

**UNIVERSIDAD-VERDAD**

**REVISTA DE LA UNIVERSIDAD DEL AZUAY**

**Nº 29**

**Diciembre 2002**

**UNIVERSIDAD DEL AZUAY**

**Dr. Mario Jaramillo Paredes**  
RECTOR

**Ing. Francisco Salgado**  
VICERRECTOR  
Econ. Carlos Cordero Díaz  
DECANO GENERAL ADMINISTRATIVO  
Ing. Jacinto Guillén García  
DECANO DE INVESTIGACIONES

**UNIVERSIDAD-VERDAD**

Revista de la Universidad del Azuay

Director

**Dr. Claudio Malo González**  
Consejo Editorial

**Dr. Napoleón Almeida Durán**  
**Dr. Oswaldo Encalada Vásquez**  
**Arq. Diego Jaramillo Paredes**

Todos los artículos de esta Revista han sido escritos por profesores de la Facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidad del Azuay.

La responsabilidad por las ideas expuestas en esta revista corresponde exclusivamente a sus autores.

Se autoriza la reproducción del material de esta revista y se pide citar la fuente.

Canjes y donaciones: Biblioteca "Hernán Malo González" de la Universidad del Azuay

Av. 24 de Mayo 7-77 y Hernán Malo  
Apartado Postal 981  
Teléfono 881333  
Cuenca-Ecuador

# **Ciencia y Tecnología**



## CONTENIDO

NOTA DE LOS EDITORES	7
20 PREGUNTAS SOBRE LOS ALIMENTOS GENÉTICAMENTE MODIFICADOS (GM) Organización Mundial de la Salud	9
IMPORTANCIA DEL SISTEMA HACCP EN LAS INDUSTRIAS DE ALIMENTOS Miriam Briones García	27
LA ENSEÑANZA DE LAS MATEMÁTICAS Y LA SOCIEDAD Juan Carlos Malo	41
LA INVESTIGACIÓN: PRINCIPAL COMPONENTE DE LA CIENCIA Y TECNOLOGÍA Ing. Manuel Toalongo Paidá	51
LOS CONOCIMIENTOS SHUAR SOBRE LA DIVERSIDAD VEGETAL DE LA REGIÓN AMAZÓNICA. EL CASO DEL CENTRO SHUAR YUKUTAIS Raffaella Ansaloni	63
CONTROL DE FITOPATÓGENOS CON METABOLITOS SECUNDARIOS DE HONGOS María E. Cazar Ramírez	71
NEMATODOS QUE SE ALIMENTAN DE INSECTOS: Una opción para el Manejo Integrado de Plagas Walter Iván Larriva C.	81
EL CICLO DEL NITRÓGENO Y SU CIRCULACIÓN EN ECOSISTE- MAS DE CONÍFERAS: IMPLICACIONES PARA EXPLICAR EL ÉXI- TO DEL CRECIMIENTO DE LOS PINOS EN SUELOS POBRES Gustavo Chacón	95

MICROPROPAGACIÓN DEL HONGO COMESTIBLE PLEUROTUS OSTREATUS PARA LA PROMOCIÓN DEL CULTIVO REGIONAL; UN ENSAYO PRELIMINAR Juan Calderón Machuca	121
CARNÍVOROS DEL ECUADOR; ANATOMÍA, MORFOLOGÍA Y CLAVE GRÁFICA DE IDENTIFICACIÓN Juan Pablo Martínez Moscoso	133
PREVALENCIA PARASITOLÓGICA DE BOVINOS EN LA PROVINCIA DEL AZUAY DURANTE LOS AÑOS 1996-1997 Judith Narváez Terán y René Zuñiga Peralta	145
LOS INVERNADEROS Y LA HORTICULTURA Iván Guzhñay Z.	165
UNA NUEVA FORMA DE GESTIÓN DEL AGUA EN LOS ANDES ECUATORIANOS: LA CREACIÓN DEL CONSEJO DE LA CUENCA DEL PAUTE Pablo Lloret Zamora	177
LOS PÁRAMOS DE AZUAY Y CAÑAR Omar Delgado y Edwin Zarate	197
SITUACION ESTADISTICA DE LAS CONCESIONES MINERAS EN LAS PROVINCIAS DE AZUAY, CAÑAR Y MORONA SANTIAGO; UN POTENCIAL MINERO Patricio Feijoo C. y Federico Auquilla T.	227
SEGURIDAD Y CONFORT EN LOS AUTOMÓVILES MODERNOS Fernando Guerrero	239
CONTAMINACION ATMOSFERICA POR VEHICULOS AUTOMOTORES Eduardo Hidrovo Murillo	249
LAS ENERGÍAS RENOVABLES Jacinto Guillén García	269

## NOTA DE LOS EDITORES

La cultura occidental alumbró el concepto y sigue gozando de las discrepantes “bondades” del progreso, término del cual la masa es devota aunque es insoslayable la posición del detractor, quien identifica en él más bien a su antítesis, la decadencia.

El hombre, el único “ser animado racional” coexiste, en un mundo plagado de otras especies animales y vegetales, con la energía limitada o inconmensurable bien del “azulado arroyuelo de espuma de ensueño” o del poderoso fuego del volcán o el soplido soberbio de la atmósfera en forma de vientos o huracanes. Su innegablemente superior inteligencia le permitió conocer a aquellos vecinos y aun conocerse y, poquísimos años há, en las postrimerías del siglo XVIII de nuestra era ,sumar a esta simbiosis a otros planetas, astros y galaxias.

Aunque el mal denominado Australopithecus, de tres millones de años de antigüedad observó meticulosamente la conformación y la vida en la sabana africana y, geólogo ancestral, en base a la experimentación distinguió ya las rocas “eruptivas” de las “sedimentarias”, únicamente, en estos últimos instantes de su historia, esto es, después de la gran revolución industrial de hace doscientos años , ha comenzado la gran cruzada para domar y explotar , en beneficio suyo, claro, y a inmensa escala, la epidermis, las vísceras e incluso uno que otro agujero nutricio del monstruo bueno y perverso llamado naturaleza. Su domesticación está en pañales pues el rugido continúa incólume y los intentos de controlarlo, en el peor de los casos, han atemorizado más al vigoroso domador, quien no se rinde pues escudriña más valientemente con su penetrante mirada los misterios que le aterran y ajusta y reajusta

el volumen y calidad del látigo que, al menos en sueños, le permitirá poner al coloso a sus pies.

Si bien la doma no se ha terminado, el aprendiz sacia su hambre pues extensos trozos de la piel gigantesca disponen de alimentos que son multiplicados por el diminuto domador, el que en sus momentos de ocio ha practicado el oficio de mago.

Cuando miramos el cosmos nos asombramos de nuestra ínfima estatura pero nos engrandecemos al reflexionar sobre la genuina particularidad que tiene el hombre justamente de reflexionar, es decir, de embarazarse por obra y gracia de la ciencia y parir, aunque los abortos no sean infrecuentes, a su hija, la técnica. Progenitora y “heredera” se enredan a veces en problemas morales pues la infanta es inculpada de dolores estomacales de los cuales la culpable resulta ser el ser que le dio la vida; el conflicto, a veces fuerte, no obstante, carece de la figura jurídica del repudio. Madre e hija conviven en perfecta armonía y se abrazan con amor y ternura cuando escuchan y ven a la vez remotas informaciones provenientes de Biafra, en un aparatito diminuto, juguete por ellas creado para satisfacción de los traviosos hombres, reportando que sus leches maternas, sus senos, han transformado la macilenta figura de los niños hambrientos en seres humanos robustos, vigorosos. El viejito, el domador, recuerda el antiguo aserto que dice: el abuelo es un caballo ensillado por el hijo y montado por el nieto. ¿Es realmente este descendiente amado, el producto tecnológico, el jinete de su abuelo, el hombre?

La Universidad del Azuay, en su vigésima novena entrega de “Universidad Verdad”, recoge y difunde artículos disímiles de nivel y contenido producidos por los catedráticos de su Facultad de Ciencia y Tecnología. Se invita a reflexionar con ellos al máximo número de abuelos.

**20 PREGUNTAS SOBRE LOS ALIMENTOS  
GENÉTICAMENTE MODIFICADOS (GM)**

*Organización Mundial de la Salud*



Fuente: [www.campus-oei.org](http://www.campus-oei.org)

*Estas preguntas y respuestas han sido preparadas por la OMS en respuesta a preguntas y preocupaciones de una cantidad de Gobiernos de Estados Miembro de la OMS con respecto a la naturaleza y la inocuidad de los alimentos genéticamente modificados.*

### **P1. ¿Qué son los organismos genéticamente modificados (GM) y los alimentos GM?**

Los organismos genéticamente modificados (OGM) pueden definirse como organismos en los cuales el material genético (ADN) ha sido alterado de un modo artificial. La tecnología generalmente se denomina “biotecnología moderna” o “tecnología genética”, en ocasiones también “tecnología de ADN recombinante” o “ingeniería genética”. Ésta permite transferir genes seleccionados individuales de un organismo a otro, también entre especies no relacionadas.

Dichos métodos se utilizan para crear vegetales GM – que luego se utilizan para desarrollar cultivos de alimentos GM.

### **P2. ¿Por qué se producen alimentos GM?**

Los alimentos GM se desarrollan –y comercializan- porque se percibe cierta ventaja tanto para los productores como para los consumidores de estos alimentos. Esto tiene como objetivo traducirse en un producto con un menor precio, mayores beneficios (en términos de durabilidad o valor nutricional) o ambos. En un principio, los individuos que desarrollaban semillas GM deseaban que sus productos fueran aceptados por los productores, por lo tanto, se concentraron en innovaciones que los agricultores (y la industria alimentaria en general) pudiera apreciar.

El objetivo inicial del desarrollo de vegetales sobre la base de organismos GM fue aumentar la protección de los cultivos. Los

cultivos GM actualmente en el mercado tienen como objetivo principal aumentar el nivel de protección de los cultivos mediante la introducción de resistencia a enfermedades causadas por insectos o virus a los vegetales o mediante una mayor tolerancia a los herbicidas.

*La resistencia a los insectos* se logra incorporando a la planta alimenticia el gen productor de toxinas de la bacteria *Bacillus thuringiensis* (BT). Esta toxina se usa actualmente como un insecticida convencional en la agricultura y es inocua para el consumo humano. Se ha demostrado que los cultivos GM que producen esta toxina en forma permanente requieren menores cantidades de insecticidas en situaciones específicas, por ejemplo, donde la presión de plagas es elevada.

*La resistencia viral* se logra mediante la introducción de un gen de ciertos virus que causan enfermedad en los vegetales. La resistencia viral reduce la susceptibilidad de los vegetales a enfermedades causadas por dichos virus, lo que da como resultado un rendimiento mayor de los cultivos.

*La tolerancia a herbicidas* se logra mediante la introducción de un gen de una bacteria que le confiere resistencia a ciertos herbicidas. En situaciones donde la presión de la maleza es elevada, el uso de dichos cultivos ha producido una reducción en la cantidad de herbicidas utilizados.

### **P3. ¿Se evalúan los alimentos GM en forma diferente de los alimentos tradicionales?**

En general, los consumidores consideran que los alimentos tradicionales (que usualmente se han consumido por miles de años) son inocuos.

Cuando se desarrollan alimentos nuevos por métodos naturales, se pueden alterar algunas de las características existentes en los alimentos, tanto en forma positiva como negativa. Se podría convocar a las autoridades nacionales de alimentos a examinar los alimentos tradicionales, pero esto no siempre ocurre. En realidad, puede ocurrir que los vegetales nuevos desarrollados mediante técnicas

tradicionales de reproducción no se evalúen rigurosamente usando técnicas de evaluación de riesgos.

Con los alimentos GM, la mayoría de las autoridades nacionales consideran que son necesarias evaluaciones específicas. Se han establecido sistemas específicos para una evaluación rigurosa de organismos GM y alimentos GM relativos tanto a la salud humana como al medio ambiente. Por lo general, no se realizan evaluaciones similares para los alimentos tradicionales. Por lo tanto, hay una diferencia significativa en el proceso de evaluación antes de la comercialización para estos dos grupos de alimentos.

Uno de los objetivos del Programa de Inocuidad Alimentaria de la OMS es colaborar con las autoridades nacionales en la identificación de los alimentos que deben someterse a evaluaciones de riesgos, incluyendo alimentos GM, y recomendar las evaluaciones correctas

#### **P4. ¿Cómo se determinan los riesgos potenciales para la salud humana?**

La evaluación de inocuidad de los alimentos GM generalmente investiga: (a) los efectos directos sobre la salud (toxicidad), (b) las tendencias a provocar una reacción alérgica (alergenicidad); (c) los componentes específicos con sospecha de tener propiedades nutricionales o tóxicas; (d) la estabilidad del gen insertado; (e) los efectos nutricionales asociados con la modificación genética; y (f) cualquier efecto no deseado que podría producirse por la inserción genética.

#### **P5. ¿Cuáles son los principales temas de preocupación para la salud humana?**

Si bien las discusiones teóricas han abarcado una amplia gama de aspectos, los tres temas principales debatidos son las tendencias a provocar una reacción alérgica (alergenicidad), la transferencia de genes y el cruzamiento lejano (*outcrossing*).

*Alergenicidad.* Por una cuestión de principios, se desalienta la transferencia de genes de alimentos comúnmente alérgicos a

menos que pueda demostrarse que el producto proteico del gen transferido no es alergénico. Si bien los alimentos desarrollados en forma tradicional no se evalúan generalmente en cuanto a alergenicidad, los protocolos para pruebas de alimentos GM han sido evaluados por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la OMS. No se han hallado efectos alérgicos en relación con los alimentos GM que se encuentran actualmente en el mercado.

*Transferencia genética.* La transferencia genética de alimentos GM a células del organismo o a bacterias del tracto gastrointestinal causarían preocupación si el material genético transferido afectara en forma adversa a la salud humana. Esto sería particularmente relevante si fueran a transferirse genes de resistencia a antibióticos usados para crear OGM. Si bien la probabilidad de transferencia es baja, un panel de expertos reciente de FAO/OMS ha incentivado el uso de tecnología sin genes de resistencia a antibióticos.

*Outcrossing.* El desplazamiento de genes de vegetales GM a cultivos convencionales o especies silvestres relacionadas (llamado "outcrossing"), así como la combinación de cultivos provenientes de semillas convencionales con aquellos desarrollados usando cultivos GM, puede tener un efecto indirecto sobre la inocuidad y la seguridad de los alimentos. Este riesgo es real, como se demostró cuando aparecieron rastros de un tipo de maíz que sólo fue aprobado para alimentación animal en productos del maíz para consumo humano en los Estados Unidos de América. Muchos países han adoptado estrategias para reducir la combinación, incluyendo una clara separación de los campos dentro de los cuales se desarrollan cultivos GM y cultivos convencionales.

Se está discutiendo la factibilidad y los métodos para monitorear los productos alimentarios GM después de la comercialización, para la vigilancia continua de la inocuidad de los productos alimentarios GM.

## **P6. ¿Cómo se realiza una evaluación de riesgos para el medio ambiente?**

Las evaluaciones de riesgos del medio ambiente abarcan tanto

los OGM involucrados como el potencial medio ambiente receptor. El proceso de evaluación incluye una evaluación de las características del OGM y sus efectos y estabilidad en el medio ambiente, combinado con las características ecológicas del medio ambiente en el cual tendrá lugar la introducción. La evaluación también incluye los efectos no deseados que podrían surgir por la inserción del nuevo gen.

### **P7. ¿Cuáles son los temas de preocupación en cuanto al medio ambiente?**

Los temas de preocupación incluyen: la capacidad de los OGM para dispersarse e introducir potencialmente los genes de ingeniería genética dentro de poblaciones silvestres; la persistencia del gen una vez que el OGM ha sido cosechado; la susceptibilidad de los organismos no objetivo (por ej., los insectos que no son plaga) al producto genético; la estabilidad del gen; la reducción del espectro de otros vegetales incluyendo pérdida de biodiversidad; y un mayor uso de sustancias químicas en la agricultura. Los aspectos de inocuidad del medio ambiente de los cultivos GM varían considerablemente de acuerdo con las condiciones locales.

Las investigaciones actuales se concentran en: el efecto potencialmente perjudicial sobre los insectos beneficiosos o una inducción más rápida de insectos resistentes; la generación potencial de nuevos patógenos vegetales; las potenciales consecuencias perjudiciales para la biodiversidad vegetal y la vida silvestre, y un menor uso de la práctica importante de rotación de cultivos en ciertas situaciones locales; y el desplazamiento de genes de resistencia a los herbicidas a otros vegetales.

### **P8. ¿Son inocuos los alimentos GM?**

Los diferentes organismos GM incluyen genes diferentes insertados en formas diferentes. Esto significa que cada alimento GM y su inocuidad deben ser evaluados individualmente, y que no es posible hacer afirmaciones generales sobre la inocuidad de todos los alimentos GM.

Los alimentos GM actualmente disponibles en el mercado internacional han pasado las evaluaciones de riesgo y no es probable que presenten riesgos para la salud humana. Además, no se han demostrado efectos sobre la salud humana como resultado del consumo de dichos alimentos por la población general en los países donde fueron aprobados. El uso continuo de evaluaciones de riesgo en base a los principios del Codex y, donde corresponda, incluyendo el monitoreo post comercialización, debe formar la base para evaluar la inocuidad de los alimentos GM.

#### **P9. ¿Cómo se reglamentan los alimentos GM a nivel nacional?**

La forma en que los países han reglamentado los alimentos GM es variada. En algunos países, los alimentos GM no están reglamentados todavía. Los países que cuentan con legislación, se concentran principalmente en evaluaciones de riesgos para la salud de los consumidores. Los países que tienen disposiciones para los alimentos GM, usualmente también reglamentan los OGM en general, teniendo en cuenta los riesgos para la salud y el medio ambiente así como los temas relacionados con control y comercio (como los regímenes potenciales de prueba y etiquetado). Dada la dinámica del debate sobre alimentos GM, es probable que la legislación continúe evolucionando.

#### **P10. ¿Qué tipos de alimentos GM se encuentran en el mercado internacional?**

Todos los cultivos GM disponibles en el mercado internacional en la actualidad han sido diseñados usando una de tres características básicas: resistencia al daño causado por insectos, resistencia a las infecciones virales; y tolerancia a ciertos herbicidas. Todos los genes usados para modificar cultivos provienen de microorganismos.

<i>Cultivo</i>	<i>Característica</i>	<i>Áreas/países con aprobación</i>
Maíz	Resistencia a insectos Tolerancia a herbicidas	Argentina, Canadá, Sudáfrica, Estados Unidos, UE Argentina, Canadá, Estados Unidos, UE
Soja	Tolerancia a herbicidas	Argentina, Canadá, Sudáfrica, Estados Unidos, UE (sólo para procesamiento)
Colza	Tolerancia a herbicidas	Canadá, Estados Unidos
Achicoria	Tolerancia a herbicidas	UE (sólo para reproducción)
Calabazas	Resistencia a virus	Canadá, Estados Unidos
Papa	Resistencia a insectos/ Tolerancia a herbicidas	Canadá, Estados Unidos

### **P11. ¿Qué ocurre cuando se comercializan internacionalmente alimentos GM?**

No hay en la actualidad sistemas reglamentarios internacionales específicos. Sin embargo, muchas organizaciones internacionales están involucradas en el desarrollo de protocolos para OGM.

La Comisión del Codex Alimentarius (Codex) es el organismo conjunto de FAO/OMS responsable de compilar los estándares, los códigos de práctica, los lineamientos y las recomendaciones que componen el Codex Alimentarius: el código alimentario internacional. El Codex está desarrollando principios para el análisis de riesgos para la salud humana de los alimentos GM. La premisa de estos principios dicta una evaluación previa a la comercialización, realizada en forma individual y que incluya una evaluación tanto de los efectos directos (del gen insertado) como de los efectos no deseados

(que pueden surgir como consecuencia de la inserción del nuevo gen). Los principios están en una etapa avanzada de desarrollo y se espera que sean adoptados para julio de 2003. Los principios del Codex no tienen un efecto de obligatoriedad sobre la legislación nacional, pero son mencionados específicamente en el Acuerdo Sanitario y Fitosanitario (Acuerdo SPS) de la Organización Mundial de Comercio, y pueden usarse como referencia en el caso de disputas comerciales.

El Protocolo de Cartagena sobre Bioinocuidad (CPB, siglas en inglés), un tratado ambiental legalmente obligatorio para sus Partes, regula los movimientos transfronterizos de los organismos vivos modificados (LMO, siglas en inglés). Los alimentos GM entran en el ámbito del Protocolo sólo si contienen LMO capaces de transferir o replicar el material genético. La piedra angular del CPB es un requisito de que los exportadores soliciten el consentimiento de los importadores antes del primer envío de LMO con intenciones de ser liberados al medio ambiente. El Protocolo entrará en vigencia 90 días después de que el 50º país lo haya ratificado, lo que puede ocurrir a principios de 2003 en vista de las aceleradas declaraciones registradas desde junio de 2002.

**P12. ¿Han pasado una evaluación de riesgos los productos GM en el mercado internacional?**

Todos los productos GM actualmente en el mercado internacional han pasado las evaluaciones de riesgos desarrolladas por las autoridades nacionales. Estas evaluaciones difieren por lo general siguen los mismos principios básicos, incluyendo una evaluación del riesgo para el medio ambiente y la salud humana. Estas evaluaciones son minuciosas - no han indicado ningún riesgo para la salud humana.

**P13. ¿Por qué hubo preocupación entre algunos políticos, grupos de interés y consumidores, especialmente en Europa, sobre los alimentos GM?**

Desde la primera introducción en el mercado a mediados de los

'90 de un alimento GM importante (sojas resistentes a herbicidas), hubo cada vez más preocupación sobre dichos alimentos entre políticos, activistas y consumidores, especialmente en Europa.

Hay muchos factores involucrados. A fines de los '80, principios de los '90, los resultados de décadas de investigación molecular alcanzaron dominio público. Hasta ese momento, los consumidores por lo general no estaban muy informados del potencial de esta investigación. En el caso de alimentos, los consumidores comenzaron a preguntarse sobre inocuidad porque perciben que la biotecnología moderna está originando la creación de nuevas especies.

Los consumidores se preguntan con frecuencia: "¿Cuál es la ventaja para mí?". En el campo de los medicamentos, muchos consumidores han aceptado más rápidamente la biotecnología como beneficiosa para su salud (por ej., los medicamentos con un mejor potencial de tratamiento). En el caso de los primeros alimentos GM introducidos en el mercado europeo, los productos no tenían un beneficio directo aparente para los consumidores (no eran más económicos, no aumentaban su fecha de vencimiento, no tenían mejor sabor). El potencial de las semillas GM para brindar mayor producción por área cultivada debería resultar en precios más bajos. Sin embargo, la atención del público se ha concentrado en el aspecto de los riesgos de la ecuación riesgo-beneficio.

La confianza de los consumidores en la inocuidad de los suministros de alimentos en Europa ha disminuido significativamente como resultado de una cantidad de sobresaltos alimentarios que tuvieron lugar en la segunda mitad de los '90 que no están relacionados con los alimentos GM. Esto también tuvo un impacto sobre las discusiones sobre la aceptación de los alimentos GM. Los consumidores han cuestionado la validez de las evaluaciones de riesgos, tanto en relación los riesgos para la salud de los consumidores como para el medio ambiente, concentrándose principalmente en los efectos a largo plazo. Otros temas de debate de las organizaciones de consumidores incluyeron alergenicidad y resistencia antimicrobiana. Las preocupaciones de los consumidores desencadenaron una discusión sobre la conveniencia del etiquetado de los alimentos GM que permite una elección consciente. Al mismo tiempo, ha sido difícil

detectar rastros de OGM en los alimentos: esto significa que las concentraciones muy bajas por lo general no pueden detectarse.

**P14. ¿De qué forma ha afectado esta preocupación a la comercialización de alimentos GM en la Unión Europea?**

Las preocupaciones de la población sobre los alimentos GM y los OGM en general han tenido un impacto significativo en la comercialización de los productos GM en la Unión Europea (UE). De hecho, han dado como resultado que se colocara en el mercado la denominada moratoria sobre aprobación de productos GM. Por lo general, la comercialización de alimentos GM y OGM es objeto de extensiva legislación. La legislación comunitaria ha existido desde principios de los '90.

El procedimiento de aprobación para la liberación de OMG al medio ambiente es un tanto complejo y básicamente requiere del acuerdo entre los Estados Miembro y la Comisión Europea. Entre 1991 y 1998, la comercialización de 18 OMG fue autorizada por una decisión de la Comisión en la UE.

A partir de octubre de 1998, no se concedieron más autorizaciones y en la actualidad hay 12 aplicaciones pendientes. Algunos Estados Miembro han invocado una cláusula de salvaguardia para prohibir temporariamente la colocación de maíz y productos de colza GM en el mercado de su país. Hay en la actualidad nueve casos en curso. Ocho de ellos han sido examinados por un Comité Científico sobre Vegetales, el cual en todos los casos consideró que la información presentada por los Estados Miembro no justificaba estas prohibiciones.

Durante la década de los '90, el marco regulador se extendió y perfeccionó más en respuesta a las preocupaciones legítimas de los ciudadanos, las organizaciones de consumidores y los operadores económicos (descrito en la *Pregunta 13*). En octubre de 2002 entra en vigencia una directiva revisada. La misma actualiza y refuerza las normas existentes respecto del proceso de evaluación de riesgos, gestión de riesgos, y toma de decisiones respecto de la liberación de OGM al medio ambiente. La nueva directiva también prevé el monitoreo obligatorio de los efectos prolongados asociados con la

interacción entre OGM y el medio ambiente.

En la UE, el etiquetado es obligatorio para los productos derivados de la biotecnología moderna o productos que contengan organismos GM. La legislación también considera el problema de la contaminación accidental de los alimentos convencionales con material GM. Introduce un umbral mínimo de un 1% para ADN o proteína proveniente de modificación genética, debajo del cual no se requiere etiquetado.

En el año 2001, la Comisión Europea adoptó dos nuevas propuestas legislativas sobre OGM respecto de la rastreabilidad, reforzando las normas actuales sobre etiquetado y racionalizando el procedimiento de autorización para los OGM en alimentos para humanos y animales y para su liberación deliberada al medio ambiente.

La Comisión Europea opina que estas nuevas propuestas, basadas en la legislación existente, tienen como objetivo encarar las preocupaciones de los Estados Miembro y crear la confianza de los consumidores en la autorización de productos GM. La Comisión espera que la adopción de estas propuestas allane el camino para reanudar la autorización de nuevos productos GM en la UE.

