubbell, 1967). En los años iniciales la OET puso énfasis en la formación de ecólogos tropicales bien informados, con experiencia de campo en ambientes tropicales y actividades de investigación concentradas en los sistemas tropicales (Harmon, 1970; Janzen, 1991).

Con el paso del tiempo la OET ha crecido, hasta contar entre sus colaboradores con 55 universidades e instituciones de investigación de los Estados Unidos y de América Latina, además de los 4 centros de educación superior pública de Costa Rica.

La base principal de la OET permanece en Costa Rica, debido a que las condiciones académicas, científicas, sociales y políticas han resultado muy favorables. Desde sus inicios ha mantenido relaciones estrechas con la UCR, posteriormente, a partir de 1978 con la Universidad Nacional (UNA) y de 1982 en adelante, con el Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR). También ha realizado esfuerzos cooperativos con el Ministerio de Educación Pública (MEP), el Servicio de Parques Nacionales, el Ministerio del Ambiente y Energía (MINAE), el Ministerio de Relaciones Exteriores, el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT) y diversos organismos privados (North American Headquarters, 1988). Con todas estas instituciones ha contribuido a impulsar el desarrollo de la ecología, para lo cual se estableció el Comité de Representantes de Instituciones Costarricenses (CRIC) (OET, s.f., b). Además mantiene vínculos con la comunidad científica y agrupaciones ciudadanas, a fin de identificar soluciones para los problemas nacionales en materia de conservación de los recursos naturales y la protección ambiental (OET; s.f., a).

### **Programas de investigación y cursos**

Ya que el propósito central de la Organización es adquirir conocimiento científico de los ambientes tropicales y de sus complejas relaciones con los seres humanos, se han desarrollado tres áreas de estudio que incluyen una amplia variedad de temas sobre ecología tropical (Hartshorn, 1999), complementados con trabajo de campo (Office of Research Administration, Ann Arbor, 1965).

Su desarrollo ha dependido económicamente del aporte de instituciones como National Science Foundation, Ford Foundation, Rockefeller Brothers Fund, CONICIT de Costa Rica, Andrew Mellon Foundation, Jessie Smith Noyes Foundation y Hewlett Foundation (North American Headquarters, 1988). Por otra parte, las universidades miembros también destinan temporalmente, profesores distinguidos para dictar cursos en la OET (Hubbell, 1967).

El énfasis de los cursos y la selección de los participantes están orientados hacia la investigación básica en biología tropical (Wilson, 1991), así como a lograr la transición desde el

estudiante hasta el investigador independiente, con tanto éxito, que la OET es considerada desde hace más de una década, líder mundial en formación para la investigación científica tropical (Orians, 1994; Stone, 1994). La mayoría de los biólogos tropicales más distinguidos de los Estados Unidos son exalumnos de la OET, han sido sus instructores o han estado asociados a la Organización, como investigadores.

Entre los impactos del papel desempeñado por la OET, se cuenta la demanda siempre creciente de sus cursos, pero tal vez más importante aún ha sido su efecto en el incremento de la cantidad y la calidad de publicaciones científicas relativas a los problemas tropicales (Helms, 1971; Janzen, 1991) con su consecuente contribución al desarrollo de la ecología.

Durante los primeros años, los cursos ofrecidos por la OET fueron selectivos y excluyentes, diseñados sólo para universitarios estadounidenses, dictados en idioma inglés. El accionar e infraestructura de la institución radicada en Costa Rica se aprovechó casi en su totalidad por extranjeros, con la participación excepcional de algunos pocos procedentes de la UCR (Hubbell, 1967). Hasta después que estuvieron incluidas en el consorcio las universidades públicas de Costa Rica, se multiplicaron los cursos en español y empezó a notarse una apertura hacia el mayor aprovechamiento por parte de biólogos y estudiantes costarricenses (Bissonette y Krausman, 1995).