#### **P15. ¿Cuál es el estado del debate público sobre alimentos GM en otras regiones del mundo?**

La liberación de OGM al medio ambiente y la comercialización de alimentos GM han ocasionado un debate público en muchas partes del mundo. Es posible que este debate continúe, probablemente en el contexto más amplio de otros usos de la biotecnología (por ejemplo, en medicina humana) y sus consecuencias para las sociedades humanas. A pesar de que los temas que se están debatiendo son por lo general muy similares (costos y beneficios, temas de inocuidad), el resultado del debate difiere de país en país. En temas como etiquetado y rastreabilidad de alimentos GM como una forma de encarar las preocupaciones de los consumidores, no hay hasta la fecha ningún consenso. Esto quedó claro durante las discusiones dentro de la Comisión del Codex Alimentarius durante los últimos años. A pesar de la falta de consenso sobre estos temas, se han

hecho progresos significativos en la armonización de opiniones concernientes a la evaluación de riesgos. La Comisión del Codex Alimentarius está a punto de adoptar principios sobre evaluación de riesgos antes de la comercialización, y las disposiciones del Protocolo de Cartagena sobre Bioinocuidad también revelan un mayor entendimiento a nivel internacional.

Más recientemente, la crisis humanitaria en el sur de África ha atraído la atención sobre el uso de alimentos GM como ayuda alimentaria en situaciones de emergencia. Una cantidad de gobiernos de la región expresaron su preocupación en torno de las alarmas sobre medio ambiente e inocuidad alimentaria. Si bien se han encontrado soluciones factibles para la distribución de grano molido en algunos países, otros han restringido el uso de alimentos GM y obtenido productos que no contienen GMO.

**P16. ¿Hay una relación entre la reacción de la gente y las diferentes actitudes hacia los alimentos en diversas regiones del mundo?**

Dependiendo de la región del mundo, las personas con frecuencia tienen actitudes diferentes hacia los alimentos. Además del valor nutricional, los alimentos frecuentemente tienen connotaciones sociales e históricas, y en algunos casos pueden tener importancia religiosa. La modificación tecnológica de los alimentos y la producción alimentaria puede provocar una respuesta negativa entre los consumidores, especialmente en ausencia de buena comunicación sobre los esfuerzos de evaluación de riesgos y las evaluaciones de costo-beneficio.

**P17. ¿Hay implicancias para los derechos de los agricultores a ser dueños de sus cultivos?**

Sí, es probable que los derechos de propiedad intelectual sean un elemento de debate sobre alimentos GM con un impacto sobre los derechos de los agricultores. Se han discutido los derechos de propiedad intelectual (IPR, siglas en inglés), especialmente las obligaciones de patentamiento del Acuerdo TRIPS (un acuerdo de la Organización Mundial de Comercio sobre los aspectos de los dere-

chos de propiedad intelectual relacionados con el comercio) a la luz de sus consecuencias sobre la mayor disponibilidad de una diversidad de cultivos. En el contexto de los temas relacionados con el uso de tecnología genética en medicina, la OMS ha revisado el conflicto entre los IPR y el acceso igualitario a los recursos genéticos y la coparticipación de beneficios.

Esta revisión ha considerado los problemas potenciales de la monopolización y las dudas sobre las nuevas reglamentaciones de patentes en el campo de las secuencias genéticas en medicina humana. Es probable que dichas consideraciones también afecten el debate sobre alimentos GM.

**P18. ¿Por qué están preocupados ciertos grupos por la creciente influencia de la industria química en la agricultura?**

Ciertos grupos están preocupados sobre lo que ellos consideran un nivel no deseado de control de los mercados de semillas por parte de unas pocas compañías químicas. La biodiversidad y la agricultura sustentable se benefician más por el uso de una rica variedad de cultivos, tanto en términos de buenas prácticas de protección de cultivos como por la perspectiva de la sociedad en general y los valores asociados con los alimentos. Estos grupos temen que como resultado del interés de la industria química en los mercados de semillas, la gama de variedades utilizada por los agricultores pueda reducirse principalmente a cultivos GM. Esto impactaría en la canasta de alimentos de una sociedad así como en la protección de cultivos a largo plazo (por ejemplo, con el desarrollo de resistencia contra plagas de insectos y tolerancia a ciertos herbicidas). El uso exclusivo de cultivos GM resistentes a herbicidas también haría al agricultor dependiente de estas sustancias químicas. Estos grupos temen una posición dominante de la industria química en el desarrollo agropecuario, una tendencia que no consideran sostenible.

**P19. ¿Qué otros desarrollos pueden esperarse en el área de los OGM?**

Es probable que los organismos GM futuros incluyan vegetales

con una mayor resistencia a enfermedades o sequías, cultivos con mayores niveles de nutrientes, especies de peces con mejores características de desarrollo y vegetales o animales que produzcan proteínas farmacéuticamente importantes como las vacunas.

A nivel internacional, la respuesta a los nuevos desarrollos puede hallarse en las consultas de expertos organizadas por FAO y OMS en los años 2000 y 2001, y la labor posterior de la Fuerza de Trabajo ad hoc del Codex sobre Alimentos Derivados de Biotecnología. Este trabajo ha dado como resultado un marco mejorado y armonizado para la evaluación de riesgos de alimentos GM en general. Se han tratado cuestiones específicas como la evaluación de la alergenicidad de alimentos GM o la inocuidad de alimentos derivados de microorganismos GM, y una consulta de expertos organizada por FAO y OMS en el año 2003 se concentrará en alimentos derivados de animales GM.

## **P20. ¿Qué acciones está implementando la OMS para mejorar la evaluación de los alimentos GM?**

La OMS tomará un papel activo en relación con los alimentos GM, principalmente por dos razones:

1. debido a que la salud pública podría beneficiarse enormemente por el potencial de la biotecnología, por ejemplo por un aumento en el contenido de nutrientes de los alimentos, menor alergenicidad y producción alimentaria más eficiente; y
2. en base a las necesidades de examinar los efectos negativos potenciales para la salud humana del consumo de alimentos producidos mediante modificación genética, también a nivel mundial.

Es claro que se deben evaluar minuciosamente las tecnologías modernas si van a constituir una mejoría real en la forma de producción de los alimentos. Dichas evaluaciones deben ser holísticas y abarcativas, y no pueden detenerse en los sistemas de evaluación anteriormente separados, no coherentes, que sólo enfocaban los efectos sobre el medio ambiente o la salud humana en forma aislada.

Por lo tanto, la OMS está trabajando para presentar un punto de vista más amplio de la evaluación de alimentos GM para permitir la consideración de otros factores importantes. Esta evaluación más holística de organismos GM y productos GM considerará no sólo la inocuidad sino también la seguridad alimentaria, los aspectos sociales y éticos, el acceso y la creación de capacidades. El trabajo internacional en esta nueva dirección presupone el compromiso de otras organizaciones internacionales claves en esta área. Como primer paso, la Junta Ejecutiva de la OMS debatirá en enero de 2003 el contenido de un informe de la OMS que abarca este tema. El informe está siendo desarrollado en colaboración con otras organizaciones claves, principalmente la FAO y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP, siglas en inglés). Se espera que este informe pueda sentar las bases para una iniciativa futura hacia una evaluación más sistemática, coordinada, multi-organizativa e internacional de ciertos alimentos GM.



**IMPORTANCIA DEL SISTEMA HACCP  
EN LAS INDUSTRIAS DE ALIMENTOS**

*Miriam Briones García*

Ingeniera Química

Decana de la Facultad de Ciencia y Tecnología de la UDA



Los alimentos tanto de origen animal como vegetal, contienen una carga microbiológica inicial, ya sea en su superficie e inclusive en su interior. Posteriormente, el proceso de contaminación continúa a través de su recolección, almacenamiento, transporte, manipulación, transformación, etc.

Este proceso de multiplicación de microorganismos en los alimentos, produce dos efectos indeseables: alteraciones en los alimentos y enfermedades en el consumidor por la presencia de agentes patógenos, de ahí la importancia de la higiene alimentaria, que desde sus orígenes ha tenido como su objetivo primordial la prevención de riesgos asociados al consumo de alimentos.

De la necesidad de asegurar un manejo aséptico de los alimentos, con el objetivo de dar seguridad al consumidor final y tener aceptación en los mercados internacionales, surge el sistema HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points), o su traducción al español: Análisis de Riesgos y Puntos Críticos de Control; su filosofía no es nueva, simplemente esta doctrina se presenta estructurada, con sus distintas fases bien definidas, lo que facilita su aplicación, en el afán de las empresas alimentarias por mantener el control de los riesgos microbiológicos.

El CODEX ALIMENTARIO, define al sistema HACCP como “un enfoque sistemático de base científica que permite identificar riesgos específicos y medidas para su control, con el fin de asegurar la inocuidad de los alimentos. Es un instrumento para evaluar los riesgos y establecer sistemas de control que se orienten hacia la prevención en lugar de basarse en el análisis del producto final”.

Actualmente el sistema HACCP es reconocido internacionalmente como una metodología para brindar seguridad alimentaria. En Espa-

ña, por ejemplo, se obliga a las empresas a que definan, pongan en práctica y cumplan un sistema de Control de Análisis de Riesgos y Control de Puntos Críticos ARCP; de igual manera, la metodología del HACCP recientemente se ha establecido como obligatoria en Estados Unidos. A nivel nacional, existen compañías certificadoras, reconocidas internacionalmente, que garantizan el funcionamiento del sistema.

Las empresas ecuatorianas que tienen el sistema implantado, no requieren tramitar su Registro Sanitario, a más de que necesitan de la certificación HACCP para poder comercializar su producto a empresas transnacionales, de ahí que su pronto conocimiento ayude a establecer una ventaja competitiva. En Cuenca, empresas como La Europea, Pigi's, La Italiana, Panesa, Embutidos J.M., han iniciado este proceso.

El sistema es aplicable a todos los eslabones de la cadena alimentaria, desde la producción, procesado, transporte y comercialización hasta la utilización final en los establecimientos dedicados a la alimentación. Además, si consideramos que las pérdidas ocasionadas por alteraciones de los alimentos es enorme, es importante que quienes intervienen en todas las etapas de la cadena alimentaria conozcan las medidas que puedan tomar para reducir la incidencia y la magnitud de tales pérdidas.

El sistema HACCP ofrece varias ventajas en comparación con los procedimientos actuales como por ejemplo:

- Una empresa que tiene implantado el sistema HACCP, ya no requiere obtener su Registro Sanitario.
- Se concentra en evitar el riesgo de contaminación de los alimentos.
- Se basa en principios científicos sólidos.
- Permite mayor eficacia y efectividad en la supervisión, especialmente la de los organismos de control gubernamentales, porque a través del registro los inspectores de salud, pueden evaluar el grado de cumplimiento de las disposiciones sobre inocuidad de

los alimentos durante un periodo determinado.

- Asigna, como es debido, a la industria de elaboración y a los distribuidores la responsabilidad de la inocuidad de los alimentos.
- Ayuda a la industria alimentaria a competir más eficazmente en el mercado internacional.
- La economía constituye una ventaja adicional, si se determina que un alimento se ha producido, transformado y utilizado de acuerdo con el sistema HACCP, existe un elevado grado de seguridad sobre la inocuidad microbiológica y su calidad. No hay que olvidar que la función principal del sistema es su rentabilidad, porque una empresa que no da utilidades no será tal por mucho tiempo.

## **ETAPAS PARA LA APLICACIÓN DEL SISTEMA HACCP**

Antes de aplicar el sistema HACCP a cualquier sector de la cadena alimentaria, deberá estar funcionando de acuerdo con los "Principios Generales de Higiene de los Alimentos", "Buenas de Prácticas de Manufactura" y la "Legislación de la Inocuidad de los Alimentos". Cabe mencionar que el sistema es único para cada planta de procesamiento y cada producto.

El nivel de preparación técnica que precisan quienes desarrollan programas de este tipo es superior al que necesitan operarios que trabajan en la cadena de producción. Deben conocer la ecología de los gérmenes patógenos transmitidos por alimentos y de los que alteran, la gravedad y la probabilidad de transmisión de gérmenes patógenos y de sus toxinas por los diversos alimentos, los componentes del sistema HACCP, ser capaces de realizar un organigrama de los procesos a que son sometidos los alimentos, identificar los riesgos o peligros en relación con las fuentes de contaminación y las influencias de los procesos para aumentar o reducir la contaminación, la multiplicación, y la supervivencia o muerte de los microbios, identificar la ubicación de los PCCs sobre los organigramas de los procesos a que son sometidos los alimentos, definir los procedimientos

tos adecuados para el control de los microbios, conocer la forma de establecer los protocolos de los análisis e interpretar los resultados para la confirmación experimental del comportamiento previsto de los microbios en los alimentos, con la posible inclusión de estudios de inoculación artificial de microorganismos, ser capaces de seleccionar las medidas apropiadas para comprobar los PCCs , incluyendo el establecimiento de planes y especificaciones para el muestreo y ser capaz de recomendar qué debe hacerse con los alimentos que no cumplen los criterios microbiológicos, físicos o químicos establecidos en los PCCs.

La implantación del sistema HACCP requiere de las siguientes etapas secuenciales:

- 1- La primera etapa en la aplicación del sistema HACCP a una operación de fabricación de alimentos consiste en identificar y cuantificar los riesgos microbiológicos asociados con la misma y la posibilidad de su presentación. Esto impondrá una valoración de los riesgos asociados con las materias primas usadas, con las fases aplicadas en el procesado, así como las condiciones de envasado y almacenamiento, y con el uso que se pretende dar al producto (incluyendo una investigación sobre alguna información epidemiológica).
- 2- Determinación de los puntos críticos de control PCC, en los que pueden ser controlados los riesgos o peligros identificados.  
Un PCC es un procedimiento o proceso en el que puede ejercerse control sobre uno o más factores, que si son controlados, podrían reducirse al mínimo o prevenirse un peligro o riesgo. Se identifican dos tipos de PCC:  
PCC1, que asegurará el control de un riesgo o peligro.  
PCC2, que reducirá al mínimo, aunque no asegurará el control de un riesgo o peligro.

El concepto HACCP cubre todos los tipos de riesgos potenciales en la producción de alimentos (riesgos biológicos, químicos y físicos) ya sea que ocurran naturalmente en el alimento, que el

medio ambiente contribuya, o que sean generados por un error en el proceso. A pesar de que los riesgos químicos son los más temidos por el consumidor, y los físicos los más comúnmente identificables, los riesgos microbiológicos son los más serios desde una perspectiva de salud pública. La identificación y control de los riesgos microbiológicos trae como consecuencia una disminución de la carga bacteriana, lo que se refleja significativamente en la vida de anaquel de los productos.

- 3- Especificación de los criterios que indican si una operación está bajo control en un determinado PCC.  
Criterios son los límites especificados de características de naturaleza física, química o biológica.
- 4- Establecimiento y aplicación de procedimientos para comprobar que cada PCC a controlar funciona correctamente. Supone la observación sistemática, la medición y/o el registro de los factores significativos necesarios para el control. Los procedimientos de comprobación o vigilancia seleccionados deben permitir que se tomen acciones para rectificar una situación que está fuera de control.
- 5- Aplicar la acción correctiva que sea necesaria cuando los resultados de la comprobación indiquen que un determinado PCC no se encuentra bajo control.
- 6- Verificación o confirmación para asegurar que el sistema HACCP funciona correctamente.

## **APLICACIÓN DEL SISTEMA HACCP EN PRODUCTOS NUEVOS**

El planteamiento del sistema HACCP será parte integral del desarrollo de un nuevo producto, ya que permite un análisis estructurado de los riesgos microbiológicos potenciales asociados con su producción y comercialización de un producto nuevo. Esto puede ayudar a evitar costosos errores que se han cometido al elaborar

nuevos productos alimenticios sin tener en cuenta totalmente sus riesgos o peligros microbiológicos. El sistema HACCP será aplicado desde que es concebido un producto, a través de su producción y comercialización hasta su empleo final.

Si se considera la fabricación de un producto totalmente nuevo, no existirá evidencia epidemiológica directa de los riesgos o peligros que puede suponer. Si se dispone de dicha información sobre productos similares, será usada para valorar los riesgos potenciales del producto nuevo.

## **MEDIDAS PREVENTIVAS**

### **1.- Diseño y empleo del equipo**

Cuando se realiza la selección del equipo para el procesado de los alimentos deberán considerarse diversos factores. El primero de los mismos es la perfección con que el equipo realiza la función para la que se destina (por ej., cortar, picar, cocer ). El siguiente factor en importancia es su costo. E l proceso de selección pasa a considerar después el tamaño preciso para el volumen de producto a preparar, fiabilidad, facilidad de funcionamiento y de mantenimiento, compatibilidad con otro equipo ya existente y con el sistema global del proceso, aceptabilidad por parte de la administración y seguridad para los operarios.

### **2.- Limpieza y desinfección:**

La higiene es básica para la inocuidad y calidad de los alimentos en todo el mundo. Influye no solamente sobre los alimentos producidos y consumidos localmente sino también sobre los alimentos que llegan al comercio internacional.

La razón por la que se limpian y desinfectan las superficies que contactan con los alimentos y el ambiente es para ayudar en el

mantenimiento y control microbiológico. Si se realiza con eficacia y en el momento apropiado, su efecto neto será la eliminación o el control de la población microbiana.

Existen ciertos principios útiles en la limpieza y desinfección como son.

- La elección del tipo de limpieza pudiendo ser esta húmeda o seca.
- La definición de los puntos y la frecuencia de la limpieza y desinfección, la cual depende de factores relacionados con el proceso, es así como en algunos casos puede ser necesario eliminar una acumulación de residuos del producto que interfiere sobre el rendimiento del equipo o reduce la calidad del producto. La frecuencia depende de la naturaleza del producto que es procesado y del tipo de equipo que se emplea.
- La selección de los agentes para la limpieza y desinfección, debiéndose considerar, el alimento que se produce, la información y asistencia de los suministradores de productos para limpieza y desinfección, y los objetivos de la empresa.

Podemos confirmar el nivel de limpieza y desinfección mediante análisis microbiológicos de muestras procedentes del equipo o del medio, en o sobre el alimento tras cada etapa de transformación y en el producto terminado. Esta información permitirá a la empresa establecer el programa de limpieza y desinfección y realizar cambios si los datos indican que son necesarios.

Puede ser necesario mejorar las medidas higiénicas cuando:

- 1.- Se reciben informes de enfermedades transmitidas por alimentos que implican al alimento que se produce.
- 2.- Los mercados devuelven alimentos alterados antes de lo esperado.
- 3.- Se alteran antes de la fecha de caducidad muestras de alimentos conservadas por el productor para comprobar el mantenimiento de la calidad.

- 4.- Debe mejorar el mantenimiento de la calidad para ampliar la cuota de mercado de un producto o hacer frente a un cambio en el sistema de distribución que alarga el tiempo hasta que el alimento es consumido.
- 5.- El alimento no cumple los criterios microbiológicos que han sido establecidos por el productor, por sus clientes o por los organismos oficiales de control.

La responsabilidad última de una higiene recae en la dirección de la empresa.

Una higiene deficiente constituye un reflejo de los conocimientos, actitudes y políticas de la dirección. La dirección debe considerar nueve aspectos como mínimo para mantener una limpieza eficaz.

- 1.- Es frecuente que los empleados nuevos sean destinados al equipo de limpieza hasta que puedan obtener un trabajo más deseable. Los empleados nuevos no suelen estar familiarizados con el proceso total de producción y no comprende el impacto que puede tener la calidad de su trabajo sobre los productos.
- 2.- Una preparación inadecuada del personal con respecto a los procedimientos correctos de limpieza y desinfección puede conducir a la presentación de problemas microbiológicos.
- 3.- Como la limpieza y la desinfección suelen realizarse tras finalizar la jornada de producción y frecuentemente durante la noche existe una supervisión inadecuada para comprobar la calidad del trabajo que se está realizando y para efectuar correcciones cuando sean necesarias.
- 4.- Se pone en funcionamiento un equipo incorrectamente limpiado en lugar de volver a limpiarlo.
- 5.- El personal de limpieza recibe generalmente los salarios más bajos en la empresa que procesa alimentos.
- 6.- La dirección utiliza el personal de limpieza como la fuente de la que obtiene trabajadores para el departamento de producción.
- 7.- Por diversas razones, el personal de limpieza cambia con rapidez y presenta un alto nivel de ausentismo.
- 8.- Con frecuencia ni el personal de limpieza ni los supervisores

obtienen un reconocimiento por el trabajo bien hecho ni incentivos para un mayor rendimiento.

9.- Puede existir falta de cooperación del personal para mantener un programa efectivo de limpieza y desinfección.

Si la dirección no resuelve con eficacia estos aspectos, los trabajadores de la empresa llegarán a la conclusión de que la higiene tiene escasa prioridad para la dirección y, por consiguiente, también será escasa la prioridad para ellos.

Cada empresa dispondrá de instrucciones escritas que describan con claridad los procedimientos de limpieza y desinfección.

### **3.- Salud e higiene del personal**

Las personas que recolectan, sacrifican, transportan, almacenan, procesan o preparan alimentos son responsables frecuentemente de la contaminación microbiana de dichos alimentos. Los manipuladores de alimentos que son infectados o colonizados por agentes patógenos pueden contaminar los alimentos que tocan. Cualquier manipulador de alimentos puede transferir agentes patógenos desde los alimentos crudos a los alimentos que no serán calentados posteriormente para asegurar su inocuidad. Métodos de procesado mal controlados pueden aumentar el riesgo al permitir la supervivencia o multiplicación de microorganismos patógenos.

Algunas prácticas capaces de contaminar los alimentos pueden ser superadas mediante:

a) *El mantenimiento de la salud de los manipuladores de alimentos:* en el Ecuador, el Ministerio de Salud, obliga a que los trabajadores de las fábricas de alimentos sean sometidos a un examen médico previo al contrato y posteriormente en forma periódica. De acuerdo a las características de la empresa, puede requerir análisis de muestras de sangre para descubrir enfermedades venéreas, reconocimientos con rayos x para poner de manifiesto

la tuberculosis y análisis de defecaciones para descubrir parásitos, Salmonella, Shigella, u otros microorganismos.

La transmisión de microorganismos patógenos desde el hombre hasta los alimentos, puede prevenirse con buenos hábitos de higiene, particularmente con un lavado cuidadoso de las manos. Igualmente pueden darse contaminaciones cruzadas e infecciones adquiridas por el obrero al manipular los alimentos, muchas infecciones adquiridas de esta manera son zoonosis, es decir, enfermedades que son transmitidas entre los animales y el hombre. Los microorganismos pueden penetrar a través de erosiones cutáneas o de las mucosas, pueden ser ingeridos o inhalados

- b) *La manipulación higiénica de los alimentos:* la contaminación de los alimentos puede ser evitada o, al menos, reducida a unos mínimos tomando precauciones especiales cuando se manipulan alimentos crudos y cocinados.

Los alimentos crudos se contaminan frecuentemente con agentes patógenos transmitidos por los alimentos que contaminan fácilmente las manos de las personas que los manipulan y que son transferidos a paños y toallas usadas en zonas donde se preparan alimentos crudos.

- c) *La higiene personal:* obligatoriamente se debe cumplir con los siguientes puntos:

Lavado de las manos.

Empleo de antisépticos cutáneos.

Empleo de gorras.

Mascarillas faciales.

Ropa de colores claros y limpia.

Prohibición de comer, fumar y masticar en la zona de manipulación y/o producción de alimentos.

Higiene personal general.

Instalaciones sanitarias apropiadas.

#### **4.- Lucha contra plagas**

Los lugares donde se preparan alimentos se ven atraídos gran diversidad de insectos, algunos de los cuales pueden intervenir activamente en el deterioro de los alimentos almacenados. Moscas, cucarachas y hormigas pueden transportar gérmenes desde la basura o los excrementos a los alimentos, que así pueden transmitir enfermedades. Las moscas transportan las materias sobre sus cuerpos y patas y, en el momentos de comer, contaminan los alimentos al regurgitar sobre su superficie una parte de lo que ya han digerido. Las ratas y los ratones son destructores, además de constituir peligrosas fuentes de infección. Toda superficie que toquen ha de considerarse como contaminada.

Al ser los insectos y roedores un peligro sanitario como vectores de microorganismos patógenos, deberán realizarse medidas preventivas tendentes a impedir la presencia de roedores e insectos en los establecimientos y medidas urgentes de erradicación en el caso de que se detecte la presencia de estos animales en el interior de la industria, de acuerdo con un Programa de Desratización y Desinsectación establecido por el personal competente en la materia

### **CONCLUSIONES**

La experiencia acumulada de la industria alimentaria, en países donde se vienen aplicando estos sistemas de autocontrol, ha demostrado que el ARCP o HACCP, permite una mayor garantía en la salubridad de los alimentos consumidos, una mayor eficacia en la utilización de los recursos técnicos y económicos de que dispone la industria, una eficaz tarea por parte de los responsables sanitarios y mayor competitividad.

Para reducir la incidencia de alteraciones y de enfermedades debe educarse a un número de grupos específicos de personas. Estos incluyen: productores, personal de transporte y almacenamiento, consumidor, organismos oficiales reguladores.

El número de incidentes patológicos relacionados con los alimentos podría reducirse significativamente si el público recibiese una mayor información sobre la manipulación correcta de los alimentos.

## **BIBLIOGRAFIA**

CODEX GUIDELINES FOR THE APPLICATION OF THE HAZARD ANALYSIS CRITICAL CONTROL POINT (HACCP) SYSTEM. (1993) 20th Session of the Joint FAO-WHO Codex Alimentarius Commission.

Flair. Investigación de alimentos agroindustriales. Guía del usuario del ARCPC.- Ramón Madrid (1993). La limpieza y desinfección en las industrias alimentarias. ILE-Julio-Agosto, 33-38.

WHO (1993) Training Considerations for the Application of the Hazard Analysis Critical Control point System to Food processing and manufacturing WHO/FNU/FOS/93.3, WHO, Geneva.

**LA ENSEÑANZA DE LAS MATEMÁTICAS  
Y LA SOCIEDAD**

*Juan Carlos Malo*

Ingeniero Civil

Subdecano la Facultad de Ciencia y Tecnología



Parece natural que la mayoría de la población desconozca casi todo sobre las Matemáticas y piense que ellas se reducen al conocimiento de las cuatro operaciones; sin embargo, este concepto dista mucho de la importancia que tienen las Matemáticas dentro de la sociedad. Las Matemáticas están en el centro de nuestra cultura y su historia se confunde a menudo con la de la Filosofía, por lo que las primeras se convierten en puente entre las humanidades y las ciencias de la naturaleza.

Las Matemáticas las utilizamos en la vida cotidiana y son necesarias para comprender y analizar la abundante información que nos llega. Su lenguaje universal es una herramienta eficaz para la cooperación entre países más y menos desarrollados, favoreciendo un clima de colaboración que tiende a mejorar la convivencia entre sus habitantes y propicia su transformación. En prácticamente todas las ramas del saber humano se recurre a modelos matemáticos. Gracias a los ordenadores las matemáticas se aplican a todas las disciplinas, de modo que no solamente constituyen la base de las ingenierías, de los últimos avances tecnológicos, de los vuelos espaciales, de la meteorología, de los estudios financieros, de la estadística, sino que hoy en día son fundamentales también en las modernas técnicas de diagnóstico médico, como la tomografía axial computarizada y la ingeniería genética, por citar dos ejemplos.

Las Matemáticas juegan, desde hace veinticinco siglos, un papel relevante en la formación intelectual de la juventud, porque las Matemáticas son lógica, precisión, rigor, abstracción, formalización y belleza, consiguiendo a través de estas cualidades la capacidad de discernir lo esencial de lo accesorio. Por estas consideraciones la UNESCO respaldó en el año 2000 la celebración del “Año Mundial de

las Matemáticas”, declarado por la Unión Matemática Internacional, con el fin de resaltar la importancia de las Matemáticas en el convivir de la sociedad.

Con respecto justamente a la celebración de dicho evento, Manuel de León, vocal de la Real Sociedad Matemática Española, es consciente de que las Matemáticas están lejos de la sociedad y que es necesario trabajar para que los números y formulaciones sean más familiares y para crear una conciencia entre la gente que las Matemáticas son fundamentales, ya que permitirán desarrollar las tecnologías en los países en vías de desarrollo, **“porque enseñan a pensar y razonar, tienen una lógica interna que es necesaria para la formación de las personas”**. No hay que perder de vista de que las Matemáticas van de la mano con el humanismo. Así como las personas se comunican entre sí a través del lenguaje, la interacción con el universo se lo hace por medio de las Matemáticas, posibilitando el desarrollo de las ciencias y la creación de nuevas tecnologías. El Ministerio de Educación de España, según Manuel de León, las reconoce como una de las dos materias instrumentales que, conjuntamente con la lengua, son básicas en la formación de la juventud. No se puede entender el mundo actual y las nuevas tecnologías sin las Matemáticas.

Para reforzar lo indicado en líneas anteriores vamos a citar algunas frases de José Luis Fernández Pérez en su discurso ante el Congreso de los Diputados de España, cuando éste dedicó una jornada a las Matemáticas, a raíz de la realización del Año Mundial de las Matemáticas en España en el año 2000:

*“El objetivo primordial del Año Mundial es mejorar la imagen de las Matemáticas en la sociedad. Se las respeta, incluso se las teme, pero no se las aprecia en su real dimensión. Y eso no es bueno; no lo es para los docentes e investigadores, no lo es para los estudiantes, pero sobre todo, y esto es lo más importante, no lo es para la sociedad. Las Matemáticas son el lenguaje y el modo de pensar de la*

*ciencia. Y en la sociedad moderna, la ciencia y la tecnología desempeñan un papel primordial. Pero no sólo eso; conviene proclamar bien alto que **las Matemáticas y la Ciencia son tan humanísticas como las disciplinas tradicionalmente llamadas con ese calificativo.***

*Las Matemáticas constituyen una herramienta poderosa para tomar decisiones, para administrar y adjudicar recursos y para comparar alternativas.*

*No es sencillo transmitir la belleza interna de los argumentos matemáticos y la profunda importancia que tienen como método de razonamiento. Hemos de admitir que con frecuencia todo lo dicho queda oculto en el entrenamiento de técnicas de cálculo rutinarias y poco iluminadoras.”*

En nuestra Universidad, para citar solamente un ejemplo de la importancia de las Matemáticas, vamos a consignar algunos de los conceptos vertidos por el Vicerrector Ing. Francisco Salgado Arteaga sobre el tema que nos ocupa:

*“La enseñanza de las Matemáticas es fundamental, en todas las corrientes sobre la educación se habla de que existen tres ejes básicos: las Matemáticas que son el lenguaje de las ciencias; el idioma propio, que en nuestro caso sería el castellano y un lenguaje extranjero, para nosotros el inglés, por ello no podemos dejar de lado las Matemáticas ya que es uno de los tres lenguajes fundamentales, sin Matemáticas no hay ciencia.*

*La misión fundamental de la Universidad es enseñarles a los alumnos a pensar. García Márquez en una conferencia en la ONU decía: “ustedes deben aprender a pensar porque desde la teoría de la relatividad hasta los transplantes de corazón, estuvieron primero en la mente de las personas y luego fueron llevados a la práctica”.*

*En la revista Forbes del año 98 se indica que de los cincuenta ejecutivos de las empresas más exitosas del*

*mundo, solamente dos tenían una especialidad en Administración de Empresas. El Gerente General de la General Motors, dice esta misma publicación, hizo su doctorado sobre el uso de la partícula “et” en el latín de la época medieval, y cuando el periodista le pregunta qué tienen que ver sus estudios con el éxito obtenido al frente de la General Motors, el Gerente le responde que le ha servido de mucho porque con ellos él “aprendió a pensar”. Esto ratifica lo dicho anteriormente, que la Universidad debe enseñar a sus estudiantes a pensar y a desarrollar un cierto liderazgo dentro de los cánones de la ética y la moral.*

*Las Matemáticas tienen que apuntar hacia la formulación de modelos utilizados en la vida real, mediante el razonamiento lógico y la capacidad de discernir entre lo significativo y no significativo y no reducirse únicamente a la resolución mecánica de ciertos ejercicios. Desafortunadamente gran parte del temor a las Matemáticas se fundamenta en la complejidad de las operaciones que conducen a la resolución de los problemas y en la sobrevaloración que algunos profesores dan a dicha resolución, creando una animadversión por parte de los alumnos hacia el aprendizaje de las Matemáticas”.*

Para muchos alumnos y no pocos profesionales, las Matemáticas constituyen un universo extraño y lejano, patrimonio de unos pocos genios, un mundo alejado de la realidad de cada época con una existencia independiente al devenir de la historia; para otros las Matemáticas son un conjunto de temas misteriosos desconectados de la realidad que se entienden muy poco y sin ninguna aplicación práctica, que no tienen otro objetivo que “hacerle difícil al alumno su permanencia en la universidad”.

A continuación vamos a describir tres ejes básicos que podrían ser considerados para llegar a una optimización del proceso de enseñanza-aprendizaje de las Matemáticas: ¿Qué enseñar?, ¿Cómo

enseñar? y ¿Cómo evaluar?

## **¿QUÉ ENSEÑAR?**

Los contenidos deben estructurarse dentro de una secuencia lógica en función de cada una de las carreras, contemplando ciclos comunes y niveles de aplicación de acuerdo a cada especialidad. En muchos casos existe demasiada dispersión de contenidos sin que se logre que los alumnos se apropien de las ideas fundamentales de los mismos.

Fijar los contenidos no es una tarea fácil, hay que detectar cuáles de estos deben ser parte de un nivel básico (aquel que todo estudiante universitario debería saber) y cuáles a un nivel de especialidad.

Tema muy importante a tratarse es la nivelación de los alumnos que ingresan por primera vez en la universidad; no es nada nuevo y se lo ha podido comprobar hasta la saciedad, el bajo nivel de preparación que, en el área de Matemáticas, traen los jóvenes de algunos colegios de la ciudad y de la región, en la mayoría de estos casos ellos son ajenos a tal situación, por tanto es un deber de la universidad hacer algo por esos jóvenes que aspiran se les brinde la oportunidad de prepararse en un campo básico como es el de las Matemáticas, para luego poder optar por cualquier carrera que les proporcione la formación integral necesaria para ser elementos útiles a la sociedad.

## **¿CÓMO ENSEÑAR?**

La enseñanza de las Matemáticas debe hacerse en forma cíclica, de manera que cada nivel en el que se estudia nuevos conceptos, se enlace con los del nivel anterior, a manera de introducción. Solamente así se logrará afianzar los conceptos ya aprendidos, visualizar sus aplicaciones conforme avanza la carrera y lógicamente mejorar el aprendizaje. Pero naturalmente tenemos que partir de ciertos crite-

rios básicos sobre metodología, bibliografía, material de apoyo, bancos de problemas y sistemas de evaluación.

Abrir el aula hacia los demás colegas para que exista un intercambio de ideas y experiencias, seguidas de un análisis de las dificultades encontradas y de la respuesta de los alumnos a los diferentes estímulos y estrategias utilizadas. Erradicar el concepto del docente dentro de un “nicho”, del aula en la que solamente caben el profesor y los alumnos; desterrar la frase que en muchos casos es una realidad: “cada maestrillo con su librillo”.

En suma, el problema central es la existencia de muy poco intercambio entre los docentes que incide negativamente en la calidad de la educación. Los cambios siempre traen dificultades y a veces somos reacios a aceptarlas porque todo cambio casi siempre conlleva mayor trabajo para los actores.

Algunas veces se da un abuso, por parte del docente, de las clases magistrales (lo que el profesor Ciampolini llamaba “*la didáctica espontánea*”, basada en “*el talento natural del profesor*”) que en ciertos casos, si bien no aburren al alumno, hacen que se pierda el enfoque central del tema tratado y casi siempre se emplee más tiempo que el programado para el tratamiento de una determinada temática. Es probable que detrás de todo esto exista falta de capacitación del profesor en el campo de la Didáctica de la Enseñanza de las Matemáticas. Es fundamental que todo profesor de Matemáticas, en cualquier nivel, sepa por qué y para qué se enseñan cada uno de los temas contemplados en su sílabo y la aplicación que los mismos tendrán en esa cátedra, en otras de la carrera y en la vida profesional; solamente así el estudiante puede ver cada concepto nuevo dentro de un contexto global. Estamos convencidos que éste enfoque facilita la comprensión y lo que es más importante, aumenta el interés del alumno por el estudio de algo que tarde o temprano lo va a tener que utilizar.

Finalmente, no se debe perder de vista que uno de los principales

propósitos de la enseñanza de las Matemáticas es: **el establecimiento de adecuadas relaciones entre la resolución de problemas prácticos, el desarrollo del pensamiento lógico y la capacidad de razonamiento.**

## ¿CÓMO EVALUAR?

El talón de Aquiles del proceso enseñanza-aprendizaje está en la evaluación. A veces por comodidad, falta de tiempo o por manejar cursos muy numerosos los docentes de Matemáticas con frecuencia utilizamos únicamente la técnica de un número reducido de pruebas escritas para definir si el estudiante debe o no ser promovido a un nivel superior y lo que es más grave, la entrega de los resultados de dichas pruebas al final del curso.

Definitivamente la evaluación tiene que ser continua y aplicada por medio de diferentes técnicas, individuales o grupales, tendientes a un estudio permanente por parte de los alumnos guiados por el docente y de ser necesario por su respectivo ayudante de cátedra.

La afirmación de Napoleón: *“el avance y progreso de la matemática está íntimamente relacionado con la prosperidad del estado”*, no ha perdido vigencia; es un hecho real que el desarrollo de la matemática está directamente relacionado con el avance de la sociedad, por lo tanto el tema de las Matemáticas debe ser un asunto de interés nacional que nos obligue a todos quienes de una u otra manera estamos ligados a la docencia universitaria a comprometernos en la realización de acciones conducentes a diagnosticar el estado de la enseñanza-aprendizaje de las Matemáticas con miras a plantearnos acciones concretas que fomenten su verdadero desarrollo.

El reto para los profesores de Matemáticas está en la investigación de nuevas metodologías que acerquen las Matemáticas a la sociedad y ésta entienda su real importancia y se logre desvirtuar el

generalizado criterio de que las Matemáticas son “el patito feo” de la enseñanza primaria, secundaria y por que no decirlo también de la superior, al considerarlas como una materia difícil, abstracta y sin ninguna utilidad.

**LA INVESTIGACIÓN: PRINCIPAL COMPONENTE  
DE LA CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

*Manuel Toalongo Paidá*  
Master en Gestión Tecnológica



## ¿PARA QUÉ LA INVESTIGACIÓN?

*Para investigar con éxito no necesitas saberlo todo.  
Basta que sepas algo que todos ignoren.*

Arthur Leonard Schawlow

La intención de este acercamiento permite reflexionar sobre la búsqueda de alternativas viables para hacer frente y solucionar la serie de problemas y necesidades que se afronta en el quehacer cotidiano; es decir, crear conciencia de que la investigación no es un privilegio de unos pocos; al contrario, tenemos que prepararnos en el conocimiento de los métodos y técnicas que nos permitan solucionar problemas o satisfacer necesidades.

Esto evidencia por qué, la investigación comienza cuando surge una necesidad (problemática) en algún área del conocimiento, que podría ser una laguna teórica específica de la ciencia (la teoría atómica), problemas prácticos (propagación de enfermedades, plagas), y tecnológicos (mejorar la productividad con criterio de calidad, eficacia y eficiencia).

Sobre la base de estas reflexiones, es posible afirmar que la tarea investigativa no tiene fin, porque una problemática es el comienzo de una nueva tarea investigativa.

Para precisar, *investigar*, etimológicamente proviene del latín “*in*” que significa “*en*”, y, “*vestigare*” está relacionado con averiguar, inquirir, buscar vestigios. En este sentido, la investigación es una actividad inherente a la naturaleza humana; es decir, todo ser humano trata de comprender, explicar e indagar el sentido de las

cosas, sin que esto signifique que todos los seres humanos sean investigadores.

No obstante, la cualidad innata de ciertas personas interesadas en describir, explicar y predecir los fenómenos de la realidad, constituye el motor que ha impulsado avances vertiginosos en la ciencia y la tecnología.

En general, para que una investigación tenga el carácter de científica, debe ser sistemática, disciplinada y orientada a alcanzar nuevos descubrimientos, utilizando métodos y técnicas apropiadas.

En este ámbito, se puede asegurar que la investigación no tendría valor científico si no está apoyada en una sólida base teórica y en una serie de procedimientos y reglas generales, que guíen el trabajo en el proceso de demostración y comprobación de los hechos o teorías.

Con este antecedente, sea cual fuere la naturaleza de la investigación, su finalidad será siempre descubrir la verdad, formular nuevas leyes y teorías o reforzar las existentes. Esto no se puede alcanzar si se trabaja aventuradamente o al azar.

Para cerrar, la investigación no se reduce a una simple descripción de los hechos y sus relaciones con el mundo material (recolección de datos).

## LA CIENCIA

*La totalidad de la ciencia no es más que un refinamiento del pensamiento cotidiano.*

Albert Einstein

El vocablo ciencia proviene del latín “*scientia*” cuyo significado etimológico es simplemente “*saber*”, “*conocer*”. Las definiciones de

ciencia son en tal proporción como autores han intentado sustentar el concepto y su contenido.

Estas son algunas definiciones, que sobre la ciencia se encuentran vigentes:

*“...ciencia ...actividad del pensamiento humano, que entiende y explica la realidad exterior de una manera clara y precisa, cuya validez trasciende el tiempo y el espacio.”<sup>1</sup>*

*Ciencia es “un conjunto de conocimientos racionales, ciertos o probables, que obtenidos de una manera metódica y verificados en su contrastación con la realidad se sistematizan orgánicamente haciendo referencia a objetos de una misma naturaleza, cuyos contenidos son susceptibles de ser transmitidos.”<sup>2</sup>*

Definiciones que confirman que la ciencia es una forma de saber y la acumulación de conocimientos. Conviene señalar que el concepto ha tenido una serie de variaciones que responde a los momentos históricos en que se ha manifestado.

## LA TECNOLOGÍA

*Toda tecnología suficientemente avanzada se confunde con la magia.*

Arthur C. Clarke

Etimológicamente se origina del griego *tecné*, técnica, y *logos*, ciencia o tratado; luego, la tecnología es otro ámbito de conocimiento de la ciencia; está muy vinculada a ésta, pero implica actividades distintas.

Mientras la ciencia trata de ampliar y acumular conocimientos siguiendo un conjunto determinado de reglas, la tecnología los aplica a la generación de instrumentos útiles para la humanidad.

La tecnología moderna es, en consecuencia, la ciencia de la producción. Los productos pueden estar dirigidos a la vida cotidiana o a la propia ciencia. Para comprender mejor su alcance es necesario remitirse a alguna definición.

*Tecnología es "... el saber hacer y es el proceso creativo que permite utilizar herramientas, recursos y sistemas para resolver problemas con el fin de aumentar el control sobre el medio ambiente natural y el construido por el hombre y modificar la condición humana."*<sup>3</sup>

*"... un cuerpo de conocimientos prácticos y equipos para mejorar la eficacia de la labor humana y alterar el ambiente para uso humano."*<sup>4</sup>

Las definiciones confirman que es la tecnología, no la ciencia, la que ayuda a los humanos a apoderarse y vivir en un mundo más confortable. La ciencia resulta operativa gracias a la tecnología, además faculta su avance e innovación.

En conjunto, ciencia y tecnología están en la búsqueda de aplicar los conocimientos para satisfacer las necesidades humanas; en tanto, la ciencia trata de expandir y acumular conocimiento nuevo mediante la investigación científica de la naturaleza y la sociedad.

## **UN ACERCAMIENTO A LA INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA**

La investigación tecnológica es una investigación aplicada y tiene particulares características, por cuanto se sitúa en el estudio de problemas (casos) concretos, es pragmática en su concepción, y sus resultados tienen aplicación inmediata en la solución de problemas específicos y en la toma de decisiones.

Se trata, entonces, de un tipo de investigación muy específico, que utiliza los resultados como referentes para actuar, construir,

innovar, inventar, intervenir, mejorar operaciones de proceso, en conjunto, solucionar problemas de la realidad investigada.

La investigación tecnológica en su mayor parte hace uso de las matemáticas, la ciencia de los materiales y la física –mecánica aplicada- así como de principios científicos y métodos técnicos, sin perjuicio de que existan proyectos que sean tan sólo motivo de estudio.

La investigación tecnológica no está dirigida sólo al diseño de proyectos de diversa naturaleza, sino también contribuye al desarrollo y progreso tecnológico, económico y político de los pueblos, buscando en todo momento la armonía del hombre, la sociedad y la naturaleza.

Además, la investigación tecnológica posibilita el uso de tecnologías alternativas y sustentables, que se adecuen a los recursos humanos y naturales de que se dispone. Para ello es posible partir de tecnologías sencillas y tradicionales, que combinándose con las modernas se podría obtener resultados positivos. No se debe descartar el *conocimiento popular* como antecedente para toda investigaciones.

## **CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD**

Ciencia, tecnología y sociedad es una trilogía que incide significativamente en el desarrollo actual de los pueblos. Además, todo sistema tecnológico funciona dentro de otro, social y, por tanto, está condicionado por él. No obstante, una tecnología es dependiente cuando recibe pasivamente y no reelabora.

La ciencia y la tecnología están presentes en los métodos de producción, en el bienestar social, en la manera de pensar y de comportarse de la sociedad; en la actualidad esta influencia es cada vez más rápida y decisiva. En este sentido Gelles y Levine (1996)

afirman: “*La tecnología crea un particular ambiente físico, social y psicológico.*”<sup>5</sup>

Vivimos en una época en la que, a escala mundial, se impulsa aceleradamente el desarrollo científico tecnológico en beneficio de la producción en todas las áreas y, en consecuencia, se espera que muchos productos estén más al alcance de una mayoría social.

Las naciones con tecnología industrial moderna tienden a expandirse, como lo demuestran la electricidad, las telecomunicaciones, la medicina, el transporte y otros sistemas.

Ciencia, tecnología y desarrollo social son la base de la identidad más sobresaliente de los pueblos, que ha sido identificada en el tiempo como *revoluciones* tecnológicas.

En conjunto, la tecnología no es buena o mala en sí, sino que todo depende de su uso y será en función de quienes la posean, la controlan, la aplican y la usufructúan.

En otro ámbito, la aplicación de tecnologías intermedias o apropiadas significa adecuar los recursos humanos y naturales a las necesidades del país, sin olvidar que hay tecnologías sencillas, tradicionales, que combinándose con las modernas podrían dar resultados positivos.

## **REALIDAD NACIONAL DE LA INVESTIGACIÓN**<sup>6</sup>

En el Ecuador, con el objeto de impulsar el desarrollo científico existe la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología –SENACYT y la Fundación para la Ciencia y la Tecnología –FUNDACYT, otra institución con iguales objetivos es el Consejo Nacional de Educación Superior (CONESUP).

La situación científica y tecnológica en Ecuador, analizado por el

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología -CONACYT en 1990, mostró que en nuestro país se destina apenas un 0,16% del Producto Interno Bruto -PIB<sup>7</sup> para la investigación científica y que hay 0,5 investigadores por cada mil habitantes económicamente activos.

Las cifras demuestran que el desarrollo de la Ciencia y la Tecnología en el Ecuador es débil en general, y representa uno de los porcentajes más bajos de América Latina, aún comparado con el de otros países andinos como Venezuela y Colombia. Pensemos que, países como Japón y Alemania destinan un promedio del 3% del PIB a este tipo de investigaciones y tienen 14 investigadores por cada mil habitantes económicamente activos.

*Además, “ las líneas de investigación no están orientadas a resolver problemas fundamentales de la ciencia o a crear nuevos conceptos o tecnologías. (Fiallo-1994)”<sup>8</sup>*

## **CONCLUSIONES**

Sobre la base de la realidad nacional, en nuestro país casi no existen recursos para realizar la investigación científica, pero esto no significa que la investigación, componente principal para la ciencia y la tecnología, pierda importancia, por el contrario, la vida cotidiana y profesional exige el conocimiento de métodos y técnicas para el cumplimiento de procesos de investigación tanto en actividades académicas como profesionales.

Para cerrar, me permito formular algunas conclusiones:<sup>9</sup>

- La investigación no es aún un factor significativo, cultural ni productivo. Esta situación no debe sorprender, dado el escaso desarrollo general del país.
- El compromiso con la investigación es muy escaso.
- Los centros de investigación son muy pocos y carecen de infraestructura, equipo y capacitación.

- La valoración de la Ciencia y la tecnología aún no es reconocida suficientemente por la sociedad, ni por los poderes políticos ni económicos, esto se evidencia en la toma de soluciones temporales e improvisadas ante situaciones emergentes.
- La investigación en Ciencia y Tecnología se desarrolla de manera espontánea y parte de iniciativas individuales.
- Las empresas y sectores productivos nacionales recurren al extranjero para lograr innovaciones científicas y tecnológicas.
- La escasez de investigadores a tiempo completo da como resultado una escuálida generación de conocimientos científicos.
- Los recursos financieros destinados a la investigación son reducidos, a ello se agrega la falta de estímulo y niveles remunerativos bajos que minimizan el trabajo de los investigadores.

---

## NOTAS

1. Gutiérrez, Gabriel, (1996) *Metodología de las Ciencias Sociales I*, 2da edición, Oxford University Press, México, p. 96.
2. Ander-egg, Ezequiel, (1995) *Técnicas de Investigación Social*, 24ava Edición, Edit. Lumen, Buenos Aires, p. 33.
3. Gebhart, citado en *Las Actividades Juveniles de Ciencia y Tecnología*, Quito, p. 57.
4. Gelles, Richard y Levine, Ann, (1996) *Introducción a la Sociología*, 5ta Edición, McGraw-Hill, Interamericana, S.A. México, p. 96.
5. Gelles, Richard y Levine, Ann, Op. cit. p. 96.
6. Cfr. Grijalva, Agustín, (1995) *Datos Básicos de la Realidad Nacional*, Corporación Editora Nacional, Quito, pp. 136-138.
7. El Producto Interno Bruto toma en cuenta todos los bienes y servicios finales elaborados en el territorio geográfico de un país en un periodo determinado, Alejandro Martínez Estrada (2001) *Elementos de Economía*, p. 49.

8. FUNDACYT, (1996) *Políticas de las ciencias y la Tecnología*, I Plan Nacional de Investigación Científica y Tecnológica, Quito, p. 271.
9. Cfr. *Ibid.* pp. 103-105 y 273-275.

## **BIBLIOGRAFÍA**

ANDER-EGG, Ezequiel, (1995) *Técnicas de Investigación Social*, 24ava Edición, Editorial Lumen, Buenos Aires.

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CONACYT, (1990) *Manual para la Planificación, Desarrollo y Promoción de Actividades Juveniles en Ciencia y Tecnología*, 4ta. Edición, Quito.

FUNDACYT (1996) *Políticas de las Ciencias y Tecnología*, I Plan Nacional de Investigación Científica y Tecnológica, Quito.

GELLES, Richard y LEVINE, Ann, (1996) *Introducción a la Sociología*, 5ta Edición, McGraw-Hill, Interamericana, S.A. México.

GRIJALVA, Agustín, (1995) *Datos Básicos de la Realidad Nacional*, Corporación Editora Nacional, Quito.

GUTIÉRREZ, Gabriel, (1996) *Metodología de las Ciencias Sociales - I*, 2da edición, Oxford University Press, México.

MARTÍNEZ Estrada, Alejandro (2001) *Elementos de Economía*, Imprenta Mariscal, Quito.

MÜNCH, Lourdes y ÁNGELES, Ernesto, (1990) *Métodos y Técnicas de Investigación*, 2da. Edición, Editorial Trillas, México.



**LOS CONOCIMIENTOS SHUAR SOBRE LA DIVERSIDAD  
VEGETAL DE LA REGIÓN AMAZÓNICA.  
EL CASO DEL CENTRO SHUAR YUKUTAIS**

*Raffaella Ansaloni*  
Doctora en Agronomía



El Ecuador posee entre 25 y 30 mil especies de plantas vasculares, o sea un 10% de toda la muestra del mundo, y tiene la más alta densidad de especie en América del Sur. La región amazónica, y especialmente las estribaciones de cordillera, contienen cerca de la mitad de las especies ecuatorianas. Además de la riqueza florística, la región amazónica posee una diversidad cultural excepcional y los grupos étnicos que allí viven tienen un enorme conocimiento sobre el uso de las especies nativas. Cerón (1992 y 1993) reporta 200 especies vegetales utilizadas por los Shuar, Báez, en un estudio realizado en dos centros Shuar encontró 162 plantas útiles.