### **Estaciones biológicas**

Para promover la educación, la investigación y el uso racional de los recursos naturales en el trópico, la OET mantiene tres estaciones biológicas en Costa Rica: La Selva, Las Cruces y Palo Verde. Aunque el uso primordial de todas es para fines científicos, también reciben turismo naturalista en cantidades limitadas (Boza, 1980; Laarman y Perdue, 1989), por ello han acondicionado albergues rústicos con infraestructura y ciertas comodidades que permiten la visita de grupos pequeños (Wood, 1984; Mendoza, 1986). Los ingresos generados por la visitación a las tres estaciones biológicas contribuyen al logro de la misión de la OET.

En una estación biológica obligatoriamente debe preservarse el ecosistema con la menor alteración posible, pues en caso contrario, el sitio perdería su función de laboratorio en donde aprender y enseñar acerca de las condiciones ecológicas tropicales. Esta obligatoriedad convirtió desde sus inicios a la OET, en un protector del bosque tropical. No cabe duda que el establecimiento de las Estaciones Biológicas de la OET, ha permitido preservar en Costa Rica muestras de la biodiversidad original de tres zonas de vida -bosque tropical lluvioso de tierras bajas, bosque tropical lluvioso de premontano y bosque seco caducifolio-, que no solamente es importante *per se*, sino porque también alrededor de ellas se han establecido eventualmente zonas protegidas por el Gobierno de la República, ampliando así las áreas naturales protegidas que se conservan en el país.

### **Conclusiones**

La corriente de pensamiento europea que trajo hasta tierras americanas durante el siglo XIX, una asociación entre estudios botánicos con las actividades agrícolas y posteriormente con las forestales, fue determinante para despertar entre los científicos estadounidenses la necesidad de experimentar en las regiones tropicales vecinas.

Pese a que desde la década de 1950 hubo manifestaciones de interés en las universidades de Estados Unidos por implementar los estudios tropicales, no fue sino hasta 1960, en la Conferencia sobre Botánica Tropical realizada en Florida, donde se legitimó la idea de entrenar estudiantes estadounidenses *in situ*, capaces de asumir eventualmente la investigación científica destinada al aumento de los conocimientos botánicos puros o bien como sustento de actividades económicas,

la industria y la medicina. En procura de ello se vio la necesidad de fundar estaciones de campo dedicadas a la enseñanza y la investigación, en las regiones tropicales de América.

Ese interés científico parece no ser un hecho aislado, sino más bien estar en estrecha relación con el interés entre los estrategas norteamericanos, desde el periodo de guerra, de explorar la riqueza biótica albergada en América Latina. La estrategia consistió en destacar la necesidad de procurar soluciones comunes a los problemas individuales, la cual evolucionó hasta el nacimiento de organismos panamericanos unificadores, que financiaron instituciones dedicadas a la investigación científica y la educación.

La coyuntura política mencionada propició el nacimiento del IICA, como centro de investigación y enseñanza. El contingente de estudiantes latinoamericanos que acudió a prepararse, pronto se convirtió en recursos humanos altamente calificados, con un credo común.

Particularmente en Costa Rica el trabajo florístico recibió un impulso muy fuerte con la creación del IICA, siendo desarrollado al principio por investigadores norteamericanos contratados como profesores, continuado luego con valiosos aportes de nacionales.

Del grupo de investigadores y profesores norteamericanos que llegaron a impartir cursos de posgrado, varios permanecieron ligados por periodos prolongados y hasta de por vida, con el desarrollo científico costarricense. La influencia de estos profesores investigadores, se hizo notar pronto en el ambiente académico nacional, en la Universidad de Costa Rica y en otras nuevas instituciones como el Centro Científico Tropical y la Organización para Estudios Tropicales.

La idea de fundar el CCT en 1962, se originó entre profesores del IICA, uno de los cuales fue Holdridge, cuya propuesta innovadora de clasificación en zonas de vida, creció y maduró de la mano con la organización. El CCT logró establecer en el país una escuela ecológica que además de expandirse a la sociedad científica costarricense, ha logrado proyección mundial.