La diversidad vegetal tanto de los ecosistemas silvestres como de los agroecosistemas y los conocimientos tradicionales a ella relacionados son, sin lugar a duda, una fuente potencial de desarrollo para los habitantes de esta región y del país entero; sin embargo son poco conocidos por científicos y habitantes y por ello escasamente aprovechados.

Pese a este patrimonio natural y de conocimientos, la población que vive en esta zona tiene niveles de ingresos muy bajos, escaso acceso a los servicios básicos y un siempre menor conocimiento sobre sus recursos naturales, tanto que sobre todo los colonos, pero también un número siempre mayor de Shuar, consideran el bosque como fuente de abastecimiento de leña y madera y como reserva para la ampliación de la frontera agrícola y ganadera.

Los efectos de la deforestación, tanto en ámbito local como general, son ampliamente conocidos; en todo caso es oportuno recalcar que la disminución del área boscosa tiene efectos directos e inmediatos sobre la vida y economía de los pobladores, como por ejemplo la disminución de animales silvestres, tradicionalmente cazados y fuente importante de proteínas, así como sobre la fertilidad

del suelo, que va rápidamente disminuyendo en los años que siguen a la quema o tala de los árboles. Además, en poco tiempo la explotación maderera ha acabado con los árboles de mayor valor, dejando sólo madera de bajo interés comercial.

Considerando estos antecedentes, se realizó el proyecto “Selección de especies vegetales con potenciales de producción sostenible en Sucúa, Morona Santiago”, financiado por PROMSA y la Universidad del Azuay. El objetivo consistía en seleccionar especies vegetales con potencial de producción sostenible y difundir a colonos, indígenas e instituciones de la provincia de Morona Santiago los resultados concretos para que puedan aplicarlos en sus sistemas productivos, planes de reforestación y de manejo de áreas naturales, entre otros.

El estudio se llevó a cabo en el centro Shuar Yukutais ( coordenadas geográficas 02°29'03” latitud Sur y 78°08'01” longitud Oeste) emplazado en la húmeda y tropical floresta de Morona Santiago, provincia central de la región amazónica ecuatoriana, entre abril de 2000 y diciembre de 2001. Se realizó un estudio etnobotánico de especies presentes en ambientes silvestres y agroecosistemas, y se recopiló información sobre distribución y abundancia de las mismas.

La metodología empleada para llevar a cabo la investigación ha sido la sugerida por Alarcón en 1998, modificada según las exigencias propias del proyecto, de manera que se han establecido 20 parcelas permanentes de 500 m<sup>2</sup> cada una, ubicadas en cuatro distintos tipos de hábitat: bosque maduro, bosque intervenido, fincas y playa del río Upano. En cada parcela se tomaron muestras de plantas útiles, según las indicaciones aportadas por los informantes que nos acompañaron, las mismas fueron herborizadas y posteriormente se procedió a su identificación. Toda la información recolectada se ingresó a una base de datos (Access) para su posterior análisis. Las muestras y la información se encuentran disponibles en el Herbario Azuay.

Anteriormente, para establecer las parcelas, se tomaron datos sobre uso de suelos y coordenadas de las parcelas; además se

estableció una convivencia con los pobladores del centro Shuar Yukutais que llevó a la identificación de los informantes y a establecer una relación de mutuo respeto y confianza. El trabajo, en este contexto, fue hecho por un equipo que integró a biólogos y egresados de la Escuela de Biología del Medio Ambiente, ayudantes y consultores de otras carreras e instituciones y los pobladores del centro Shuar Yukutais.

En el estudio etnobotánico se registraron 207 especies vegetales útiles, de las cuales 144 son nativas, 20 especies son nativas y cultivadas, el resto están entre exóticas, introducidas, cultivadas y de origen desconocido. En cuanto a los usos se registraron 403 menciones de uso, entre los más destacados: 81 comestibles, 71 medicinales, 41 maderables, 32 leña, 32 construcción, 29 uso comercial, 23 de uso ecológico, 20 de uso artesanal, 17 de uso cultural, 14 especies de alimento para animales del monte, 4 uso aromático. Entre las familias más destacadas por su número de especies vegetales útiles e índices de diversidad relativa de especies útiles tenemos Solanaceae, Araceae, Mimosaceae, Rubiaceae, Euphorbiaceae, Lauraceae, Melastomataceae, Arecaceae, Asteraceae, Piperaceae, Moraceae y Poaceae.

Se efectuó una prueba de propagación de plantas, eligiendo 10 especies vegetales de uso importante en la comunidad Shuar y utilizando diferentes substratos, obteniéndose el 70% de prendimiento y crecimiento y evidenciándose la gran fertilidad del suelo de las fincas, obtenida a través de una correcta asociación de especies y manejo de la materia orgánica.

En función del diagnóstico realizado inicialmente, de los resultados obtenidos en estas pruebas de propagación, del estudio etnobotánico y de la información disponible, se ha formulado una propuesta de mejoramiento de la producción y recuperación de tierras degradadas, con el objetivo de disminuir la presión de los pobladores sobre el bosque y sus recursos vegetales. En ella se enumeran algunas especies arbóreas que pueden ser asociadas con especies herbáceas y arbustivas de crecimiento rápido y poten-

cialidades para el mercado o la transformación, con el fin de recuperar tierras degradadas (principalmente pastizales) y la obtener a mediano y largo plazo madera de calidad. Esta propuesta está a disposición de las comunidades, instituciones y particulares que quieran adaptarla a cada realidad con el fin de mejorar las condiciones de vida de los pobladores.

Además, se escogieron 40 especies sobresalientes, por su potencial de producción sostenible, para la elaboración de un folleto de difusión, que se ha puesto en consideración de las organizaciones Shuar, organismos vinculados al desarrollo de la provincia y de la comunidad científica. En esta publicación, además de presentar la información recopilada por el proyecto, se reporta las perspectivas que cada especie tiene para su uso y comercialización.

Estos resultados constituyen información básica para la proyección y ejecución de programas de propagación de especies vegetales útiles del Oriente ecuatoriano encaminadas a generar nuevos productos para las necesidades humanas, con una producción sin tala de bosque que conserve y utilice los valiosos conocimientos tradicionales tesoro de nuestros pueblos.

## **BIBLIOGRAFÍA**

ALARCÓN, R. 1998. Etnobotánica de los Quichuas de la Amazonía Ecuatoriana. Serie monográfica N. 7. Banco Central del Ecuador. Guayaquil, 125 pp.

BORTOFT, H., SKOV, F., FJELDSA, J., SCHJELLERUP, I. y OLLGAARD, B. (editores). 1999. La gente y la biodiversidad. Dos estudios en comunidades de las estribaciones de los Andes en Ecuador. Centro para la investigación de la diversidad cultural y biológica de los bosques pluviales andinos (DIVA), Dinamarca y Ediciones Abya Yala, Ecuador. 1ra edición en español.

CERÓN, C., MONTALVO, C. 1997. Composición y estructura de un hectárea de bosque en la Amazonía ecuatoriana, con información etnobotánica de los Huaorani. Memorias del II Congreso ecuatoriano de botánica, PUCE, Quito, p. 153-172.

CERÓN, C. 1996. Etnobotánica del Ecuador: estudios regionales. Hombre y ambiente 25. Ediciones Abya Yala. Quito.

JARA, P. 2002. Ensayo de propagación con diez especies vegetales de uso común en el centro Shuar Yukutais, Morona Santiago, Ecuador. Tesis de biólogo. Cuenca, 57 pp.

SERRANO, F. 2000. Efectos de las aperturas del dosel en el crecimiento de 6 especies forestales promisorias nativas de la Amazonía ecuatoriana. Tesis de biólogo. Cuenca, Ecuador. 33 pp.

SIERRA, R. 1999. Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador continental. Ecociencia, proyecto INEFAN/GEF-BIRF. Quito.



**CONTROL DE FITOPATÓGENOS CON METABOLITOS  
SECUNDARIOS DE HONGOS**

*María E. Cazar Ramírez*

Dra. (c) en Ciencias Mención I and D  
por la Universidad de Talca, Chile



## 1. INTRODUCCIÓN

La relación de las especies vegetales con el medio ambiente las enfrentan a condiciones adversas tales como: ataque de organismos patógenos, competencia con otras especies vegetales y resistencia a condiciones de estrés. Las células vegetales disponen de mecanismos de defensa preformados e inducibles. El sistema de defensa vegetal contrasta con el sistema inmune de los vertebrados, en el cual, células especializadas en defensa se movilizan rápidamente al sitio de infección, donde pueden matar al organismo invasor o limitar su propagación.

El mecanismo “inmune” vegetal minimiza la propagación de enfermedades. Este hecho es notorio en poblaciones silvestres de plantas en donde, si existe un brote de enfermedad, éste afectará a pocas plantas o a zonas restringidas de tejido. Sin embargo, en los cultivos agrícolas esta habilidad se ve notoriamente disminuida. Los monocultivos de especies genéticamente uniformes sobre extensiones vastas de terreno son prácticas que frecuentemente provocan severos brotes de enfermedades. En este ámbito la protección de plantas es un interés prioritario que surge debido a las prácticas agrícolas en cultivos monoespecíficos de especies de importancia económica.

Sólo una pequeña cantidad de especies vegetales es cultivada. No es sorprendente, por tanto, que las respuestas de esas plantas a patógenos hayan sido estudiadas intensivamente. Por otra parte, las plantas cultivadas son susceptibles al ataque de varios tipos de patógenos, los cuales tienen diferentes ciclos de vida y estrategias patogénicas.

Si bien los virus y bacterias son responsables de numerosas enfermedades vegetales, los hongos, como grupo, son los más importantes patógenos de plantas. Son capaces de causar daños que pueden terminar con vastas extensiones de cultivos. Sin embargo, menos del 2% de las 200.000 especies conocidas de hongos son capaces de colonizar las plantas y causarles enfermedades.

Durante la década de 1950 los beneficios del uso de plaguicidas sintéticos mostraron un gran efecto en el rendimiento de cultivos afectados por patógenos. Desafortunadamente, los problemas relacionados con este tipo de sustancias son evidentes. Riesgos potenciales a la salud humana, contaminación ambiental, efectos en organismos no – objetivo y el desarrollo de resistencia por los patógenos son los resultados de décadas del uso intensivo del control químico de plagas.

Debido a la problemática causada por los agroquímicos tradicionales, la propuesta del control biológico integrado de cultivos ha surgido como una alternativa válida para combatir el efecto de plagas sin agredir el entorno. Este método tiene un fundamento básico en las relaciones entre los microorganismos presentes en el entorno vegetal.

## **2. EL METABOLISMO FUNGAL COMO FUENTE DE MOLÉCULAS BIOACTIVAS**

Las características exhibidas por ciertos hongos como biocontroladores están relacionadas con el tipo de metabolitos que son capaces de sintetizar. Es útil clasificar las vías bioquímicas de los hongos como parte de un metabolismo primario o secundario. Las vías de metabolismo primario están involucradas en la degradación (catabolismo) de moléculas para la producción de energía, así como en la síntesis (anabolismo) de los bloques de construcción celular tales como lípidos, carbohidratos, proteínas y ácidos nucleicos.

Las vías del metabolismo secundario de los hongos se ramifican de las del metabolismo primario en relativamente pocos puntos. La Acetilcoenzima A es la precursora más importante ya que se involucra en la síntesis de terpenos, esteroides, metabolitos de ácidos grasos y policétidos. Además, una variedad de compuestos aromáticos son sintetizados del intermedio glicolítico fosfoenolpiruvato y eritrosa-4-fosfato. Otros metabolitos secundarios son derivados de amidas. Muchas de las enzimas del metabolismo secundario son relativamente no específicas y dan lugar a la formación de una red de vías alternativas. Debido a esta complejidad, es muy poco lo que se conoce acerca de su regulación y enzimología.

En su ambiente natural, los hongos, junto a un gran número de organismos, bacterias, otros hongos y animales, compiten entre sí por el mismo sustrato o hábitat. Para subsistir, estos microorganismos han desarrollado una serie de estrategias. Entre estas se encuentran la producción de enzimas que les permiten parasitar otros microorganismos o utilizar sustratos no accesibles a otros organismos, p.ej: lignocelulosa.

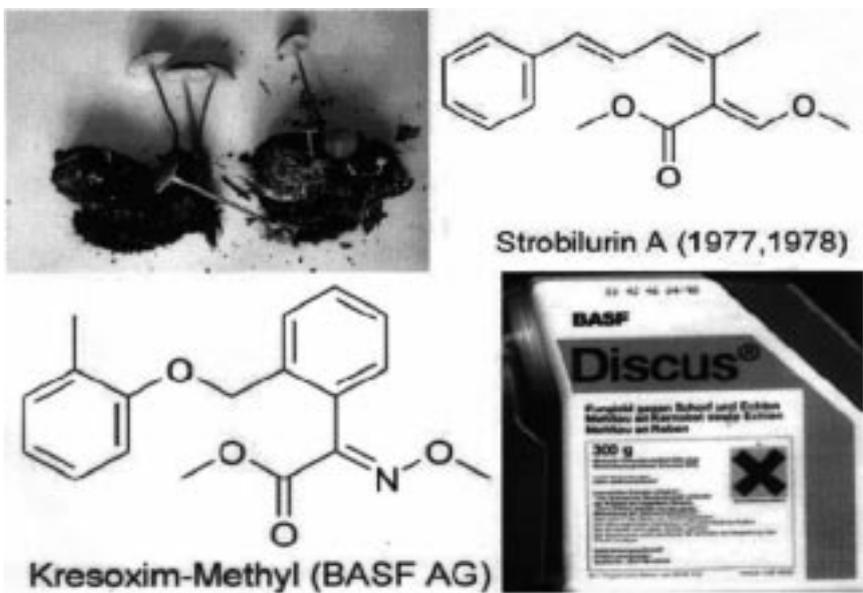
Otra estrategia usada por muchos microorganismos es la producción de metabolitos tóxicos para sus competidores. Las moléculas más prominentes son los antibióticos producidos por una gran cantidad de hongos de suelo. Desde el descubrimiento de la penicilina en cultivos de especies de *Penicillium* por A. Fleming, la increíble riqueza de los metabolitos bioactivos de hongos ha sido un campo de investigación promisorio. De los diez antibióticos fungales comercialmente producidos, las penicilinas, cefalosporinas, griseofulvinas y ácido fusídico tienen uso mayoritario en aplicaciones clínicas.

### **3. METABOLITOS SECUNDARIOS FUNGALES: BIOPESTICIDAS ECOCOMPATIBLES**

En principio, los productos sintéticos han liderado el mercado de agroquímicos. Sin embargo, el interés en metabolitos microbianos se ha incrementado sustancialmente. Se asume que los compuestos

naturales, siendo parte del ecosistema, deben ser mucho más compatibles y menos tóxicos en el ambiente. El grupo más importante de fungicidas derivados de hongos es el de las **estrobilurinas**, descubiertos por Anke *et al* (1977).

Pesticidas de gran aceptación en la Unión Europea, los cuales han recibido en los últimos años la aprobación de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) han sido desarrollados en base a la estructura química elucidada de la **estrobilurina A**. Marcas registradas como Brio®, Discus®, Strobby®, están formulados en base a **kresoximetil**, un análogo sintético de esta molécula. Este análogo sintético no es degradado por la luz solar, siendo éste uno de los problemas principales exhibidos por moléculas antimicrobianas de hongos.

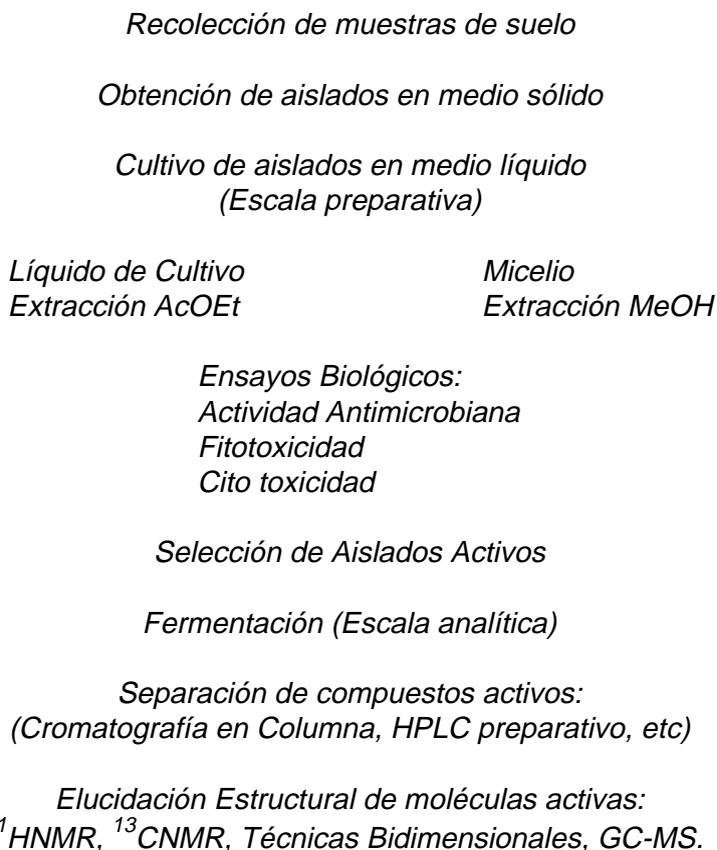


**Fig 1.** Estrobilurina A, aislada del basidiomicete *Strobilurus tenacellus*, y su análogo sintético Kresoximetil, actualmente comercializado por la BASF.

#### **4. ESTRATEGIAS EN LA BÚSQUEDA DE BIOPESTICIDAS DE HONGOS**

Como se explicó anteriormente, el metabolismo fúngal ofrece un pool variado de moléculas con estructuras y actividades diversas. La obtención de aislados y la evaluación de su potencial antimicrobiano es un trabajo multidisciplinario. Cultivos en medio líquido a pequeña escala permiten discriminar las cepas activas. La fermentación en biorreactores de los aislados promisorios provee la biomasa suficiente para aislar e identificar los metabolitos secundarios responsables de la actividad exhibida. Para cumplir este objetivo, las técnicas espectroscópicas bidimensionales COSY, ROESY, NOESY han sido de extrema utilidad. Esto se debe a la complejidad de las moléculas sintetizadas por el metabolismo fúngal: alcaloides, policétidos, péptidos cíclicos, entre otras.

Para evaluar la fito y citotoxicidad de los extractos y compuestos de origen fúngal, nuevas técnicas se han puesto a punto. Cultivos de líneas celulares permiten aproximarse al efecto tóxico en mamíferos descartando el uso de animales experimentales, de acuerdo con los principios de bioética adoptados en la investigación científica. Una buena aproximación a la fitotoxicidad se consigue observando la inhibición en la germinación de semillas de monocotiledóneas y dicotiledóneas. A continuación se muestra un esquema de investigación a seguir en la búsqueda de moléculas bioactivas de hongos de suelo.



**Fig 3.** Esquema del trabajo experimental conducente a la búsqueda de nuevos metabolitos bioactivos de hongos.

## 5. CONCLUSIONES

Este artículo es parte del fundamento teórico de la tesis doctoral “**Fungicidas y Bactericidas de Microorganismos de Suelo**” que se lleva a cabo en el Instituto de Química de Recursos Naturales de la Universidad de Talca (Chile), la que como objetivo la búsqueda de

nuevas moléculas bioactivas y su elucidación estructural con el fin de presentar nuevos modelos para el desarrollo de agroquímicos eco-compatibles. Durante este año, parte de el trabajo experimental se realizó en el Instituto de Biotecnología de la Universidad de Kaiserslautern (Alemania) como integrante de un programa internacional de cooperación.

Es necesario destacar la importancia de esta línea de investigación en países en vías de desarrollo, donde todavía es indiscriminado el uso de pesticidas de síntesis química a pesar de sus efectos adversos. Una colaboración entre grupos de investigación jóvenes y expertos puede dar frutos interesantes en este campo.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abate, D. *Bioactive Metabolites from Fermentation Cultures of Ethiopian Basidiomycetes*. (1989). Tesis Doctoral. Universidad de Kaiserslautern.

Anke, H., Mayer, A., Sterner, O. *Secondary metabolites with nematocidal and antimicrobial activity from nematophagous fungus and Ascomycetes*. (1995). *Can. J. Bot.* **73** (1). pp. 932 – 939.

Butt, T., Copping, L. (2000). *Fungal Biological Control Agents*. *Pesticide Outlook*, **6** (5), 186 - 191.

Christensen, M. *The Dilution Plate Technique for Isolation of Soil Microfungi*, en [www.cc.edu/~jclausz/msamanual/diltq.html](http://www.cc.edu/~jclausz/msamanual/diltq.html) (visitada en Octubre de 2002)

Dehne, H., Oerke, E. (1998). *Impact of Diseases and Disease Control on Crop Production*, en: *Fungicidal Activity. Chemical and Biological Approaches to Plant Protection*. David Hutson y Junshi Miyamoto Editores. John Wiley and Sons Ltd. pp. 1 – 23.

Fabian, K., Lorenzen, K., Anke, T., Johansson, M., Sterner, O. (1998). *Five New Bioactive Sesquiterpens from the Fungus **Radulomyces confluens** (Fr.) Christ. Z. Naturforsch.* **53c**, pp. 939 – 945.

Gibson, D., Krasnoff, B. (1999). *Exploring the Potential of Biologically Active Compounds from Plants and Fungi*, en: *Biologically Active Natural Products*. Horace G. Cutler y Stephen Cutler Editores. CRC Press. pp. 231-242.

**NEMATODOS QUE SE ALIMENTAN DE INSECTOS:  
Una opción para el Manejo Integrado de Plagas**

*Walter Iván Larriva C.*

Magister en Ciencias Agropecuarias  
por la Pontificia Universidad Católica de Chile



Los recursos del planeta tierra cada día disminuyen, unos más rápidos que otros, pero la gran mayoría se reduce debido a un mal manejo de los mismos. Mal manejo que en unos casos se origina en el desconocimiento de cómo hacerlo, en otros, en la ambición del ser humano de obtener grandes ganancias económicas al menor costo posible y, en unos tantos, debido a la falta de alternativas para hacerlo.

Por ventaja, esta tendencia de priorizar al máximo la parte económica, a costa de los recursos naturales en la actualidad está cambiando, de ahí que no en vano se le considera a estos tiempos como el Siglo de la Biología.

No se trata de minimizar los procesos productivos relacionados con los recursos naturales, sino de optimizar estos procesos a través de manejos racionales y sostenibles de los mismos.

El suelo es uno de los recursos que en la actualidad viene siendo intensivamente usado, pero con la finalidad de incrementar su productividad y disminuir los riesgos y los daños ocasionados por insectos que en algún estado de su desarrollo viven en el suelo y se alimentan de ciertas partes de la planta cultivada. Los productores y los técnicos recurren al uso de una variedad de productos químicos, siendo algunos de ellos muy tóxicos y altamente contaminantes, tanto del suelo como también de los productos agrícolas. Por lo tanto, es prioritario poder contar con insecticidas alternativos que permitan manejar de una manera mucho más sostenible las altas poblaciones de insectos plaga, permitiendo además de obtener productos menos contaminados, preservar la diversidad biológica del entorno.

Entre estas alternativas de manejo, se cuenta hoy en día con los agentes entomopatogénicos, es decir, microorganismos que causan

enfermedades a los insectos, como son las bacterias, hongos, virus y nematodos; siendo los nematodos los organismos que en la última década han cobrado gran importancia por su facilidad para ser aplicados en el suelo, su alta virulencia y patogenicidad y su relativa facilidad para ser multiplicados en forma masal y comercializados.

Es absurdo pensar que estos nemátodos sean la panacea para solucionar el problema de las plagas de insectos en la agricultura y otros sectores, pero bien se pueden constituir en más de un caso, en una estrategia y alternativa novedosa dentro de un verdadero programa de Manejo Integrado de Plagas (M.I.P.), o sus siglas tan famosas en inglés I.P.M. (Integrated Pest Management).

Recordemos que según la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos (NAS, 1978), el MIP “es un sistema en el cual todas las técnicas disponibles son evaluadas y consideradas en un programa unificado para manejar poblaciones de insectos plagas de tal manera que evita daño económico y se minimizan los efectos secundarios en el ambiente”, de tal manera que el empleo de estos pequeños microorganismos puede llegar a complementar un adecuado manejo de las altas poblaciones de insectos sobre todo aquéllos de hábito terrestre.

## **LOS NEMATODOS**

Son generalmente definidos como organismos apendiculados, no segmentados, gusanos invertebrados que poseen un cuerpo, una cavidad y un completo tracto digestivo. Por “completo tracto digestivo” se entiende una boca, un canal alimenticio y un ano (Gaugler, 1999). No tiene una respiración o sistema circulatorio especializado; sin embargo, los nematodos poseen un bien desarrollado sistema nervioso y excretor y un juego de músculos longitudinales (Georgis, 1991.)

Según Thomas y Poinar hasta 1979 se habían descrito alrededor de

15.000 especies de nematodos de las 500.000 que se estiman existen.

Los nematodos varían considerablemente en tamaño. Uno de los más pequeños es la forma marina *Greeffiella minutum* que mide solamente 82  $\mu\text{m}$  de largo, en contraste con *Plaeentonema gigantissima* que es el nematodo más grande conocido; vive en la placenta de la ballena de esperma y alcanza sobre los 8 metros.

Los nematodos viven en una variedad de ambientes tales como lugares muy calientes, helados o en las profundidades del océano. Algunos de los nematodos que existen en el suelo y en agua "dulce" son los que parasitan cultivos, insectos, ganado y al ser humano (Georgis, 1991.) Existen numerosas especies vegetales de importancia económica que son atacadas por nematodos; sin embargo ellos también pueden afectar a animales y al ser humano, siendo parásitos de estos, causando enfermedades como la oncocercosis que afecta a más de 20 millones de personas en el África.

Estos minúsculos organismos también tienen su lado positivo, ya que muchos de ellos ayudan a mantener el balance natural en el suelo parasitando insectos de importancia económica, siendo algunos de ellos utilizados como agentes de control biológico y algunos otros como bioindicadores de polución en océanos y ríos.

Los nematodos han sido ubicados en cuatro grupos independientes, el primero y más primitivo (evolutivamente hablando) es el Rhabditida, el cual dio origen a los habitantes de los intestinos de los animales (perros, gatos y otros) como *Oxyurida*, o los que tienen simbiosis con bacterias como *Steinernematidae* y *Heterorabditidae* (Thomas y Poinar, 1979; Akhurst, 1980).