Otra institución originada en 1963 es la OET, gracias en parte al éxito logrado por el CCT. Esta también ha tenido un papel importante en el desarrollo de la ecología, pues bajo su amparo se ha dado la formación de estudiosos especializados en ecosistemas tropicales. La preparación de ecólogos nacionales capaces de contribuir a elevar el nivel científico de Costa Rica, ocurrió varios años después que se empezó a formar en el país, todo un contingente de universitarios estadounidenses.

Tanto el CCT como la OET nacieron para satisfacer la demanda de conocimientos y de profesionales norteamericanos especializados en biología tropical. Ambas educaron en sus inicios, exclusivamente para estudiantes de universidades estadounidenses, pero luego se proyectaron a las costarricenses.

La posibilidad para los nacionales interesados de participar en cursos de alto nivel científico ofrecidos en dichas instituciones así como en el IICA, de consultar sus bibliotecas actualizadas, ha sido decisiva para el acceso oportuno a los avances científicos, sobre todo en el pasado, cuando la vía exclusiva para transmitir conocimientos de un lugar distante a otro, era el material impreso.

Gracias a las Estaciones Biológicas y otras áreas protegidas, bajo la tutela del CCT y la OET, se han logrado preservar en Costa Rica muestras de la biodiversidad original en varias zonas de vida, alrededor de las cuales se establecieron eventualmente sectores con ecosistemas protegidos por el Gobierno de la República.

Pese a los intereses político económicos ocultos, el establecimiento de las instituciones analizadas marca el inicio de un ambiente favorable para el desarrollo de la ecología científica en el país, que se prolonga hasta nuestros días.

## Bibliografía

- Acot, P. *Ecologie*. "L'écologie a cent ans: hommage a Eugenius Warming". No. 26, 1995: 5-7.
- Bissonette, J.A. y Krausman, P.R. *Integrating people and wildlife for a sustainable future*. The Wildlife Society Bethesda, Maryland, 1995.
- Boza, M.A. *Biocenosis*. "Fomento del turismo científico en Costa Rica". Vol.3, No.1, 1980, pp.3.
- Clark, D.B. *Four Neotropical Rainforest*. A.H. Gentry (ed.). "La Selva Biological Station: a blueprint for stimulating tropical research". Yale University Press, 1990, pp.9-27.
- Centro Científico Tropical. *Perfil de la organización*. Mimeografiado, 2000.
- Coto, R. *Las ciencias agrícolas en América Latina. Progreso y futuro*. "El IICA y la OEA". Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas y Asociación Latinoamericana de Fitotecnia, 1967, pp. 465-506.
- De Cuevas, J. Harvard Magazine. "La Selva". Harvard University, Nov.-Dic 1987, pp. 55-62.
- Denslow, J. *Journal of Vegetation Science*. "The Organization for Tropical Studies: 27 years of research and education in the tropics". Opulus Press Uppsala, Sweden, No.1, 1990, pp.133-134.
- Harmon, M.J. *The Organization for Tropical Studies: its history and activities in Central America*. Term paper submitted to C. Stansifer, University of Kansas. Mimeografiado, 1970.
- Hartshorn, G.S. *Historia Natural de Costa Rica*. Janzen, D.H. (ed.) "Plantas". Editorial de la Universidad de Costa Rica, 1991, pp.119-353.
- Hartshorn, G.S. *Cuadernos de Pueblos y Plantas*. "Organización para Estudios Tropicales". UNESCO, No. 4, 1999.
- Helms, J.A. *Journal Forestry*. "Education and Research in tropical forestry" Vol.69, No.7, 1971, pp.414-417.
- Hodge, W.H. y Keck, D.D. *The Neotropical Botany Conference*. "Biological research centres in Tropical America". Bulletin Association for Tropical Biology 1, 1962: 107-120.
- Holdridge, L.R y otros. *Forest environments in Tropical life zones. A pilot study*. Pergamon Press, Oxford, 1971.

- Holdridge, L.R. *Ecología basada en zonas de vida*. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, San José, 1979.
- Holdridge, L.R. *Life Zone Ecology*. Tropical Science Center. San José, 1967.
- Hubbell, T.H. *BioScience*. "The Organization for Tropical Studies" Vol.17, No.4, 1967, pp.236-240.
- IICA, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. *El IICA: 50 años de historia*. IICA, 1993.
- IICA, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. *Fundación y evolución del IICA desde Turrialba al Instituto de Cooperación para la Agricultura*. IICA, Serie Publicaciones Misceláneas No. 281, 1981.
- Janzen, D.H. (ed). *Historia Natural de Costa Rica*. Editorial de la Universidad de Costa Rica, 1991.
- Kohl, J. *Education*. "No reserve is an island" Set-Oct. 1993, pp. 74-75 y 82.
- Laarman, J.G. y Perdue, R.R. *Tourism Management*. "Tropical science and tourism. The case of OET in Costa Rica". March, 1989, pp.29-38.
- León, J. *Las ciencias agrícolas en América Latina. Progreso y futuro*. "Los estudios botánicos". Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas y Asociación Latinoamericana de Fitotecnia, 1967, pp. 67- 84.
- Martin, G.J. y otros. *Cuadernos de Pueblos y Plantas*. "La medida de la diversidad. Métodos para evaluar los recursos biológicos y los conocimientos autóctonos". UNESCO, No. 4, 1999.
- Marzocca, A. *Las ciencias agrícolas en América Latina. Progreso y futuro*. "Los pioneros". Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas y Asociación Latinoamericana de Fitotecnia, 1967, pp.27- 66.
- Matagne, P. *Aux origines de l'Ecologie. Les naturalistes en France de 1800 a 1914*. Paris Editions du CTHS. Paris, 1999.
- Matagne, P. *La Historia de la ecología y sus grandes escuelas*. Mimeografiado, s.f.
- Mayorga, M. *El Jardín Botánico Lankester: génesis y desarrollo histórico y ambiental*. Mimeografiado, 1999.
- Mendoza, R. *Biocenosis*. "Ecoturismo en Costa Rica". Vol.3, No.1, 1986, pp.14-16.



- North American Headquarters. *OTS: Goals, Programs and Resources*. Duke University, North Carolina, 1988.
- OET. *Aprenda sobre la naturaleza en tres estaciones biológicas*. Mimeografiado, 2000.
- OET. *Organización para Estudios Tropicales. Una breve presentación*. Mimeografiado, 1996.
- OET. *Organización para Estudios Tropicales*. Mimeografiado, s.f., a.
- OET. *Comité de Representantes de Instituciones Costarricenses (CRIC)*. Mimeografiado, s.f., b.
- Office of Research Administration The University of Michigan Ann Arbor. *Research News*. The Organization for Tropical Studies. Vol. XV, No. 9, 1965, pp. 1-5.
- Olcese, O. *Las ciencias agrícolas en América Latina. Progreso y futuro*. "La moderna fundación y su ingreso al campo agrícola en la América Latina". Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas y Asociación Latinoamericana de Fitotecnia, 1967, pp. 507-522.
- Orians, G. *Environmental Review*. "The Organization for Tropical Studies: an interview with Gordon Orians". Vol., 1 No.4, 1994, pp. 4-8.
- Pringle, C.M. *Tropical rainforest: diversity and conservation*. "History of conservation efforts and initial explorations of lower extension of Parque Nacional Braulio Carrillo, Costa Rica". California Academy of Sciences, San Francisco, 1984.
- Savage, J.M. *Final report on the Conference on Problems in Education and Research in Tropical Biology*. Universidad de Costa Rica, 1962.
- Savage, J.M. y J. Villa. *Introducción a la herpetofauna de Costa Rica*. Tercera edición. Society for the study of amphibians and reptiles, Ohio, 1986.
- Smith, C.M. "The impact of O.T.S. on the ecology of Costa Rica". *Texas J. Science* 30: 283-289, 1978.
- Solórzano, R. *Centro Científico Tropical. Apoyo a la conservación y el desarrollo sostenible de los trópicos. Aportes a la memoria institucional (1962-2000)*. Centro Científico Tropical. Mimeografiado, 2000.
- Stone, D.E. *The Organization for Tropical Studies (OTS): a succes story in graduate training and research*. California Academy of Sciences, 1988.
- Stone, D.E. "OTS as an Institution for Conservation Education". *Principles of Conservation Biology*. Meffe, G.K. and Carroll C.R. (eds). Sinauer Associates,