El segundo y tercer grupo de nematodos son aquellos que se alimentan de plantas, tales como *Tylenchidae* y *Aphelenchydae*, siendo estas formas muy características por la presencia de un estilete a través del cual toma su alimento, pero que en muchos parásitos de invertebrados es usado para penetrar dentro del cuerpo

del hospedero (Thomas y Poinar, 1979; Akhurst, 1980).

El cuarto grupo de parásitos de invertebrados incluye los Adenophora, dentro de los cuales tenemos los Mermithidae, que evolucionaron de los miembros predadores de los Dorylaimitidae; también presentan un estilete el cual es usado para penetrar la pared del cuerpo del hospedero (Thomas y Poinar, 1979; Akhurst, 1980).

Algunos de estos nematodos parásitos poseen características únicas, no solamente como nematodos sino de todo el reino animal. Uno de los rasgos característicos sobresalientes de los géneros *Steinernema* y *Heterorhabditis* es el hecho de llevar y transportar en su interior bacterias del género *Xenorhabdus* y *Photorhabdus* las cuales matan a sus hospederos y proporcionan nutrientes para el nematodo (Akhurst, 1982).

## **NEMATODOS ENTOMOPATOGÉNICOS**

Los nematodos más importantes que se alimentan de insectos pertenecen a las familias Steinernematidae y Heterorhabditidae (Orden Rhabditida); han sido de las más estudiadas como agentes de control biológico, habiéndose generado mucha información acerca de las mismas.

Estas dos familias están mutualísticamente asociadas con las bacterias *Xenorhabdus* y *Photorhabdus* respectivamente y son similares en cuanto a su acción (Kaya y Gaugler, 1993).

Kaya y Gaugler (1993) manifiestan que la vida libre, así como el estado juvenil infectivo de estos nematodos poseen atributos de insectos parasitoides o depredadores y de agentes entomopatogénicos; por ejemplo, los parasitoides y depredadores tienen quimiorreceptores y son móviles, en tanto que los patógenos son altamente virulentos matando a su hospedero rápidamente.

Pueden además ser cultivados en medios artificiales, tienen un

alto potencial reproductivo, así como un amplio rango de hospederos y además son seguros para los vertebrados, plantas y otros organismos benéficos (Kaya y Gaugler, 1993).

Estas dos familias de nematodos entomopatogénicos han sido agrupadas en tres géneros: *Steinernema*, *Neoesteinernema* y *Heterorhabditis*, cada una de las cuales tiene a su haber varias especies; ver Cuadro 1.

**Cuadro 1.** Especies descritas de los géneros de nematodos entomopatogénicos (adaptado de Nguyen, 1999).

GENERO	ESPECIES
<i>Steinernema</i>	<i>arenarium, caudatum, cubanum, glaseri, longicaudum, puertoricens, bicornutum, ceratophorum, feltiae, kari, kraussei, monticolum, neocurtillae, oregonense, affine, intermedium, riobrave, abbasi, carpocapsae, kushidai, rarum, scapterisci, siamkayai.</i>
<i>Neoesteinernema</i>	<i>longicurbicauda</i>
<i>Heterorhabditis</i>	<i>bacteriophora, megidis, argentinensis, marelatus, hepialus</i>

## COMPORTAMIENTO

Los nematodos que se alimentan de insectos (entomopatogénicos), inician su labor por alcanzar al hospedero adecuado con la búsqueda y selección del hábitat de la víctima, actividad que puede verse restringida hasta cierto punto si tomamos en cuenta el rango de hospederos que puede tener cada especie de nematodo y cada una de ellas con preferencia hacia ciertos grupos de insectos (Georgis, 1992; Kaya y Gaugler, 1993; Gaugler, 1999).

Algunas especies de nematodos prefieren buscar sus hospederos cerca de la superficie del suelo, por ejemplo, *S. carpocapsae*,

pero otras se han adaptado para buscar en perfiles profundos del suelo, como la *H. bacteriophora*, (Kaya y Gaugler 1993). Una vez que el hábitat ha sido seleccionado, los nematodos entomopatógenos pueden adoptar una de las dos estrategias de búsqueda: a) emboscar a su presa y b) movilizarse hacia su presa (Kaya y Gaugler 1993).

En el primer caso se trata por lo tanto de nematodos poco móviles y que ahorran energía mientras esperan que su presa venga hacia ellas, sin embargo, presentan el inconveniente de no seguir a su hospedero cuando éste se encuentra en un estado de desarrollo inmóvil, (ejemplo: pupa) de ahí que la única posibilidad para que el bicho se ponga en contacto con el insecto es cuando éste pasa cerca de él o se alimenta de algún sustrato sobre el cual se encuentra el nematodo (Kaya y Gaugler, 1993). En cambio los nematodos que buscan movilizarse hacia su presa son altamente móviles y responden fuertemente a los estímulos químicos emitidos por el hospedero, actuando como atrayentes; estos estarían mejor adaptados para parasitar hospederos subterráneos sedentarios (Kaya y Gaugler, 1993).

Para el éxito de los nematodos se debe tener en cuenta factores que son importantes dentro de los hábitos que tienen, es así que uno de esos factores es el ecológico, y dentro de esto considerar aquellos como: La dispersión, supervivencia y competencia interespecífica; además claro está, el medio ambiente y la influencia sobre estos microorganismos.

## **CICLO BIOLÓGICO DEL NEMATODO**

Tanto los steinernematidos como los heterorhabditidos tienen similar historia de vida. Así podemos decir que el ciclo biológico de los nematodos y la bacteria simbiote inicia cuando juveniles infectivos del nematodo (que no se alimentan) buscan fuera del cuerpo de su hospedero (insecto) iniciar una nueva infección, para lo cual lo primero que hacen es localizar al huésped. Cuando ha sido localizado, el nematodo penetra en la cavidad del cuerpo del insecto; lo que

hace usualmente por las aberturas naturales del cuerpo como la boca, el ano, los espiráculos, así como por las áreas delgadas de su cutícula (Akhurst, 1980; Kaya y Gaugler, 1993; Gaugler, 1999).

Una vez en el interior, el nematodo se ubica en el hemoceloma (cavidad interior del cuerpo del insecto); la bacteria es liberada desde el intestino del nematodo, misma que se multiplica rápidamente causando la muerte del hospedero en poco tiempo debido a una septicemia generalizada; el nematodo se alimenta entonces sobre la bacteria y los desechos del cuerpo del insecto, alcanzando allí su estado maduro (Kaya y Gaugler, 1993; Gaugler, 1999). Los estados juveniles infectivos de los steinernematidos pueden llegar a ser machos o hembras, a diferencia de los heterorhabditidos que se desarrollan en el interior como hermafroditas; no obstante; la subsecuente generación dentro de un hospedero produce machos y hembras (Kaya y Gaugler, 1993); el ciclo biológico es completado en pocos días y cientos de miles de nuevos juveniles infectivos emergen del cuerpo de su hospedero fresco.

## **USO DE NEMATODOS ENTOMOFAGOS EN PROGRAMAS DE CONTROL DE INSECTOS**

Existen varios ejemplos de control o manejo de poblaciones de insectos plaga usando nematodos entomopatogénicos llevados a cabo tanto a nivel de campo como de laboratorio. Wilson et al., (1999) evaluaron el control de larvas del gorgojo negro de la frutilla, *Otiorynchus sulcatus* (F.) (Coleoptera: Curculionidae), usando el nematodo entomopatogénico *Heterorhabditis marelatus* y encontraron que una aplicación del nematodo en dosis de  $2,5 \times 10^6$  /ha, la proporción de plantas infestadas en la parcela tratada y en el testigo fue de 42 y 75% respectivamente. Alm et al. (1992), concluyeron que la aplicación de *S. carpocapsae* (Weiser), *S. feltiae* (Filipjev), *S. glaseri* y *H. bacteriophora* Poinar pueden ocasionar una mortalidad de larvas del escarabajo japonés, *Popillia japonica* Newman, en un rango que varía entre el 0 y 81%, dependiendo de la dosis de

aplicación; también observaron que la mayor mortalidad de larvas de *P. japonica* ocurrió con *S. glaseri* en dosis de  $24,7 \times 10^6$  por hectárea. En pruebas de campo y a la misma dosis anterior Alm et al. (1992), comprobaron que *S. carpocapsae* (Weise) ocasionó una mortalidad del 94% de larvas del insecto *Ataenius apretulus* (Haldeman).

También se han llevado a cabo ensayos para evaluar el potencial de los nematodos entomopatogénicos como agentes de control de moscas de la fruta, así Lindegren y Vail (1986), evaluaron a nivel de laboratorio la susceptibilidad de la mosca mediterránea de la fruta, *Ceratitis capitata* Wied., la mosca del melón, *Bactrocera cucurbitae* Coquillet y la mosca oriental de la fruta, *Bactrocera dorsalis* Hendel, al nematodo *Steinernema feltiae* (Filipjev); en las tres especies de moscas de la fruta evaluadas, el nematodo se reprodujo en la pupa que fue infectada como larva a las 2 a 12 horas de susceptibilidad antes de la pupación, necesiándose entre 25-557 nematodos por larva de mosca de la fruta, para ocasionar la muerte del insecto.

En un estudio se demostró que *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar, alcanzó un 16% de control de larvas de mosca común (*Musca domestica* L.), en tanto que las especies de nematodos *Steinernema carpocapsae* (Weise) y *S. feltiae* (Filipjev), no tuvieron un control significativo de las larvas de estos dípteros (Larriva 2001.)

Según Georgis (1991), un corriente y potencial mercado para nematodos steinernematidos y heterorhabditidos estaría dado para controlar un elevado número de insectos, entre los cuales podemos destacar:

- Larva de la pluma de la alcachofa: *Platyptilia cardiuidactila*
- Gorgojo de la raíz de los berries: *Otiorhynchus ovatus*
- Gorgojo verde azulado de los cítricos: *Pachnaeus litus*
- Gorgojo de faja de las arándanas: *Chrysoteuchia topiaria*
- Gusanos blancos: Scarabaeidae
- Moscas esciaridas de los champiñones: *Lycoriella* spp.
- Gorgojos de invernaderos y viveros: *Spodoptera exigua*, *Otiorhynchus sulcatus*

- Minadores de tallos de ornamentales y viveros: *Liriomyza trifolii*
- Gusano armado del algodón: Noctuidae
- Gusano cortador del algodón: Noctuidae
- Larva de mosquitos: *Aedes aegypti*
- Larva de mosca común: *Musca domestica*
- Gusano cortador negro del maíz: *Agrotis ipsilon*
- Gusano de la polilla de la manzana: *Cydia pomonella*
- Taladrador de la raíz de la caña de azúcar: *Diaprepes abbreviatus*
- Mosca mediterránea de la fruta: *Ceratitis capitata*
- Gorgojo de la raíz del banano: *Cosmoplites sordidus*
- Taladrador del fruto de durazno: *Carposina nipponensis*
- Gorgojo de la remolacha azucarera: *Cleonus mendikus*
- Gorgojo de la papaya: *Cylas formicarius*

Finalmente, es de suma importancia tener presente que dentro del área del manejo de insectos plaga, el potencial que tienen los agentes que ocasionan enfermedades a estos invertebrados es muy amplio y prometedor; de allí que es de prioridad máxima iniciar con investigaciones al respecto sobre los microorganismos presentes en nuestra región y país con la finalidad de no recurrir a realizar introducciones de estos agentes entomopatogénicos de otras latitudes, sin alterar la biodiversidad de nuestro medio con especies ajenas, sino potenciar las especies nativas.

El empleo de estos microorganismos cobra aun más importancia si tenemos presente que la tendencia actual de la agricultura mundial es obtener cosechas limpias, sin residuos de pesticidas convencionales y el empleo de insumos agrícolas que causen el menor impacto en la naturaleza, con el objetivo de preservar los recursos naturales.

## BIBLIOGRAFÍA CITADA

Akhurst, R.J. 1980. Morphological and functional dimorphism in *Xenorhabdus* spp., bacteria symbiotically-associated with insect pathogenic nematodes *Neoplectana* and *Heterorhabditis*. Journal of General Microbiology 121: 303-309.

Akhurst, R.J. 1982. Antibiotic of *Xenorhabdus* spp., bacteria symbiotically associated with insect pathogenic nematodes of families Heterorhabditidae and Steinernematidae. Journal of General Microbiology 128: 3061-3065.

Akhurst, R.T.; E. Boemari. s.f. Biología y taxonomía de *Xenorhabdus*.

Alm, S. T. Yeh; J. Hanula; J. Georgis. 1992. Biological control of Japanese, oriental, and black turfgrass atenius beetle (Coleoptera: Scarabaeidae) larvae with entomopathogenic nematodes (Nematoda: Steinernematidae, Heterorhabditidae). Journal of Econ. Entomol. 85 (5): 1660-1665.

Gaugler, R. 1988. Ecological Considerations in the biological control of soil-inhabiting insects with entomopathogenic nematodes. Agriculture Ecosystems and Environment, 24: 351-360.

Gaugler, R. 1999. Nematodes (Rhabditida: Steinernematidae & Heterorhabditidae).

<http://www.nysaes.cornell.edu/ent/biocontrol/patogens/nematodes.html>

Georgis, R. 1992. Present and future prospect for entomopatogenic nematode products. Biocontrol Science and Technology. 2: 83-99.

Kaya, H.; R. Gaugler. 1993. Entomopathogenics nematodes. Annual Review Entomol. 38: 181-206.

Larriva, W. 2002. Potencial de tres especies de nematodos entomopatogénicos para el control de larvas de Díptero. Tesis de grado previa la obtención del título de Magíster. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago. 68 p.

Lindgren, J.; P.Vail. 1986. Susceptibility of Mediterranean fruit fly, melon fly, and oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae) to the entomogenous nematode ***Steinernema feltiae*** in laboratory test. Environ. Entomol. 15: 465-468.

Nguyen, K. 1999. Family Steinernematidae, Heterorhabditidae: diagnostic and characters. Entomology and Nematology Department. University of Florida. U.S.A. <http://www.gnv.ifas.ufl.edu/kbn/longi>

Thomas, G.; G. Poinar. 1979. Symbiotic bacteria: ***Xenorhabdus*** gen. Nov., a genus of entomopathogenics, nematophilic bacteria of the family enterobacteriaceae. International Journal of Systematic Bacteriology 29: 352-360.

Wilson, M.; P. Nitzsche; P. Shearer. 1999. Entomopathogenics nematodes to control black vine weevil (Coleoptera: Curculionidae) on strawberry. Journal Econ. Entomol. 92 (3): 651-657.



**EL CICLO DEL NITRÓGENO Y SU CIRCULACIÓN EN  
ECOSISTEMAS DE CONÍFERAS: IMPLICACIONES PARA  
EXPLICAR EL ÉXITO DEL CRECIMIENTO DE LOS PINOS  
EN SUELOS POBRES**

*Gustavo Chacón*

Ph.D. en Biología

por la Universidad de Québec, Montreal, Canadá



## 1. INTRODUCCIÓN

El nitrógeno (N) ha sido considerado como uno de los elementos que limita grandemente los procesos ecológicos en el ámbito de ecosistema, especialmente la productividad primaria, en virtud de la tasa baja de ingreso de compuestos nitrogenados desde la atmósfera, única fuente natural de N, a las capas terrestres. Su ciclo es complejo debido a la gran variedad de compuestos de N (gases, partículas, etc.) que tienen que ser inmovilizados por tejidos vegetales y mecanismos de mineralización, nitrificación, desnitrificación y otros; transportados por absorción vegetal y lixiviación; y, depositados por la precipitación, sedimentación y fijación biológica. Todo esto, a su vez, recibe la influencia de la interacción de la temperatura, aireación, agua, tipo y cantidad de materia orgánica, diversidad de tipos de vegetación y ecosistemas al nivel del planeta, etc. La fijación biológica representa, posiblemente, el mecanismo a través del cual la mayor cantidad de N atmosférico ingresa a los ecosistemas terrestres. Dentro de este mecanismo, la fijación por parte de organismos simbióticos puede ser substancial cuando se miran las cantidades totales de N fijado. Sin embargo, la fijación por organismos no simbióticos o asociados a los sistemas radiculares de algunas plantas, a pesar de constituir grupos menos efectivos para ello, pueden también contribuir con cantidades grandes de N en conjunto con otras fuentes como el asentamiento de N atmosférico con la lluvia o el viento. Así, el N no está distribuido uniformemente ni en los ecosistemas ni en su interior. De hecho, las actividades humanas han cambiado el balance y cantidad de elementos nutritivos, incluyendo al N, que entran y salen de los sistemas naturales. Hoy, los ecosistemas están alterados en diferentes grados de acuerdo a su nivel de adaptación y evolución en el tiempo (Gosz, 1981;

Bosatta y Staaf, 1982; Roswall, 1983; Tamm, 1991; Vitousek y Howarth, 1991; Tatenó y Chapin, 1997).

La fijación del N, sea simbiótica o asociada, ha sido ampliamente discutida con relación al éxito que las coníferas, en general, y los pinos, en particular, han tenido para crecer adecuadamente en suelos pobres o ecosistemas limitados en N. En realidad, muchos estudios han reportado cierta habilidad de la rizósfera de bosques de pinos para mineralizar o extraer fracciones de N resistentes a la acción microbiana (Fisher y Stone, 1969; Stone y Fisher, 1969), para destruir y aprovechar fracciones de materia orgánica normalmente no disponibles para otras especies (Bevege y Richards, 1970), o para facilitar la colonización y el crecimiento de otras plantas cerca de ecosistemas de pino y para mejorar la fertilidad del sitio (Bevege y Richards, 1970; Miller et al., 1979).

De esta forma, esta revisión de literatura presenta una discusión del ciclo del N y su influencia en el balance interno y externo de los ecosistemas de pinos y otras coníferas, para comprender mejor los procesos e interacciones prevalecientes y que, eventualmente, sirvan para establecer estrategias de uso sustentable de estas asociaciones boscosas que comienzan a ser, actualmente, más y más comunes como exóticas en los Andes del Ecuador. Por otro lado, se pretende proveer al lector de una bibliografía comprensiva de los trabajos que se realizan en el mundo, con respecto al ciclo del N, su importancia en el manejo de bosques, y resaltar la necesidad de acrecentar su todavía escasa investigación en los neotrópicos. Finalmente, este esfuerzo constituye el primero de una serie de discusiones que se preparará en el futuro.

## **2. EL CICLO DEL N Y LA INFLUENCIA HUMANA EN EL ÁMBITO GLOBAL**

### **2.1. La atmósfera**

El vehículo y medio para la circulación de muchos gases activos,

biológicos o fotoquímicos, tales como el  $O_2$ ,  $H_2O$ ,  $CO_2$ ,  $CO$ ,  $CH_4$ ,  $O_3$ ,  $SO_2$ ,  $H_2S$ ,  $CH_3SCH_3$  y  $COS$ , es la atmósfera. Los gases nitrogenados engloban al  $N_2$ ,  $NO_2$ ,  $HNO_3$ ,  $NH_3$ ,  $N_2O$ , en adición al material dividido en partículas que contienen N y otros elementos nutritivos. Los compuestos reducidos y absorbidos por la biosfera son oxidados en la atmósfera por reacciones fotoquímicas, a través del radical OH formado cuando el ozono se somete a una fotólisis causada por la radiación solar ultravioleta, bajo la presencia de vapor de agua. Los compuestos derivados del material en partículas (N, C y S), vuelven a los ecosistemas terrestres y océanos por acciones físicas y químicas causadas por la precipitación, descomposición orgánica y fases gaseosas directas (Crutzen, 1983; Bolin et al., 1983; Reiners, 1981).

## 2.2. Procesos naturales y humanos

Sin intervención humana, en la naturaleza el N es: 1) movilizado, por procesos como la circulación de sustancias químicas desde los tejidos vegetales internos hasta las propias superficies, la mineralización de materiales orgánicos ( $NH_3$ ,  $NH_4$ ,  $NO_3$ ), la nitrificación ( $NO_2$ ,  $NO_3$ ), desnitrificación ( $NO$ ,  $N_2O$ ,  $N_2$ ), intercambio catiónico ( $NH_4$ ), pérdidas por efecto del movimiento del viento y agua, volatilización de amonía ( $NH_3$ ), retención en glaciares, exhalaciones volcánicas ( $NH_3$ ), descargas eléctricas atmosféricas, fuego ( $NH_3$ ,  $NO_x$ ), suspensión de partículas en las superficies foliares ( $NH_4$ ), etc. Es, 2) transportado, por absorción vegetal desde el suelo y translocación, por lixiviación desde el dosel superior a través de la precipitación directa e indirecta, caída de restos vegetales al suelo, lavado, procesos fluviales y glaciares, y aerosoles y gases atmosféricos. Y, 3) depositado, en la base de las pendientes, por fijación, absorción gaseosa (fotosíntesis, reservorios químicos en las hojas, suelo y agua), precipitación, sedimentación y difusión molecular (Reiners, 1981).

Durante las últimas décadas, la composición atmosférica ha cambiado debido a los impactos humanos (el  $CO_2$  se ha incrementado

en un rango del 10%, en los últimos 25 años) (Bolin et al., 1983). En general, las actividades agrícolas e industriales han modificado el balance y cantidad de elementos nutritivos que entran y salen de los ecosistemas (no solamente el N). El impacto de la modificación tiene efectos distintos de acuerdo al tipo de ecosistema y a su grado o capacidad de adaptación a los cambios producidos (McGill y Christie, 1983). Los cambios, a su vez, derivan en su mayoría del fuego directo sobre el recurso vegetal, la ignición de madera y otros combustibles fósiles ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{N}_2$ ), labranza agrícola, el procesamiento de alimentos y fibras (compuestos orgánicos disueltos, partículas orgánicas e inorgánicas del suelo y de especies agrícolas), fertilización ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_3$ ), minería, extracción petrolera, su refinado y transporte, y otros procesos industriales (efectos misceláneos sobre muchos elementos incluyendo al  $\text{N}_2$ ) (Reiners, 1981). Con respecto a las interacciones con otros ciclos bioquímicos, el lector puede revisar la obra de Bolin y Cook (1983).

### **2.3. Impactos sobre la precipitación seca y húmeda del N en la biosfera y en los bosques de coníferas**

Los ingresos de compuestos nitrogenados desde la atmósfera a la biosfera, por precipitación seca (gravitación, difusión molecular, impactos por diferentes tipos de inercia) son menos conocidos que aquellos por precipitación húmeda. En el primer caso, el ingreso del N depende de la velocidad y el tamaño de las moléculas de N contenidas en las partículas suspendidas en la atmósfera (el ión  $\text{NH}$  se encuentra en las partículas pequeñas y, los iones  $\text{NO}$ , entre las pequeñas y las grandes). La precipitación de las partículas pequeñas puede ser insignificante si ellas no están cerca de áreas que constituyen fuentes de polución, mientras que las partículas grandes se depositan rápidamente debido a la velocidad con la que la gravedad ejerce su fuerza. La mayor parte de los compuestos nitrogenados gaseosos de la atmósfera es altamente soluble en agua; por consiguiente, se facilita su precipitación. No obstante, los pH(s) elevados limitan la solubilidad del gas en forma de amonía aunque se desconoce, hasta cierto punto, el efecto que ellos tienen sobre el  $\text{NO}_2$

(Granhall, 1981).

Las partículas de tamaño intermedio se encuentran en las gotas que se condensan de la neblina y constituyen una forma de transición entre la precipitación seca y húmeda, a menudo conteniendo grandes concentraciones de agentes de polución (Tamm, 1991). Tjepkema y Cartica (1981) estimaron una velocidad a la cual el amonio se precipita y deposita en las agujas de pino igual a  $0,72 \text{ cm s}^{-1}$  y que equivale a  $2,5 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  en Massachussets; ello constituye una alta tasa de precipitación. El mismo estudio sugirió que esta puede constituir un reservorio atmosférico importante contenido en bosques de pino si se lo compara con aquel dado por la precipitación, aisladamente; aunque resultaría muy pequeño frente al resultante del almacenamiento por la fijación biológica del N.

Cuando el N aumenta en un ecosistema debido a la precipitación seca, su absorción por parte de las plantas se incrementa paralelamente. Este hecho fue demostrado por Lovett y Lindberg (1993), en un bosque de píceas, quienes observaron, además, que el efecto cobra fuerza cuando existe una gran biomasa de líquenes que habitan el dosel superior, en forma de epífitas.

La cantidad de precipitación y su contenido en N regulan, en cambio, la precipitación húmeda. Los valores de la precipitación de nitratos y su depósito en la corteza terrestre se incrementa en áreas industrializadas, puesto que esta precipitación contiene a los óxidos de nitrato emanados a partir de la utilización de combustibles fósiles. Las tasas elevadas de precipitación de amonia, encontradas en las regiones este de Europa y sur-este de Asia, probablemente responden a la intensa actividad agrícola y a la gran cantidad de ganado características de esas zonas (Granhall, 1981). La interacción entre substancias orgánicas y compuestos ácidos de azufre, y su precipitación, resultan de sus concentraciones elevadas en la atmósfera, por acción humana, y pueden activar o retardar los procesos de producción o remoción de protones, como en el caso de la nitrificación o desnitrificación (Tamm, 1991). La alta precipitación de N atmosférico en bosques que tienen limitaciones de este elemento aceleraría

la fase inicial de descomposición orgánica al ayudar a liberar y permitir el crecimiento de las comunidades microbianas que estuvieron bajo estrés, en ausencia de N (Berg et al., 1998). Dependiendo de la capacidad de la comunidad vegetal para retener la biota dentro del ecosistema, el que originalmente presentaba escasez de N puede ahora volverse saturado de N y, en muchos de los casos, con lixiviación de nitratos y cationes básicos, toxicidad de Al y acidez después del ingreso del N (Tietema, 1998).

Aún más, la precipitación ácida puede disminuir la fijación biológica del N, la nitrificación, desnitrificación y otras transformaciones microbianas (Cook, 1983). En realidad, la acidez tiene una gran influencia en la densidad de microbios (Ayanaba y Omayuli, 1975) y el  $\text{NO}_3$  es, más bien, mineralizado bajo un pH relativamente alto (medio para la mayoría de nitrificadores autótrofos) (Runge, 1983). Un incremento en la acidez del suelo tiene influencia en los sistemas radiculares de tal forma que no adquieren mucha profundidad y pierden su resistencia a la sequía. La absorción a través de las raíces y la retención biológica decrece, los iones en el agua contenida en el suelo y en los horizontes minerales pueden ser lixiviados fácilmente. Los iones nitrato junto con los sulfato, en la solución del suelo, incrementan aún más la lixiviación de cationes debido a que los aniones siempre acompañan a los cationes durante el flujo de masa en el perfil del suelo (Tamm, 1991).

### **3. EL CICLO DEL N EN BOSQUES DE CONÍFERAS**

#### **3.1. Las características de las coníferas y su efecto en el ciclo del N**

##### **3.1.1. El follaje**

El follaje siempre verde de las coníferas y la morfología de las ascúculas confiere a estas especies ventajas sobre otras. Por un lado, las ascúculas contienen las concentraciones más elevadas de elementos nutritivos con relación al resto de la planta (Turner y Lambert,

1986); por su característica esclerófila, se deduce que resultan de ciertas condiciones como un suplemento de agua deficiente, muestran un contenido más bajo de ceniza y proteínas, aunque más alto en fibras y lignina que las hojas mesófilas. De esta forma, las hojas esclerófilas constituyen la expresión de un tipo de metabolismo que se encuentra en las plantas capaces de tolerar un nivel bajo de elementos nutritivos. A pesar de que el costo necesario en minerales para producir cada hoja es mayor en las coníferas que en las especies caducifolias, por ejemplo, la persistencia y retención de follaje y la mayor biomasa por área foliar, permite que el N varíe y circule por el tejido vegetal durante un período más largo de tiempo junto con una mayor concentración de otros minerales, por área foliar. Además, la gran cantidad de follaje y área del dosel superior constituyen un mecanismo eficiente para coleccionar material atmosférico; por lo tanto, la precipitación seca del N y la húmeda constituyen un factor importante en ecosistemas localizados en sitios con escasez de N en el suelo, en contraste con suelos ricos. Al tener menor área foliar, la naturaleza caducifolia implica menos eficiencia en la retención de N, creando mayor dependencia sobre la disponibilidad de N del suelo (Bray y Gorham, 1964; Gosz, 1981).

En consecuencia, siendo el amonio y nitratos consumidos en el dosel superior del bosque, con gran probabilidad a través de una absorción directa por parte de los árboles, ello contarían para producir una reducción significativa del flujo inorgánico de N contenido en las lluvias directas y en aquellas que descienden y deslizan por la corteza de los árboles (Lovett y Lindberg, 1993). Estos autores sugirieron, adicionalmente, que el N orgánico es liberado por los doseles superiores del bosque, pero que su cantidad es generalmente menor que la absorción de N inorgánico; por lo tanto, el total de N del ecosistema es generalmente consumido.

### **3.1.2. Acumulación de fermentos**

En plantaciones de pino, algunos estudios recientes han reportado un patrón general de acumulación de fermentos sobre el suelo

que se eleva conforme la plantación aumenta su edad (Lugo, 1992; Fimbel y Fimbel, 1996). Tanto en suelos pobres como en ricos, las lentas tasas de descomposición de las ascúculas de pino ocurren, presumiblemente, debido a la presencia de altos contenidos en polifenoles y lignina (Taylor et al., 1989). Tomando como ejemplo a los ecosistemas naturales de las coníferas, la sucesión puede resultar en especies caducifolias que las reemplazan, en algunas áreas, y lo contrario, en otras. En el primer caso, la masa de fermentos sobre el suelo es reducida a través de tasas más rápidas de descomposición, mientras que en el segundo caso, esta masa aumenta marcadamente. Esta gran acumulación de masa y la baja descomposición pueden cambiar las propiedades edáficas debido a un retorno más bien limitado de elementos nutritivos, en especial de bases, y que resulta en un suelo más ácido (Gosz, 1981; Waring y Schelesinger, 1985).

El conocimiento sobre los patrones que regulan los procesos de acumulación y descomposición permanece oscuro, en especial cuando se considera el efecto global de la calidad del sitio en donde crecen las plantas; sin embargo, y a lo mejor lo más evidente es que la actividad microbiana decrece considerablemente en los fermentos de pinos que han alcanzado edades mayores, en contraposición a los rodales jóvenes (Lamb, 1976a). La menor tasa de descomposición encontrada en los fermentos de los bosques más viejos puede ser debida a las concentraciones mayores de polifenoles presentes en sus hojas. La cantidad de polifenoles depende del estatus foliar con respecto a su concentración de N y P. Si el N y el P aumenta, los polifenoles disminuyen y, viceversa. De hecho, Lamb (1975) proveyó evidencia de que las tasas de mineralización del N están correlacionadas con las concentraciones de N y P en las ascúculas de edad avanzada. En condiciones normales, sea sobre un suelo rico, sea sobre un suelo pobre, las concentraciones no solamente del N y P, sino también del K, en las ascúculas, tienden a disminuir con la edad del bosque, mientras que las del Ca y el Mn aumentan (Lamb, 1976b; Turner y Lambert, 1986).

Sin un bosque de pino tiene, entonces, una capacidad alta para

concentrar elementos nutritivos en las ascúculas y disminuir, por ejemplo, el retorno de N al suelo, la absorción de elementos por las raíces se vería seriamente afectada; pese a ello, las coníferas tienen un mecanismo interno para minimizar la absorción de N por año por unidad de biomasa producida. Así, la producción de biomasa vegetal no necesariamente disminuye (Cole, 1981; Turner y Lambert, 1986). Si las especies caducifolias no cuentan con este mecanismo, pero producen un material de fácil descomposición, significa que tanto ellas como las coníferas podrían alcanzar producciones primarias netas y biomásas similares. La diferencia radica en la forma de almacenamiento y ciclaje del N; por ejemplo, en las especies exóticas *Pinus elliottii* var. *elliottii*, *P. taeda* y *P. caribaea* var. *hondurensis*, el contenido de N alcanza un promedio de 79% en los árboles, 20% en los fermentos y 1% en la vegetación de sotobosque, según Richards y Bevege, 1967. Los pinos siempre han sido considerados como especies que poseen un ciclo del N cerrado y una capacidad eficiente para retenerlo en su biomasa. Otro factor importante a considerar es que, al retener el follaje, el dosel de un bosque de coníferas está conformado por hojas de diferentes edades, permitiendo la fotosíntesis cada vez que las temperaturas sean adecuadas y por períodos más largos de tiempo. Este patrón es considerado como típico de las gimnospermas (Miller et al., 1979; Gosz, 1981).

La productividad primaria de los pinos está también correlacionada con la altitud y la latitud. Ciertas relaciones lineares inversas entre la producción y la latitud, como una función de su efecto en la temperatura y en la exposición, fueron encontradas por Bray y Gorham (1964), en donde los niveles máximos de caída de restos vegetales desde el dosel, en regiones ecuatoriales, declinaron de forma constante en latitudes europeas. Esto fue corroborado después por Wisniewski y Reissmann (1996), con pinos en Brasil.

La biomasa aérea y la producción pueden ser también una función de la edad del bosque. En bosques de *Pinus contorta*, Olsson et al. (1998) reportaron algunos incrementos en el contenido de N de las ascúculas que caen del dosel y de la madera, incluyendo mayor absorción de N, a edades de 30 y 50 años, los cuales disminuyeron

a edades de 100 y 200 años. El mismo patrón fue mostrado por el reservorio de N del suelo; es decir, existió mayor acumulación en los bosques jóvenes, mientras que en los bosques más viejos, la eficiencia de uso del N disminuyó paralelamente.

Otro factor importante para mantener la productividad de pinos y otros bosques, especialmente en suelos pobres en N, puede ser la precipitación seca, derivada de aerosoles, que contiene amonio y nitrato, aunque hay todavía deficiencias en la cuantificación de su ingreso (Tjepkema y Cartica, 1981). A pesar de que la alta precipitación de N podría acelerar las tasas iniciales de descomposición, ellas pueden reducirse a largo plazo dependiendo de la rapidez de degradación de la lignina y sustancias lignificadas (Berg y Staaf, 1981), y a la potencial falta de C como energía microbiana. Esto último se explica a través de una pérdida rápida de fuentes de C justamente por la aceleración inicial de la descomposición. En el fondo todo resulta de un elevado rompimiento de las células microbianas y una inhibición simultánea de la degradación de la lignina que puede agravar la limitación energética en las etapas tardías de la descomposición, como fue demostrado para un bosque de *Pinus silvestris* (Berg et al., 1998).

## **3.2. Factores biofísicos**

### **3.2.1. Factores climáticos**

Los factores climáticos principales que afectan a la disponibilidad del N y su ciclo son la temperatura y la humedad. Así, las tasas de mineralización son influenciadas por la temperatura de manera proporcional, si ella disminuye entonces las tasas lo hacen también (Oades, 1988). Parecería ser que la temperatura es más importante que la humedad puesto que en los climas fríos (altas montañas), a pesar de que la disponibilidad de agua sea adecuada, la descomposición es lenta. Sin embargo, en suelos saturados, independientemente de la temperatura, la descomposición puede también verse disminuida. De cualquier modo, bajo la acción de factores climáticos

favorables, como cuando la temperatura y humedad se incrementan, la productividad es mejorada y el ciclo del N es eficiente. El clima tiene efectos sobre la abundancia de lignina, ella es más abundante en sitios en donde la evapotranspiración real (temperatura + humedad) (hábitats fríos) es baja y, como se mencionó antes, ello reduce las tasas de descomposición, reduciendo la disponibilidad de N (Gosz, 1981).

### **3.2.2. Factores del sitio**

Lamb (1976a, 1975) reportó grandes diferencias en la acumulación de fermentos sobre el suelo de varios bosques de *Pinus radiata* en Australia. La variación estuvo presente inclusive si se considera que todos estos bosques estuvieron localizados en la misma región climática, contienen a la misma especie de árbol, los árboles fueron de la misma edad y mostraban una misma productividad comercial. Su única diferencia fue el tipo de suelo. Esta diferencia pudo influenciar la actividad de organismos descomponedores, la mineralización del N y absorción por parte de la raíces debido a la variación encontrada y producida por las condiciones de mayor estrés causadas por podzoles de arena, entre otros. La mayor redistribución interna del N condujo al lento desarrollo de polifenoles y de N en los tejidos vegetales. En consecuencia, el tipo de suelo es un factor determinante para el ciclo del N.

La geología es otra característica que puede modificar el ciclo del N al controlar la disponibilidad de elementos nutritivos en el suelo, como Ca y Mg. La acumulación de N en la biomasa y crecimiento es generalmente mayor en suelos ricos en bases que en "ácidos" (Gosz, 1981), porque los ambientes más básicos aceleran la descomposición de la materia orgánica y, entonces, la mineralización y nitrificación pueden ser estimuladas favorablemente (Oades, 1988).

### **3.2.3. Fuego**

El fuego volatiliza N en proporción al calor generado y a la materia

orgánica consumida. Las pérdidas de elementos nutritivos, sea por volatilización o lixiviación, siguen, a menudo, el siguiente orden:  $N > K > Mg > Ca > P > 0\%$ . El orden mostrado sugiere pérdidas particularmente significativas de N, en comparación con el resto de elementos, y está en primer lugar debido a que existe muy poco N derivado de la alteración de la roca madre (fuente principal en la atmósfera). Puesto en evidencia este hecho, es necesario mencionar que la actividad microbiana puede liberar el N contenido en las cenizas, justo después del fuego, e incrementar la disponibilidad de nitratos y amonio en los suelos, a pesar de que el N total, al nivel de ecosistema, sea bajo (Waring y Schlesinger, 1985).

Por otro lado, las condiciones de acidez del suelo y las tasas bajas de nitrificación típicas de muchas coníferas pueden formar un reservorio importante de N y limitar su pérdida gaseosa y por lixiviación. Así, en ausencia de fuego, las coníferas continúan acumulando N por períodos largos de tiempo; en presencia de fuego, especialmente cuando la intensidad es menor, las pérdidas de N son relativamente bajas. Adicionalmente, el fuego puede actuar como un descomponedor que reduce la cantidad de N inmovilizado en los detritos y otros restos vegetales, puede fijarlo en el suelo, aumentar la absorción de N por las raíces y almacenarlo en la biomasa verde (Gosz, 1981). La fijación del N, a su vez, puede darse debido a las formas liberadas de P disponible inmediatamente después del fuego y a la reducción de la competencia producida por la existencia de mayor cantidad de luz (Reiners, 1981; Tamm, 1991). Sin embargo, sea el fuego causado por el hombre o por la naturaleza, inevitablemente existen pérdidas altas y desproporcionadas de N; en particular, mientras más frecuente es, mayor será la limitación de N (Vitousek et al., 1982; Vitousek y Howarth, 1991). Los pinos que presentan adaptaciones al fuego, como en el caso de las especies que producen conos serotinizados, pueden rápidamente recolonizar el sitio después de un evento de fuego. Estos pinos se encuentran normalmente en bosques abiertos y reaccionan cuando el fuego ocurre bajo condiciones muy secas o cuando dos eventos de fuego suceden en un período corto de tiempo, hecho que causa un

desgaste considerable de N, que no es fácilmente compensado (Tamm, 1991).

### **3.3. Asociaciones radiculares y fijación del N**

#### **3.3.1. Micorrizas**

Una micorriza es definida como una simbiosis mutualista entre una planta y un hongo, localizada en una estructura radicular que desplaza energía desde la planta hacia el hongo y, recursos inorgánicos, desde el hongo hacia la planta. Las micorrizas tienen efecto sobre el ciclo del N: 1) inmovilizándolo para el crecimiento del hongo y de las raíces finas; 2) extrayéndolo y transportándolo desde el suelo hacia la planta a través de una superficie incrementada de hifas; 3) degradando y alterando formas nitrogenadas por enzimas y reductasas específicas; y, 4) incrementando tasas de fijación de N de plantas fijadoras que se encuentran bajo estrés debido a otros factores (Allen, 1991). Coleman y Crossley (1996) identifican dos grupos entre las micorrizas más importantes: las arbusculares (MA), las así llamadas endomicorrizas y las ectomicorrizas. La mayoría de las MA tienen estructuras de almacenamiento llamadas vesículas. De esta forma Allen (1991) identifica micorrizas arbusculares-vesiculares (AV) (endomicorrizas), ectomicorrizas (ECM), y ectendomicorrizas.

Las AV dominan principalmente en las regiones tropicales y sabanas de las zonas templadas, mientras que las ECM dominan mayoritariamente en los bosques templados y bosques de coníferas del norte (Read, 1991). Las ectendomicorrizas, en cambio, ocurren comúnmente en los ecosistemas de pino y, a menudo, aparecen como colonizadoras tempranas de las raíces. Conforme avanza la sucesión y las condiciones del sitio mejoran paulatinamente, las ectendomicorrizas son reemplazadas por ECM (Allen, 1991). Las ECM son vistas como el órgano principal de absorción de elementos nutritivos en las familias Pinaceae, Dipterocarpaceae, Fagaceae y Myrtaceae (Read, 1991).

### **3.3.2. Implicaciones para el éxito del crecimiento de los pinos**

Las AV, mutualistas obligadas, crecen dentro de las células y envían hifas hasta un máximo alcanzado entre 6 y 10 cm alrededor del suelo, y facilitan la absorción de elementos nutritivos, particularmente de iones fosfato, mientras que la raíz las provee de C (Allen, 1991). Las ECM proliferan entre las células y no dentro de ellas; forman una manta conocida como red de Hartig (células epidérmicas con tejido fungoso de ECM) en el exterior de la raíz y envían hifas varios metros alrededor del suelo. Las hifas de las ECM ayudan a la absorción de elementos nutritivos, especialmente compuestos orgánicos e inorgánicos de N + P, y forman fases de descanso o esclerotia (similares a un atado de cuerdas de hifas) que pueden persistir por años (Coleman y Crossley, 1996). Sin embargo, el hongo de las ECM infecta solo las raíces laterales y cortas; así, la cubierta formada puede ser inconspicua (Haselwandter y Bowen, 1996). Las hifas tienen implicaciones notables en la producción primaria neta de los bosques de coníferas (y otros) puesto que la proporción de C alocado en el suelo, a causa de las hifas, es significativa (Vogt et al., 1982).

De forma corriente y bajo un régimen de alta disponibilidad de elementos nutritivos en el suelo, las plantas limitan la formación de micorrizas, mientras que lo contrario sucede en suelos pobres (Allen, 1991). Por ello, las ECM han sido vistas como usuarias de P a través de su alta actividad de fosfatasa, la cual es especialmente aumentada bajo condiciones de ausencia de P inorgánico y su cercanía a sustratos adecuados (Alexander, 1989). La producción de un ácido potente como la carboxilopeptidasa tiene el potencial para movilizar N a partir de las proteínas (Read, 1991). Las ECM muestran una gran habilidad para usar amonio en contraposición al uso un tanto limitado de nitratos (bajo o insignificante en suelos pobres de muchos ecosistemas boreales y temperados). La deficiencia de nitratos resulta de las tasas bajas de mineralización del N que están asociadas con aquellos fermentos con altos contenidos en lignina y, en general, bajos en el mismo N y también en P, competencia por amonio entre ECM y nitrificadoras y, posiblemente, una inhibición de la nitrificación por residuos fenólicos de los fermentos (Alexander,

1989). Esto, a su vez, conlleva a una proliferación de la ECM en las capas superficiales íntimamente asociadas con los residuos sobre el suelo. Este patrón se explica gracias a que las cantidades totales de elementos nutritivos presentes en los fermentos pueden ser altas si ellas son comparadas con las cantidades presentes en forma mineralizada (Read, 1991). En consecuencia, el marcado predominio de ECM en suelos ácidos y pobres, causado por muchos bosques de coníferas, y las ventajas para el árbol huésped para obtener elementos nutritivos escasos, son consideraciones importantes para el manejo de los ecosistemas de pino.

### **3.4. Otras asociaciones radicales y fijadores de N**

#### **3.4.1. Nivel del suelo**

Los dos grupos principales de procariotes son las algas verde-azules y las bacterias fotosintéticas. A pesar de que ambos grupos son autótrofos y que tienen alguna habilidad heterotrófica, el primer grupo es aeróbico y el otro anaeróbico. Ambos pueden producir nitrogenasa cuando existe escasez de N. Debido a que los requerimientos básicos para una adecuada fijación de N es el ATP, tal fijación puede ser también llevada a cabo en ausencia de luz. Sin embargo, la fijación se ve limitada por la abundancia de nitratos y/o amonio (Fay, 1981). Las algas verde-azules (*Anabaena*, *Nostoc*, *Aulosira*, *Cylindrospermum*, *Calothrix*, etc.), fijan N en presencia de luz y, por ende, ocupan casi exclusivamente las capas superficiales de la corteza terrestre (Stevenson, 1986). En ambientes terrestres, la distribución de las bacterias de vida libre (*Beijerinckia*, *Derrxia*, *Azotobacter*, *Clostridium*, etc.) talvez no dependa de la temperatura sino de la respuesta positiva a un pH neutro y mayor humedad. Sin embargo, la capacidad de fijación del N de estas bacterias podría responder negativamente a la presencia de moléculas combinadas de N del ambiente, puesto que la síntesis y actividad de nitrogenasas se verían reducidas y, la habilidad competitiva, en relación con organismos no fijadores de N, sería interferida y afectada negativamente (Jensen, 1981).

### **3.4.2. La rizósfera**

La rizósfera es diferente del resto del suelo alrededor porque se produce la excreción de exudados de las raíces, existen desechos de tejidos muertos de la raíz, absorción selectiva de los elementos nutritivos, respiración que resulta en una menor tensión de oxígeno y mayor concentración de dióxido de carbono. Un resultado secundario de estos procesos es, a menudo, un pH alterado (Jensen, 1981). Las interacciones entre la microflora y la microfauna presentan actividades temporales y espaciales a lo largo de las raíces que varían con el incremento de la edad. En la secuencia a lo largo de la superficie radicular que presentan Anderson et al. (1981), se definen cuatro zonas principales; en la primera tiene lugar la mayor parte de los exudados; en la segunda, el N es inmovilizado y difundido por la microflora; en la tercera, el C de los exudados radiculares es casi totalmente consumido y las poblaciones de otros organismos comienzan a desarrollarse. En la cuarta zona, el C inmediatamente disponible decrece, las tasas altas de actividad de otros organismos remineraliza el N, incrementando su concentración en la zona de influencia de la raíz. Esta movilización neta de N queda disponible para la absorción por la planta. Aparte de la importancia de la fauna del suelo para movilizar y mineralizar N, las micorrizas se establecen conforme la raíz aumenta su edad y podrían emparejar ciclos lentos y rápidos al translocar N hacia la raíz desde los detritos o fermentos en descomposición.

### **3.4.3. Fijación de N en la rizósfera**

Los fijadores asociados de N son menos conocidos que los fijadores simbióticos y microbios de vida libre que fijan N. Los así llamados fijadores asociados de N constituyen bacterias de la rizósfera que viven en las superficies de las raíces, dentro de las cubiertas de micorrizas, o en los espacios intercelulares dentro de las raíces (Bormann et al., 1993). Así como se discutió antes, la abundancia de N en el suelo inhibe la fijación del N; entonces, la fertilización y las emisiones de  $\text{NO}_x$  y  $\text{NH}_4$ , si es que son excesivas, también afecta-

rían la fijación. El pH del suelo (relativamente alto), y el molibdeno (soluble en ambientes menos ácidos), siendo un componente de las enzimas nitrogenasas y esencial para todos los fijadores de N, se vuelven limitaciones importantes para las bacterias asociadas y simbióticas en suelos ácidos (Tamm, 1991). En ecosistemas de pino, la fijación no simbiótica debería ser favorecida por suelos deficientes en N o pobremente alterados (Melillo y Gosz, 1983), pH alto (Nohrstedt, 1985), o etapas tempranas de sucesión (Tjepkema, 1979).

Las ECM y sus asociaciones de fijadores de N pueden también aumentar la ganancia de N al incrementar las tasas de fijación. Presumiblemente, mucho del N fijado e incrementado se incorpora dentro del ciclaje activo del reservorio de N, especialmente en el suelo. No obstante, al incrementar el crecimiento de la planta, las micorrizas también incrementan el requerimiento de N de la misma planta, de una parte; de otra, si el N no es depositado en donde fue fijado, él tal vez no se incremente en el suelo adyacente. Por último, las características espaciales y temporales, y la actividad de fijación de N, necesitan ser entendidas de mejor manera para poder realizar generalizaciones sobre su efecto en el incremento de N de un sitio en particular, a través, justamente, de las micorrizas y del propio proceso de fijación biológica (Allen, 1991).

#### **4. IMPLICACIONES PARA EL ESTUDIO Y MANEJO DE ECOSISTEMAS ALTO ANDINOS**

Evidentemente, el estudio presentado hasta aquí pone de manifiesto cuatro consideraciones importantes: 1) el ciclo del N es complejo; la investigación encuentra un proceso adicional con implicación directa en las formas en las que este elemento interacciona con los vegetales, cada vez que el ciclo es revisado y enfrentado, sobretodo, con los problemas causados por la contaminación y la polución, a nivel mundial; 2) el N constituye un elemento que podría ser usado como indicador de la calidad de las condiciones presentes en un ecosistema dado, debido al efecto de regulación que él ejerce

sobre otros ciclos bioquímicos; 3) las características de las coníferas con relación al follaje siempreverde y su permanencia en el tiempo, si bien son más importantes en regiones en donde existen cuatro estaciones, con períodos de exposición acordes y condiciones de sitio diferentes a las tropicales, presentan, de cualquier forma, un patrón similar de comportamiento en ambos tipos regionales; ello es, una tendencia a la acumulación de fermentos sobre el suelo y a la descomposición lenta de materia orgánica; y, 4) las coníferas constituyen un grupo de especies con alto potencial para la reforestación de zonas degradadas en virtud de su capacidad para producir biomasa adecuadamente, a pesar de que la fuente de elementos nutritivos (incluido el N) del suelo sea deficiente (suelos de baja fertilidad).

Los ecosistemas ecuatorianos alto andinos, llámense páramo, bosques de ceja de montaña, pasturas para actividades intensivas de pastoreo, tierras abandonadas y degradadas, etc., comparten características bioclimáticas similares en función de la presencia de precipitación constante (en varias formas e intensidad), bajas temperaturas y vientos fuertes. La tendencia para la siembra generalizada de plantaciones de pino en las alturas traería consigo serios problemas dependiendo del lugar en donde esté ubicada. Por ejemplo, en suelos fértiles, se corre el riesgo de que las plantaciones de pino los empobrezcan; en suelos pobres, el riesgo es que se agoten sus últimas reservas de fertilidad. No obstante, en suelos agotados estas plantaciones podrían tener un comportamiento adecuado, rehabilitando el área.

De forma general, la lenta descomposición de la materia orgánica derivada de estas plantaciones sería aún más lenta debido a las condiciones bioclimáticas mencionadas. Dado que el problema radica en la transferencia de elementos nutritivos desde la biomasa vegetal producida hacia el suelo, a través de la materia orgánica depositada, tal vez la acción principal para contrarrestarlo sería justamente su manejo específico dentro de proyectos mayores de manejo de estas plantaciones. Sin embargo, el manejo de la materia

orgánica requiere de un conocimiento previo sobre sus constituyentes, tipo y cantidad de lignina, fracciones lábiles y recalitrantes, tasas de descomposición, tipos y modos de vida de las micorrizas asociadas a las raíces, etc., en estrecha relación con las condiciones bióticas y abióticas del sitio.

Finalmente, los bosques nativos y otros grupos de vegetación típicos de las montañas ecuatorianas proveen de oportunidades únicas para el entendimiento de los procesos que regulan los ciclos bioquímicos naturales, y que podrían ser utilizados comparativamente para poder establecer medidas de manejo, tanto de ellos mismo como de las plantaciones de pino. El primer producto significativo de un estudio de este tipo sería una zonificación particular del territorio de interés que responda a las preguntas ¿en dónde sembrar? ¿Qué sembrar? Y, ¿cómo sembrar?; ello en directa vinculación con una adecuada sistematización y difusión de los resultados parciales y totales derivados de las deferentes experiencias del país.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Allen, M.F. 1991. The ecology of mycorrhizae. Cambridge University Press, Gran Bretaña. 184 pp.

Alexander, I. 1989. Mycorrhizas in tropical forests. En: J. Proctor (ed). Mineral nutrients in tropical forest and savanna ecosystems. British Ecological Society. Blackwell Scientific Publications, Oxford, Inglaterra, (9):169-188.

Anderson, R.V., Coleman, D.C. y Cole, C.V. 1981. Effects of saprotrophic grazing on net mineralization. En: F.E. Clark y T. Rosswall (eds). Terrestrial nitrogen cycles. Ecol. Bull. (Stockholm), (33):201-216.