Sunderland, MA, 1994.

Tangley, L. *BioSciences*. "Studying (and saving) the tropics". Vol 38, No. 6, 1988, pp. 375-388.

Tosi, J.A. *Mapa ecológico, República de Costa Rica: según clasificación de zonas de vida del mundo de L.R. Holdridge*. Centro Científico Tropical, 1969.

Tosi, J.A. *Discurso: Semblanza histórica del Centro Científico Tropical*. Centro Científico Tropical. Mimeografiado, 1992.

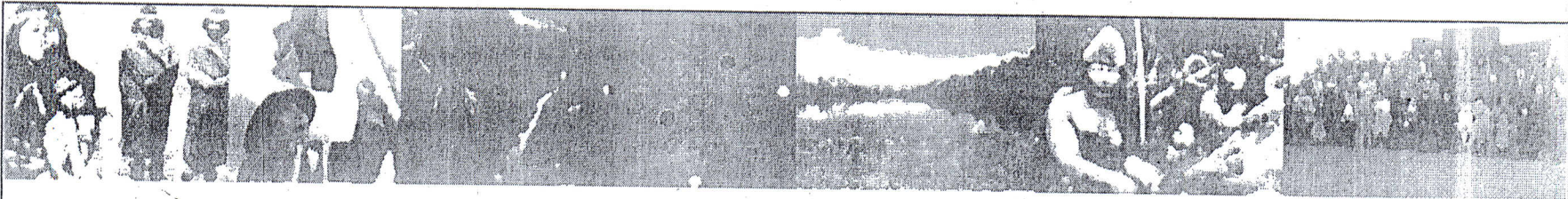
Tosi, J.A. Comunicación personal, 2001.

Verdoorn, F. (ed.). *Plants and plant science in Latin America*. Waltham, Massachusets, Chronica Botanica, 1945, 383 p.

Watson, V. y otros. *El Sistema de Zonas de Vida*. Centro Científico Tropical. Mimeografiado, 1999.

Wilson, D.E. "OTS: a paradigm for tropical ecology and conservation education programs". *Latin American Mammalogy*. M.A. Mares and S.C. Hmidly (eds.). Univ. Oklahoma Press, Norman. 1991, pp. 358-367.

Wood, T.J. *Costa Rica's tourism delivery, tourist management and development center*. University of Minnesota, 1984.



# XII Jornadas Interescuelas Departamentos de Historia

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE  
1972  
FACULTAD DE HUMANIDADES  
RECEPCION  
11 DIC 2009  
M.I.Nº

Se certifica que **AMADOR BERROCAL, Sonia**  
, ha participado en calidad de **EXPOSITOR/A** en las  
*XII Jornadas Interescuelas Departamentos de Historia,*

organizadas por el Departamento de Historia de la Universidad Nacional del Comahue,  
durante los días 28, 29, 30 y 31 de octubre de 2009, en la ciudad de  
**San Carlos de Bariloche, Provincia de Río Negro.**

**San Carlos de Bariloche, 31 de octubre de 2009**



*Prof. Alcira Trinchero*  
Directora Dpto. de Historia

*Mg. Juan Daniel Nataine*  
Decano CRUB

*Prof. Pedro Barreiro*  
Decano Fac. Humanidades

Documento anexo N° 5