Ayanaba, A. y Omayuli, P.O. 1975. Microbial ecology of acid tropical soils - A preliminary report. Plant and Soil, (43):519-522.

Berg, B. y Staaf, H. 1981. Leaching, accumulation and release of nitrogen in decomposing forest litter. En: F.E. Clark y T. Rosswall (eds). Terrestrial nitrogen cycles. Ecol. Bull. (Stockholm), 33:163-178.

Berg, M.P., Kniese, J.P., Zoomer, R. y Verhoef, H.A. 1998. Long-term decomposition of successive organic strata in a nitrogen saturated scots pine forest soil. *Forest Ecology and Management*, 107:159-172.

Bevege, D.I. y Richards, B.N. 1970. Nitrogen in the growth of *Araucaria cunninghamii* Ait. underplanted in *Pinus* stands. *Ecology*, 51(1):134-142.

Bolin, B. y Cook, R.B., (eds.). 1983. The major biogeochemical cycles and their interactions. SCOPE 21. John Wiley & Sons. 532 pp.

Bolin, B., Crutzen, P.J., Vitousek, P.M., Woodmansee, R.G., Goldberg, E.D., y Cook, R.B. 1983. Interactions of biogeochemical cycles. En: B. Bolin y R.B. Cook (eds). The major biogeochemical cycles and their interactions. SCOPE 21. John Wiley & Sons, 1-39.

Bormann, B.T., Bormann, F.H., Bowden, W.B., Pierce, R.S., Hamburg, S.P., Wang, D., Snyder, M.C., Li, C.Y., e Ingersoll, R.C. 1993. Rapid N<sub>2</sub> fixation in pines, alder, and locust: Evidence from the sandbox ecosystem study. *Ecology*, 74(2):583-598.

Bosatta, E., y Staaf, H. 1982. The control of nitrogen turn-over in forest litter. *Oikos*, 39:143-151.

Bray, J.R., y Gorham, E. 1964. Litter production in forests of the world. *Advances in Ecological Research*, 2:101-157.

Cole, D.W. 1981. Nitrogen uptake and translocation by forest ecosystems. En: F.E. Clark y T. Rosswall (eds). *Terrestrial nitrogen cycles*. *Ecol. Bull.* (Stockholm), 33:219-232.

Coleman, D.C., y Crossley, D.A.-Jr. 1996. *Fundamentals of soil ecology*. Academic Press, California. 205 pp.

Cook, R.B. 1983. The impact of acid deposition on the cycles of C, N, P, and S. En: B. Bolin y R.B. Cook (eds). The major biogeochemical cycles and their interactions. SCOPE 21. John Wiley & Sons, 345-364.

Crutzen, P.J. 1983. Atmospheric interactions-Homogenous gas reactions of C, N, and S containing compounds. En: B. Bolin y R.B. Cook (eds). The major biogeochemical cycles and their interactions. SCOPE 21. John Wiley & Sons, 67-112.

Fay, P. 1981. Photosynthetic micro-organisms. En: W.J. Broughton (ed). Nitrogen fixation. Ecology. Clarendon Press, Oxford, 1:1-29.

Fimbel, R.A., y Fimbel, C.C. 1996. The role of exotic conifer plantations in rehabilitating degraded tropical forest lands: A case study from the Kibale Forest in Uganda. Forest Ecology and Management, 81:215-226.

Fisher, R.F., y Stone, E.L. 1969. Increased availability of nitrogen and phosphorus in the root zone of conifers. Soil Sci. Amer. Proc., 33:955-961.

Gosz, J.R. 1981. Nitrogen cycling in coniferous ecosystems. En: F.E. Clark y T. Rosswall (eds). Terrestrial nitrogen cycles. Ecol. Bull. (Stockholm), 33:405-426.

Granhall, U. 1981. Biological nitrogen fixation in relation to environmental factors and functioning of natural ecosystems. En: F.E. Clark y T. Rosswall (eds). Terrestrial nitrogen cycles. Ecol. Bull. (Stockholm), 33:131-144.

Haselwandter, K., y Bowen, G.D. 1996. Mycorrhizal relations in trees for agroforestry and land rehabilitation. Forest Ecology and Management, 81:1-17.

Jensen, V. 1981. Heterotrophic micro-organisms. En: W.J. Broughton (ed). Nitrogen fixation. Ecology. Clarendon Press, Oxford, 1:30-56.

Lamb, D. 1975. Patterns of nitrogen mineralization in the forest floor of stands of *Pinus radiata* on different soils. J. Ecol., 63:615-625.

Lamb, D. 1976a. Decomposition of organic matter on the forest floor of *Pinus radiata* plantations. Journal of Soil Science, 27:206-217.

Lamb, D. 1976b. Variations in the foliar concentrations of macro and micro elements in a fast-growing tropical eucalypt. Plant and Soil, 45:477-492.

Lovett, G.M., y Lindberg, S.E. 1993. Atmospheric deposition and canopy interactions of nitrogen in forests. Can. J. For. Res., 23:1603-1616.

Lugo, A.E. 1992. Comparison of tropical tree plantations with secondary forests of similar age. Ecological Monographs, 62(1):1-41.

McGill, W.B., y Christie, E.K. 1983. Biogeochemical aspects of nutrient cycle interactions in soils and organisms. En: B. Bolin y R.B. Cook (eds). The major biogeochemical cycles and their interactions. SCOPE 21. John Wiley & Sons, 271-301.

Melillo, J.M., y Gosz, J.R. 1983. Interactions of biochemical cycles in forest ecosystems. En: B. Bolin y R.B. Cook (eds). The major biogeochemical cycles and their interactions. SCOPE 21. John Wiley & Sons, 177-222.

Miller, H.G., Cooper, J.M., Miller, J.D., y Pauline, O.J.L. 1979. Nutrient cycles in pine and their adaptations to poor soils. Can. J. For. Res., 9:19-26.

Nohrstedt, H-Ö. 1985. Nonsymbiotic nitrogen fixation in the topsoil of some forest stands in central Sweden. Can. J. For. Res., 15:715-722.

Oades, J.M. 1988. The retention of organic matter in soils. Biogeochemistry, 5:35-70.

Olsson, U., Binkley, D., y Smith, F.W. 1998. Nitrogen supply, nitrogen use, and production in an age sequence of lodgepole pine. Forest Science, 44(3):454-457.

Read, D.J. 1991. Mycorrhizas in ecosystems. Experientia, 47:376-391.

Reiners, W.A. 1981. Nitrogen cycle in relation to ecosystem succession. En: F.E. Clark y T. Rosswall (eds). Terrestrial nitrogen cycles. Ecol. Bull. (Stockholm), 33:507-528.

Richards, B.N. 1962. Increased supply of soil nitrogen brought about by *Pinus*. Ecology, 43(3):538-541.

Richards, B.N., y Bevege, D.I. 1967. The productivity and nitrogen economy of artificial ecosystems comprising various combinations of perennial legumes and coniferous tree species. Aust. J. Bot., 15:467-480.

Rosswall, T. 1983. The nitrogen cycle. En: B. Bolin y R.B. Cook (eds). The major biogeochemical cycles and their interactions. SCOPE 21. John Wiley & Sons, 46-50.

Runge, M. 1983. Physiology and ecology of nitrogen nutrition. En: O.L. Lange, P.S. Nobel, C.B. Osmond y H. Ziegler (eds.). Encyclopedia of plant physiology, Physiological plant ecology III. Springer-Verlag, New York/Berlin, 12C:5:163-200.

Stevenson, F.J. 1986. Cycles of soil-C, N, P, S, micronutrients. John Wiley & Sons, USA, pp. 380.

Stone, E.L., y Fisher, R.F. 1969. An effect of conifers on available soil nitrogen. Plant and Soil, XXX(1):134-138.

Tamm, C.O. 1991. Nitrogen in terrestrial ecosystems. Ecological Studies. Springer-Verlag, New York/Berlin, 81:115.

Tateno, M., y Chapin, III.F.S. 1997. The logic of carbon and nitrogen interactions in terrestrial ecosystems. The American Naturalist, 149(4):723-744.

Taylor, B.R., Parkinson, D., y Parsons, W.F.J. 1989. Nitrogen and lignin content as predictors of litter decay rates: a microcosm test. Ecology, 70(1):97-104.

Tietema, A. 1998. Microbial carbon and nitrogen dynamics in coniferous forest floor material collected along a European nitrogen deposition gradient. Forest Ecology and Management, 101:29-36.

Tjepkema, J.D., y Cartica, R.J. 1981. Atmospheric concentration of ammonia in Massachusetts and deposition on vegetation. Nature, 294(3):445-446.

Turner, J., y Lambert, M.J. 1986. Nutrition and nutritional relationships of *Pinus radiata*. Ann. Rev. Ecol. Sys., 17:325-50.

Vitousek, P.M., Gosz, J.R., Grier, C.C., Melillo, J.M., y Reiners, W.A. 1982. A comparative analysis of potential nitrification and nitrate mobility in forest ecosystems. Ecological Monographs, 52(2):155-177.

Vitousek, P.M., y Howarth, R.W. 1991. Nitrogen limitation on land and in the sea: How can it occur? Biogeochemistry, 13:87-115.

Vogt, K.A., Grier, C.C., Meier, C.E., y Edmonds, R.L. 1982. Mycorrhizal role in net primary production and nutrient cycling in *Abies amabilis* ecosystems in Western Washington. *Ecology*, 63(2):370-380.

Waring, R.H., y Schlesinger, W.H. 1985. Forest ecosystems-Concepts and management. Academic Press, London. 340 pp.

Wisniewski, C., y Reissmann, C.B. 1996. Litterfall and nutrient content in *Pinus taeda* L. plantations in the Ponta Grossa-PR region, Brazil. *Arquivos De Biologia E Tecnologia*, 39:435-442.

**MICROPROPAGACIÓN DEL HONGO COMESTIBLE  
*PLEUROTUS OSTREATUS* PARA LA PROMOCIÓN DEL  
CULTIVO REGIONAL; UN ENSAYO PRELIMINAR**

*Juan Calderón Machuca*  
Doctor en Química



## Resumen

Establecer un protocolo que permita el aislamiento, germinación y reproducción del micelio de *Pleurotus ostreatus* constituye el primer paso en el proceso de cultivo sobre una amplia gama de sustratos a base de desechos agrícolas. El proceso permite además establecer parámetros de aislamiento de especies nativas potencialmente aprovechables, así como eliminar la necesaria importación de semilla para los procesos experimentales y de explotación a mayor escala.

La semilla del hongo (micelio) fue obtenida mediante aislamiento de esporas de un ejemplar seleccionado previamente lavado con detergente normal, desinfectado con una solución al 1% de hipoclorito de sodio por 30 minutos (a partir de hipoclorito de uso doméstico AJAX CLORO) y exposición por 60 minutos al efecto germicida de luz ultravioleta. Las esporas fueron recolectadas en un disco de papel filtro del diámetro igual o mayor al del carpóforo previamente esterilizado, todo protegido al interior de un recipiente de vidrio con tapa igualmente esterilizado.

Las esporas germinaron sobre el agar patata preparado a partir del líquido de cocimiento de 100 gramos de patatas peladas durante un tiempo de 45 minutos a ebullición, adicionado 7 g de dextrosa y 10 g de agar-agar en un tiempo de 10 días a una temperatura de incubación de 21°C. Es necesaria la inclinación de los recipientes de cultivo para evitar el exceso de agua sobre el micelio en crecimiento.

La reproducción del micelio con mejores rendimientos se logró en maíz libre de cáscara, cocinado y adicionado 10 g de sacarosa por litro de agua de cocción.

Frascos de 80 g de maíz cocido se cubren de micelio en 10 días a la temperatura del laboratorio 21°C.

## INTRODUCCIÓN

La Universidad del Azuay a partir del mes de Agosto del 2000, viene desarrollando un proyecto de investigación de hongos comestibles, que permitan la generación de esta nueva fuente nutricional, mediante el aprovechamiento del poder de biodegradación que los hongos tienen sobre desechos agrícolas para transformarlos en sus formas fructificantes de alto valor nutricional y de gran aceptación en el mercado consumidor. Tomando en cuenta las bondades del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* cuyos niveles proteínicos en estado seco pueden alcanzar hasta un 37% en peso con una digestibilidad de hasta un 86% (Hernández Heriberto 2001), su contenido vitamínico (8.6 mg. de ácido ascórbico; 0,12 mg. de tiamina; 0,52mg de riboflavina; 5,82mg. de ácido nicotínico; 2,38 mg. de ácido pantoténico; 0,018 mg. de biotina, todo en 100 gr. de muestra en fresco), el contenido en carbohidratos de 3 – 6 gr %, contenido de grasa de 0,05 a 0,3 gr.%, y el gran poder de conversión que tiene sobre los desechos lignocelulósicos, se dio inicio al proceso investigativo que permita establecer la viabilidad del cultivo sobre desechos agrícolas existentes en la región.

Según los datos del III Censo Nacional Agropecuario, la provincia del Azuay destina 7223 hectáreas para el cultivo de maíz, 89 ha para el de café, y 2588 para el de caña de azúcar, cuyos desechos pueden ser aprovechados para el cultivo de *Pleurotus ostreatus* con la posibilidad adicional de generar abonos orgánicos incorporables al suelo, previo el análisis de las condiciones de cultivo. Las experiencias logradas viabilizan esta alternativa biotecnológica, siendo necesario optimizar el proceso de producción en sus diferentes etapas.

## OBJETIVO GENERAL

- Estudiar las condiciones de reproducción y cultivo de *Pleurotus ostreatus* var *florida*.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Desarrollar los protocolos de:

- Aislamiento de esporas, germinación y crecimiento de micelios.
- Reproducción de micelios.
- Cultivo sobre sustratos: bagazo de maíz y caña de azúcar,
- Adaptación a condiciones **de cultivo bajo invernadero**.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Materiales:

- \_ Balanza analítica
- \_ Balanza técnica
- \_ Incubadora
- \_ Autoclaves
- \_ Trituradora de desechos agrícolas
- \_ Cámara de flujo laminar
- \_ Cámara de siembra
- \_ Cámara de crecimiento
- \_ Cámara de mangas
- \_ Invernadero
- \_ Generador de vapor
- \_ Materias primas: bagazo de maíz, bagazo de caña de azúcar,
- \_ Paja de trigo, trigo, maíz.

### MÉTODOS:

#### Aislamiento de esporas

Ejemplares seleccionados de hongo *Pleurotus ostreatus* var *florida*

que se expenden en los supermercados de la ciudad, fueron sometidos a los siguientes procesos:

- lavado con agua y detergente normal para eliminar los restos de sustrato del cultivo;

- desinfección del material aplicando por separado a lotes de tres hongos por muestra, soluciones de hipoclorito de sodio (AJAS CLORO) en diferentes concentraciones, al 0.25, 0.5, 0.75, 1, 1.25 % y dejándolos inmersos por tiempos de 5, 10, 15, 20, 25, 30 minutos en cada caso.
- exposición a luz ultravioleta por tiempos de 20, 40 o 60 minutos dentro de una cámara de mangas previamente desinfectada con una solución de formaldehído al 0.5 % y exposición a luz ultravioleta por una hora.
- manteniéndoles dentro de la cámara de mangas, se procedió a colocar a cada hongo un círculo de papel filtro previamente esterilizado y perforado de tal manera que el talo atravesase por el agujero y quede en contacto el conjunto de celdillas de la parte inferior del carpóforo con el papel filtro esterilizado.
- siembra del talo del hongo en un medio de cultivo a base de patata (<http://www.geocities.com/Rainforest/Andes/1930/cultivo.html>), que permita el proceso final de maduración del hongo hasta que suelte las esporas maduras que serán recolectadas en el papel filtro.

Es necesario introducir dentro de la cámara de mangas medios de cultivo testigos que permitan establecer cualquier contaminación del ambiente interior de la cámara.

### **Germinación de esporas**

Se realizó el proceso de germinación de las esporas aisladas en papel filtro, mediante la siembra en agar patata dextrosado, agar Sabouraud 4% glucosa – agar, Murashige y Skoog glucosado.

### **Reproducción del micelio**

Una vez logrado el proceso de germinación de las esporas, es decir obtenido el micelio, se lo propagó utilizando trigo cocinado, mediante el proceso siguiente:

- Se hierven 100 g de trigo en 200 cc. De agua durante 15 minutos a fuego lento. No debe romperse el grano, y se coloca el trigo en frascos de vidrio de boca angosta y se esteriliza a 105°C por dos horas. (<http://geocities.com/RainForest/Andes/1930/cultivo.html>)
- Se desinfecta a cámara de trabajo utilizando una solución de formaldehído al 0.25%.
- Al interior de la cámara de flujo laminar, se abre el frasco del medio con crecimiento, previo flameado y con la protección del mechero de gas Bunsen, se procede a tomar con una asa de cultivo una pequeña cantidad de micelio y pasarlo al frasco con trigo cocido. El micelio inoculado invadirá el medio hasta sembrar a una bola de algodón, obteniéndose de esta manera la semilla para los procesos de siembra en los diferentes sustratos.

## **Reproducción del micelio sobre maíz**

Considerando que las exigencias nutricionales del hongo en esta fase de crecimiento puedan ser favorables en maíz, se procedió a preparar un medio empleando el cereal previamente pelado mediante un precocido con hidróxido de calcio (cal en agua) y ceniza hasta que se reblandezca y elimine la cáscara. Luego de eliminar los restos alcalinos del proceso, se completo el cocido adicionando 10 gramos de azúcar de caña por litro de agua de cocimiento. Con el maíz así tratado se llenaron los frascos y se procedió a esterilizar a 121°C por 30 minutos.

La siembra de fragmentos de micelio en los frascos de maíz esterilizado dieron como resultado un total crecimiento en 8 días a la temperatura de 21°C

## **Preparación de sustratos**

El hongo *Pleurotus ostreatus*, se caracteriza por su gran actividad lignocelulósica. Puede descomponer desechos tales como el bagazo de maíz y caña de azúcar, pulpas de café y cacao entre otros

(Rivas 1999; <http://verne.cuao.edu.co>), siendo necesario un proceso de desinfección del material que le permita al micelio un crecimiento libre de competencia con otros hongos contaminantes.

El material debe ser triturado hasta obtener fragmentos de aproximadamente 0.5 por 2 cm, mediante el empleo de un triturador de desechos agrícolas. Tamaños de partículas mayores, se ha visto que presentan inconvenientes en la compactación.

El material fue esterilizado a 121°C por 30 minutos. Luego se llenó el material en fundas plásticas de 20 por 30 cm, se las selló y colocó en un ambiente a 21°C con baja luminosidad, obteniéndose crecimiento del micelio en ocho semanas.

Se realizaron experiencias sobre: bagazo de maíz al 100%, bagazo de caña de azúcar al 100%, mezclas bagazo de maíz y bagazo de caña 50/50

Transcurrido el tiempo de crecimiento del micelio sobre el sustrato, se procedió a abrir las fundas al interior de un invernadero de 36 metros cuadrados, controlando la humedad relativa entre 76 y 80 % y la temperatura entre 22 y 26°C mediante el empleo de un generador de vapor. Es necesaria la protección con malla plástica negra al interior del invernadero, a fin de bajar los niveles de luminosidad, así como de un sistema de nebulización que permita incorporar humedad a las fundas y bajar la temperatura del invernadero en días muy soleados.

## **RESULTADOS OBTENIDOS**

### **Aislamiento de esporas**

El proceso aplicado para el aislamiento de esporas ha demostrado ser válido y aplicable con otras especies silvestres de la región. *Agaricus sp*

Los mejores resultados se han obtenido mediante el empleo del medio de cultivo a base de patata. En condiciones similares los crecimientos sobre Saboraud glucosado, Murashigue y Skoog son más lentos.

Los procesos de desinfección mediante el empleo de hipoclorito y luz ultravioleta, permitió en conjunto establecer puntos de equilibrio para evitar los efectos desnaturalizantes sobre el material. Exposiciones mayores de una hora a las lámparas ultravioletas provocan quemaduras del tejido.

Para realizar un sondeo del comportamiento de las dos variables de desinfección, se realizaron tratamientos individuales con cada uno de los elementos de desinfección, observándose que por separado no resultaban efectivos.

El tratamiento de una muestra con hipoclorito al 1% por 30 minutos, seguido por una exposición a luz ultravioleta de 254 nanómetros por 60 minutos, logró desinfectar el tejido sin que éste perdiera su viabilidad para generar micelio en agar patata. Esta casualidad permitió realizar una experiencia con 50 desinfecciones que emitieron los siguientes resultados:

50 muestras

- 21 contaminadas
- 29 sin contaminación

De las 29 muestras no contaminadas

- 20 muestras no resultaron viables (tejido muerto)
- 9 muestras resultaron viables.

Considerando que a partir de un frasco con crecimiento se da inicio al todo el proceso reproductivo de la cepa, lograr un 18% de aislamientos viables y libres de contaminación, constituye un proceso significativo.

La desinfección con hipoclorito en concentraciones menores al 0.75% , seguidas del tratamiento por 60 minutos de luz ultravioleta, no logran desinfectar el tejido. Concentraciones de hipoclorito mayores al 1% y seguidas del proceso de exposición a luz ultravioleta por 60 minutos, matan el tejido.

Exposiciones a luz ultravioleta por tiempos menores a lo 60 minutos, disminuyen el porcentaje de viabilidad de las muestras.

### **Reproducción del micelio sobre trigo y maíz:**

Se ha establecido que a la temperatura del laboratorio (21°C) el proceso de reproducción sobre maíz resulta mucho mas rápido que el crecimiento registrado sobre trigo.

Varios pueden ser los factores que determinan este hecho, pero podría deberse a:

- la presencia de mayores espacios intersticiales que permiten una mejor circulación de gases entre los granos de maíz.
- Una mejor respuesta a las demandas nutricionales del hongo.

No se ha podido determinar experiencias similares sobre el proceso reproductivo sobre maíz pelado y cocido, pero los rendimientos obtenidos, nos permiten sugerir esta alternativa desarrollada para la reproducción del micelio de *pleurotus*.

### **Rendimiento y Eficiencia**

#### **Rendimiento:**

Definido como la relación en porcentaje entre el peso fresco del hongo y el peso del sustrato húmedo

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Peso del hongo fresco}}{\text{Peso del sustrato húmedo}} \times 100 \quad (1)$$

## Eficiencia biológica

Definida como la relación en porcentaje de el peso fresco del hongo y el peso seco del sustrato.

$$\text{Eficiencia biológica} = \frac{\text{Peso del hongo fresco}}{\text{Peso del sustrato seco}} \times 100 \quad (2)$$

Las eficiencias y rendimientos del hongo *Pleurotus* alcanzados en los sustratos planteados y bajo las condiciones del invernadero son las siguientes:

<b>Sustrato</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Eficiencia</b>
Bagazo de maíz	51.52%	144.57%
Bagazo de caña	55.6%	156%
Mezcla 50/50	53.97%	151.42%

La utilización de bagazo de caña al 100% es más susceptible a la contaminación con hongos oportunistas y desarrolla procesos fermentativos en las fundas; por estas razones, resulta conveniente realizar un prelavado con agua caliente para disminuir los azúcares residuales o simplemente en el proceso de desinfección previa a la siembra se lo debe hacer hervir. Otras alternativas pueden ser el trabajar con bagazo fermentado y descompuesto por lo menos por dos años o realizar mezclas con bagazo de maíz en relaciones al 25, 50, 75 % de bagazo de caña. Al momento estas relaciones de sustratos se encuentran en fase de experimentación bajo las condiciones propuestas.

Se ha observado que el material de desecho del cultivo es aceptado por la lombriz roja, pudiendo ser aprovechado para la producción de humus.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(<http://www.geocities.com/Rainforest/Andes/1930/cultivo.html>),

<http://verne.cuao.edu.co>),

Medina, T. S., D. Alvarado y, M. Díaz. 1999. Producción de hongos comestibles *Pleurotus ostreatus*; un ensayo preliminar. Instituto de Fitosanidad. Colegio de Posgraduados en Ciencias Agrícolas. Montesillo, Edo. de México.

Ramos Iván. 1999. Cultivo del *Pleurotus ostreatus* sobre materiales residuales de cacao previa fermentación en estado sólido.

**CARNÍVOROS DEL ECUADOR; ANATOMÍA,  
MORFOLOGÍA Y CLAVE GRÁFICA DE IDENTIFICACIÓN**

*Juan Pablo Martínez Moscoso*  
Biólogo



Esta clave gráfica es un aporte para la investigación de la fauna nativa del Ecuador, como parte del Programa de Difusión e Información del Museo de Esqueletología. La clave dicotómica, al emplear como criterios de clasificación caracteres morfológicos externos y del esqueleto, presentados de manera gráfica, y complementada con información biogeográfica, busca llenar el vacío existente en la taxonomía de este grupo. La clave es la primera de una serie que incluirá en el futuro, a los demás órdenes de mamíferos y aves de la fauna ecuatoriana.

Según las últimas estimaciones, el Ecuador contiene 2794 especies registradas de vertebrados terrestres que equivalen al 11,47% del total mundial. De ellas, 415 especies corresponden a anfibios, 394 a reptiles y 1616 a aves. Particularmente, el Ecuador posee 369 especies de mamíferos y 31 de carnívoros. Este último índice confiere al Ecuador el noveno lugar en diversidad con respecto al mundo, según las estimaciones para el año 1999. Adicionalmente, el endemismo es paralelamente alto y representa el 15,6% (436 especies) en una superficie territorial relativamente pequeña (Suárez, 2001).

Ecológicamente, el Orden Carnívora es considerado como uno de los últimos escalafones consumidores de las redes tróficas, tanto en sistemas terrestres como acuáticos, que regulan las densidades poblacionales de especies de herbívoros. Por ello, su comportamiento territorial o gregario cubre extensas áreas, con una población más bien pequeña e individuos que alcanzan gran tamaño.

Dadas las observaciones realizadas hasta la fecha, el Ecuador ha sido reconocido como un país con alta diversidad de vertebrados. Sin embargo, la información es escasa, dispersa y todavía preliminar. A pesar de que el Orden Carnívora es uno de los más y mejores

conocidos al nivel mundial, en el Ecuador se tiene escasa información ecológica, biogeográfica y de tamaños poblacionales, incluso taxonómicamente. Así se continúa observando cambios en la lista de especies del país. Un ejemplo de ello constituye la inclusión oficial de una nueva especie de carnívoro: el chucuri de Don Felipe (*Mustela felipei*), en 1999 (Tirira, 2001).

Uno de los mayores problemas de las deficiencias investigativas es que, dado el inadecuado manejo de los recursos naturales, muchas especies podrían extinguirse antes de ser estudiadas a cabalidad. Los carnívoros son vulnerables a la acción humana y, de las 31 especies de carnívoros presentes en el país, 19 forman parte del Libro rojo de Mamíferos del Ecuador (Tirira, 2001), lo que representa un 61,3% del total.

La necesidad de la creación de una clave de identificación, se consideró durante el estudio y clasificación de la colección del Museo de Esqueletología, en la que se presentaron serios inconvenientes por la inexistencia de una clave que incluya los criterios de morfología externa, morfometría interna y biogeografía.

Esta clave, con la inclusión de gráficos ilustrativos de los criterios de clasificación, busca una determinación certera de la alternativa elegida, evitando la ambigüedad que se presenta con la utilización del lenguaje escrito, por ejemplo, "Cráneo relativamente estrecho por detrás..."

El objetivo de esta investigación fue el Generar una clave gráfica de identificación para el Orden Carnívora en el Ecuador, que sea de fácil utilización por profesionales, estudiantes y aficionados, mediante una estructura conceptual dicotómica, en la que se puede tener la certeza de haber tomado la opción adecuada, debido al refuerzo gráfico de los conceptos utilizados.

La Clave podrá ser utilizada en el campo o laboratorio, para animales vivos o restos, gracias al uso conjunto de tres categorías de clasificación: morfología externa, morfometría ósea y criterios

biogeográficos. Se logró además generar descripciones de la morfología externa y morfometría ósea de los carnívoros ecuatorianos, como un aporte a la investigación de este grupo, que pese a su importancia ecológica no ha sido considerado en trabajos zoológicos o taxonómicos realizados con anterioridad en el país.

Para la elaboración de la clave se ha tomado como referencia los especímenes del Orden presentes en la colección del Museo de Esqueletología, validados con mediciones de especímenes tres Museos nacionales y dos internacionales, así como cuatro Centros de manejo de fauna del país. Se ha intentado buscar una relación entre la distribución geográfica, dimorfismo sexual y edad respecto a la morfología externa y morfometría de cráneo y esqueleto postcraneano.

El trabajo anatómico descriptivo se realizó a partir de fuentes bibliográficas por un lado y la toma de medidas, fotografías y notas para las descripciones de pieles, cráneos y esqueletos del Museo de Historia Natural del Condado de los Angeles, Museo de Historia Natural de la Universidad de la Florida, Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales, Museo de Zoología de la Escuela Politécnica Nacional-Quito, Museo de Zoología de la Universidad Católica de Quito y Museo de Esqueletología de la ciudad de Cuenca.

Se tomó medidas, fotografías, notas y videos de los animales presentes en el QUITOZOO de Guayllabamba, Parque Histórico Guayaquil en Samborondón, VILCAZOO en Vilcabamba provincia de Loja y el Centro de Rescate Sayausí de la provincia del Azuay.

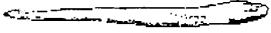
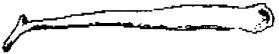
Los datos obtenidos se compararon y promediaron con los de la bibliografía, y con estos se realizaron las descripciones de cada especie.

A partir de las descripciones se tomaron los criterios excluyentes que permiten la identificación de las especies y fueron incluidos en la clave. Se realizaron ilustraciones de características presentes en la clave y que necesitan el refuerzo gráfico para su comprensión.

La Clave de Identificación del Orden carnívora para el Ecuador incluye las 31 especies nativas presentadas en Mamíferos del Ecuador (Tirira, 1999). Pero dadas las similitudes faunísticas, derivadas de la amplia distribución de las especies, esta clave puede ser utilizada para la identificación de carnívoros en países neotropicales de Centro y Sudamérica.

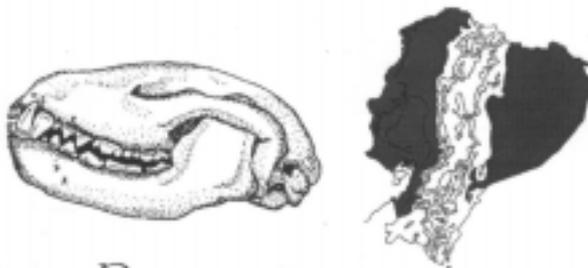
En la Clave se señala la preeminencia de uno u otro criterio para la identificación y, además, se considera diferencias en los criterios de clasificación debidas a dimorfismo sexual, ecotipos y edad, cuando son relevantes.

El formato de la clave es dicotómico, con una sola alternativa posible a seguir en cada caso. El primer párrafo de cada numeral se refiere a características morfológicas externas y distribución geográfica en el Ecuador. El segundo párrafo se refiere a morfometría de cráneo y características sobresalientes del esqueleto postcraneano.

<p>7. Cola larga &gt; 50% CC; Color café en todo el cuerpo, cabeza y pecho más claros; patas largas en relación al cuerpo.</p> <p>LCB &gt;83; distancia entre caninos &gt;20; <u>la sutura interparietal corre como 2 líneas subparalelas a partir de la constricción postorbital; hueso peniano recto longitudinalmente, con el extremo distal proyectado hacia arriba.</u></p> <p style="text-align: right;"><i>Eira barbara</i></p>	 
<p>7'. Cola corta &lt;50% CC; dorso color parduzco, una banda blanca que va de la cabeza a los hombros divide el dorso de la región ventral oscura; patas cortas en relación al cuerpo.</p> <p>LCB &lt;83; distancia entre caninos &lt;20; <u>la sutura interparietal forma una cresta que corre longitudinalmente por el cráneo; el hueso peniano tiene una forma que recuerda un palo de golf.</u></p> <p style="text-align: right;"><i>Galictis vittata</i></p>	 

Ejemplo de la clave de identificación de la Familia Mustelidae

Este es el primer trabajo descriptivo del orden para el país, que reúne información de morfología externa, biogeografía y morfometría de cráneo y esqueleto postcraneano. Las descripciones se basan en la observación y toma de medidas de 141 especímenes de los centros de manejo y colecciones que constan en el Anexo 1. En el caso de *Mustela africana* y *Mustela felipei*, dada la inexistencia espécimen alguno en las colecciones analizadas, las descripciones se basan en las de Izor y De la Torre, (1978). Las descripciones de cráneos de *H. Yagouaroundi* y *P. sechurae*, se basan en las descripciones de Oliverira, (1998) y (Berta, 1997).



*Procyon cancrivorus*  
Mapache

Ejemplo de los gráficos ilustrativos de las especies de carnívoros ecuatorianos

La nomenclatura utilizada sigue a Tirira, 1999, quien a su vez sigue a Wilson y Reeder, 1993, excepto para *Z. wollebaeki* que se sigue a Tirira, 2001, quien sigue a Rice, 1998. Se incluye la descripción de 30 de las 31 especies de la lista de mamíferos del Ecuador, puesto que no se encontró ninguna diferencia anatómica o morfológica entre *Bassaricyon alleni* y *Bassaricyon gabbii*.

En este trabajo de investigación se sometió a discusión la validez de la distribución geográfica como un criterio de identificación. La mayoría de las especies presentan una alta adaptabilidad a distintas condiciones ambientales y otras son especialistas que ocupan un solo tipo de hábitat, por lo que, solamente en el caso de los géneros *Nasua*, *Pseudalopex*, *Mustela* y *Bassaricyon* la distribución geográfica constituye un criterio excluyente de identificación.

Es importante señalar que dos géneros que poseen especies diferentes en costa y oriente deben ser sometidos a un análisis taxonómico profundo, pues los individuos del género *Nasua*, pese a presentar claras diferencias entre los procedentes de las dos regiones, *Nasua nasua* ha sido calificada por varios autores como la especie válida para Sudamérica y, *Nasua narica* habitaría en Centroamérica y, en el mejor de los casos, en Colombia. De confirmarse que la especie presente en el occidente del Ecuador es *N. narica* se debería reportar este hecho y ampliar su rango geográfico.

En cuanto al género *Bassaricyon*, en la lista de mamíferos del Ecuador, se presentan dos especies: *Bassaricyon gabbii* para el occidente y *Bassaricyon alleni* para el oriente, pero la mayor parte de los autores consideran que son un sinónimo; de ser otra especie, *B. alleni* tendría una distribución muy restringida en el nororiente del Ecuador, siendo Tena su localidad típica. Es difícil emitir un criterio en torno a este caso pues *B. alleni* casi no consta en la literatura sobre el orden, y, en las colecciones ecuatorianas solo se registran especímenes de la especie del Noroccidente.

Se buscaron, además, variaciones morfológicas debidas a la distribución geográfica de los individuos. En este apartado se debe

señalar que no existen en los centros analizados colecciones lo suficientemente continuas para emitir un criterio definitivo, pero en general se observó, que salvo, un tamaño mayor en los individuos de latitudes más alejadas del Ecuador o individuos de hábitats abiertos, no existe variaciones morfológicas significativas entre individuos de localidades o países distintos. Lo mismo ocurre respecto al dimorfismo sexual, salvo en la familia Otariidae, en la que tres de las cuatro especies presentan machos de tamaños significativamente mayores a las hembras, e incluso estructuras óseas como crestas o externas como melenas, que los diferencian.

Este trabajo entreve datos provisionales, debido a la inexistencia de colecciones de localidades de todas las zonas del país, las mismas que deberán ser confirmadas con investigaciones posteriores. Pero, sin embargo, constituye un primer esfuerzo para sistematizar y difundir la información morfológica y taxonómica de los carnívoros nativos del Ecuador; con la intención, de conseguir que las futuras generaciones, no deban conocer a las especies a través de las ilustraciones de este trabajo.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Anderson, S., 1993. Los mamíferos bolivianos: notas de distribución y claves de identificación. Department of Mammalogy, American Museum of Natural History. Publicación Especial del Instituto de Ecología (Colección Boliviana de Fauna). La Paz. Bolivia.

Berta, A., 1986. *Atelocynus microtis*. Mammalian species., 256:1-3.

Berta, A., 1987. Origin, diversification and zoogeography of the South American Canidae, en: Patterson, B & R. Timm, 1987. Studies in neotropical mammalogy, Fieldiana Zoology, New series N° 39, Field Museum of Natural History.

Clarck, T., 1975. *Arctocephalus galapagoensis*. Mammalian species. 64:1-2.

De Oliveira, T., 1998. *Herpailurus yagouaroundi*. Mammalian species. 578:1-6.

De Oliveira, T., 1998. *Leopardus wiedii*. Mammalian species. 579:1-6.

Decker, D. & C. Wozencraft, 1991. Phylogenetic analysis of recent Procyonid genera. Journal of mammalogy. Vol72. 1:42-55.

Eisenberg, J., 1981. The mammalian radiations, an análisis of trends in evolution, adaptation and behavior. The University of Chicago Press. 610 pp.

Eisenberg, J & K. Redford, 1999. Mammals of the neotropics, Central Neotropics. Vol 3. The University of Chicago Press. Pág 279-317.

Eisenberg, J. 1989. Mammals of the neotropics, The northern neotropics. Vol 1. The University of Chicago Press. Pág. 262-291.

Emmons, L & F. Feer, 1997. Neotropical rainforest mammals, a field guide. second edition. The University of Chicago Press. Chicago. 301 pp.

Ford, L & R. Hoffman, 1988. *Potos flavus*. Mammalian species. 321:1-9.

Frandsen, R., 1976. Anatomía y fisiología de los animales domésticos. Editorial Interamericana. Segunda Edición. México.461pp.

Gompper, M & D. Decker, 1998. *Nasua nasua*. Mammalian species. 580:1-9.

Gregory, G, & L. Martín, 1980. A Multivariate comparison of some extant and fossil Felidae. reprinted from: Carnivore. 1(1):80-87. January, 1978.

Izor, R & L de la Torre, 1978. A new species of weasel (*Mustela*) from the highlands of Colombia, with comments on the evolution and distribution of south American weasels. Journal of mammalogy. 59 ( 1):92-102.

Jarrín. P., 2001. Mamíferos en la niebla. Otonga, un Bosque nublado del Ecuador. Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Publicación especial 5. 245pp.

Klingener, D., 1971. Notes on the little spotted cat, *Felis tigrina oncilla* (Thomas), in Costa Rica. *Journal of mammalogy*. Vol52. 2:464-465.

Mondolfi, E., 1987. Baculum of the lesser Andean coati, *Nasuella olivacea* (Gray), and of the larger grison, *Galictis vittata* (Schreber) en: Patterson, B & R. Timm, 1987. *Studies in neotropical mammalogy*, *Fieldiana Zoology*, New series N 39, Field Museum of Natural History.

Moscoso, G., 1955. Mecanismo masticatorio en los animales superiores. *Revista Dental* 7:15-27.

Murray, J. & G. Gardner. 1997. *Leopardus pardalis*. *Mammalian species*. 548:1-10.

Novaro, A., 1997. *Pseudalopex culpaeus*. *Mammalian species*. 558:1-8.

Nowak, R., 1991. *Walker's mammals of the world*. Fifth edition. The John Hopkins University Press. Baltimore. 2 Vol. 1629 pp.

Patzelt, E., 1979. *Fauna del Ecuador*. segunda edición. Editorial Las Casas. Quito. 187 pp.

Sheffield, S & H. Thomas, 1997. *Mustela frenata*. *Mammalian species*. 570:1-9.

Suárez, L. 2001. La Megadiversidad en cifras. *Revista Mundo Dinero*. 225:14-15.

Suarez, L. & M. García, 1986. Extinción de animales en el Ecuador. Descripción de 60 especies amenazadas. Fundación Natura. Quito. 153pp.

Thomas, O., 1905. Suggestions for the nomenclature of the cranial length measurements and of the check-teeth of mammals, en: Johnston, R (Ed), 1976. *Selected readings in mammalogy*, monograph N 5, Museum of Natural History, The University of Kansas.

Tirira, D., 1999. *Mamíferos del Ecuador*. SIMBIOE. Publicación especial sobre mamíferos del Ecuador 2. Quito. 392 pp.

Tírira, D.(Ed.). 2001. Libro rojo de los mamíferos del Ecuador. SIMBIOE/ Ecociencia/ Ministerio de Medioambiente/UICN. Serie Libros Rojos del Ecuador. Tomo I. Publicación especial sobre mamíferos del Ecuador 4. Quito. 361 pp.

Torrey, T. 1983. Morfogénesis de los vertebrados. Editorial Limusa. Tercera Edición. México.

**PREVALENCIA PARASITOLÓGICA DE BOVINOS  
EN LA PROVINCIA DEL AZUAY DURANTE LOS AÑOS  
1996-1997**

*Judith Narváez Terán*  
Doctora en Bioquímica  
*René Zuñiga Peralta*  
Doctor en Veterinaria



## INTRODUCCION

En la provincia del Azuay durante los últimos veinte años, la ganadería se ha convertido en un pilar fundamental dentro de la economía de la zona. Por ello han tenido que cambiar de actitud las personas dedicadas a esta actividad, mediante el constante asesoramiento y mirando a la ganadería como una actividad económica rentable.

Actualmente en la ganadería se han introducido nuevas técnicas en lo concerniente al manejo, alimentación y mejora genética, situaciones que han permitido alcanzar logros en la productividad, pero en el transcurso de estos avances se ha descuidado un aspecto muy importante, como es la parasitosis, ya que no se ha asesorado al ganadero sobre los ciclos de vida de estos y más aun cuando ellos desconocen las familias parasitarias que infestan a su ganado, al no hacer análisis sistemáticos coparásitarios.

Los profesionales, como los ganaderos en general, a título de que los antiparásitarios que se comercializan para tratar la parasitosis, son de amplio espectro, no le han dado la importancia a los análisis, logrando de esta manera resistencia a los fármacos, reinfestaciones por una mala utilización de los mismos y las pérdidas económicas cuantiosas que ello genera.

La universidad del Azuay, consciente de este problema que afronta la ganadería de la provincia del Azuay, planteó la necesidad de hacer una investigación en cuanto a la prevalencia parasitaria en la provincia para identificar cuáles son las clases y las familias de parásitos más frecuentes y su relación con el medio ambiente.

## **OBJETIVOS:**

- 1) Identificación de clases y géneros de parásitos en bovinos en la provincia del Azuay.
- 2) Determinar la prevalencia parasitaria y su relación existente con las épocas de invierno y verano.

## **MATERIALES Y METODOS DE IDENTIFICACION**

**MUESTREO:** el presente trabajo se realizó en las zonas de mayor explotación ganadera de la provincia del Azuay como son Cumbe, Tarqui, Victoria del Portete y San Fernando durante los años de 1996 y 1997.

Para la identificación de los parásitos, las muestras fueron tomadas directamente del recto con un guante estéril en una cantidad suficiente de heces, el protector fue revertido hacia adentro sirviendo también como recipiente; se cerró cuidadosamente y se lo identificó correctamente con todos los datos, los mismos que fueron enviados al laboratorio de Microbiología Veterinaria de la Universidad del Azuay para sus análisis.

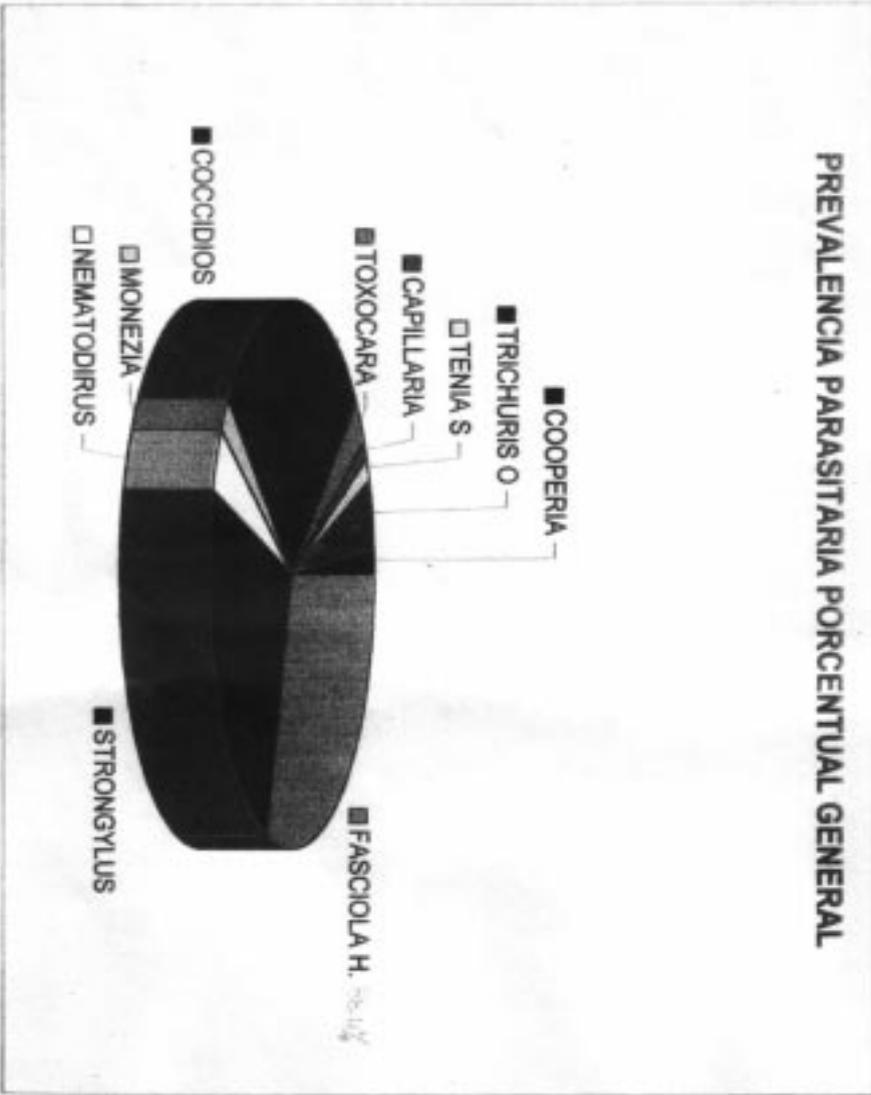
**MATERIAL:** en la ejecución del trabajo se utilizó una serie de equipos y materiales, que a continuación se describe: un microscopio binocular, un estereomicroscopio, una centrífuga eléctrica, probetas de 500 ml, tubos de centrífuga, gradillas, porta y cubre objetos, pinzas, solución saturada de sulfato de zinc y solución saturada de cloruro de sodio.

**METODO DE IDENTIFICACION:** se utilizaron métodos combinados de sedimentación de Benedict y flotación. La muestra que se utilizó, fue de alrededor de 8-12 g, la misma que fue mezclada con agua y pasada a través de dos tamices, momento en el que se aprovechó para realizar el análisis macroscópico con el fin de determinar larvas y organismos adultos. Lo recolectado se pasó a

una probeta de 500 ml. de capacidad dejando sedimentar por un tiempo aproximado de 30 a 40 minutos, se desechó cuidadosamente el sobrenadante, dejando un residuo aproximadamente de unos 50 a 60 ml de sedimento; se volvió a llenar nuevamente la probeta con agua, repitiéndose este mismo procedimiento por varias veces, hasta cuando el sobrenadante se presentara totalmente claro; finalmente se pasó el sedimento a dos tubos de ensayo, centrifugando por cinco minutos; se desechó nuevamente el sobrenadante y se le adicionó a un tubo de solución saturada de sulfato de zinc de densidad 1.4 g/cc. y al otro solución saturada de cloruro de sodio de densidad 1.20 g/cc. Se colocaron los cubreobjetos y se centrifugó nuevamente. Luego con una pinza se pasó el cubreobjetos sobre la superficie del portaobjetos y se procedió a observar al microscopio. La solución saturada de sulfato de zinc permitió la identificación de huevos de Trematodos (*Fasciola Hepática*) y la de cloruro de sodio la identificación de huevos de Nemátodos, Céstodos y Protozoarios.

**RESULTADOS:** la tabla #1 indica los géneros de parásitos que se han determinado en los períodos 1-2-3 que corresponden al año 1996 y los periodos 4-5-6 al año de 1997 (ver Anexo).

**Gráfico N° 1**



El gráfico # 1 nos indica que los géneros de parásitos de mayor importancia, por su prevalencia, en la Provincia del Azuay, son la Fasciola H 88.4%, Coccidios 82.8% y Strongylus 73.3%. En otro grupo de menor importancia hay Nematódirus 12.1%, Trichurys 11.8%, Toxocara 8.5%, Monezia 5.8%, Tenia 4.7%, Cooperia 4.1%, Capillaria 2.8%.

En la tabla #2 hemos agrupado a los parásitos atendiendo a su clase, genero y prevalencia. Llegando a establecerse que la clase Tremátode es la de mayor prevalencia y la clase Cestode la de menor prevalencia.

**TABLA 2**

**AGRUPACIÓN PARASITARIA ATENDIENDO A SU CLASE Y GÉNERO**

<b>CLASE</b>	<b>GÉNERO</b>
Tremátodos	Fasciola Hepática
Protozoos	Coccidios
Nemátodo	Nematodirus
	Toxocara
	Strongylus
	Cooperia
	Trichuris
Cestodes	Capillaria
	Monezia
	Tenia Saginata

A continuación hacemos un estudio de las curvas de comportamiento de cada parásito con respecto a la estaciones climáticas de la zona. Para ello los datos obtenidos fueron tabulados por cuatrimestres. Los lapsos 1,2,3 corresponden al año de 1996 y 4,5,6 al de 1997. (Ver gráfico #2)

Los cuatrimestres 1-4 corresponden a los meses de Enero, Febrero, Marzo y Abril, los cuatrimestres 2, 5 corresponden a Mayo, Junio, Julio, Agosto, los 3, 6 a Septiembre, Octubre, Noviembre y Diciembre.

Como antecedentes se recuerda que los meses de Enero, Febrero, Marzo, Abril, Mayo y Diciembre corresponden a la estación lluviosa y los de Junio, Julio, Agosto, Septiembre, Octubre y Noviembre a la de verano que rige en nuestro país. Se debe manifestar que en estos últimos años el presente calendario se ha visto afectado por fenómenos naturales que han modificado las estaciones.

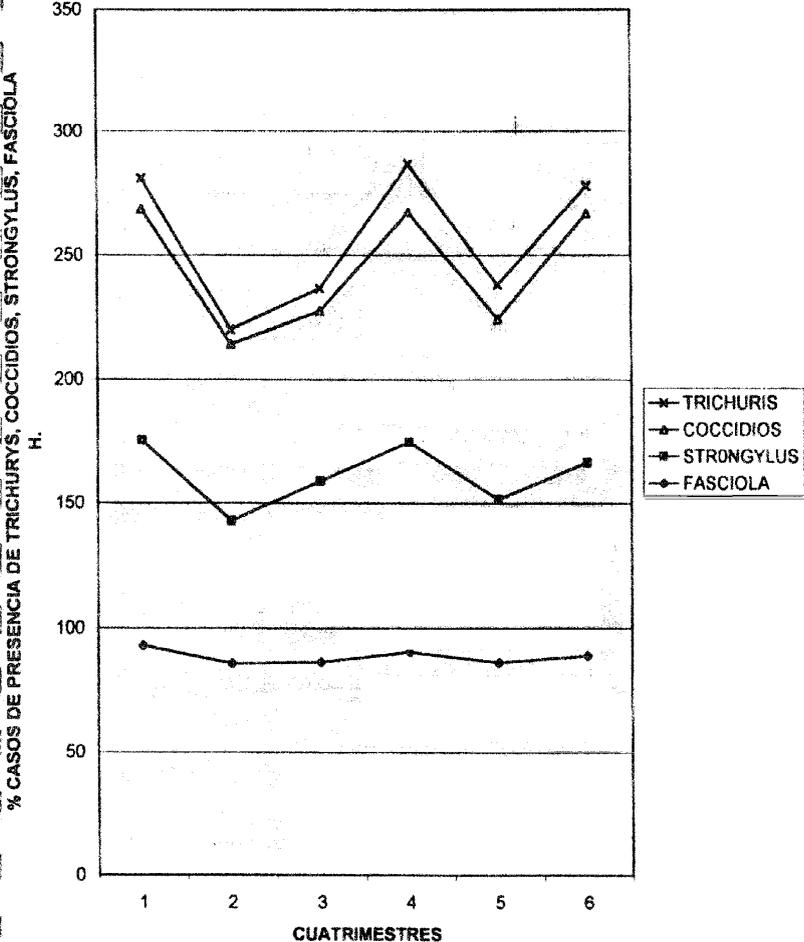
Para el estudio antes citado hemos agrupado a las curvas atendiendo a sus tendencias y así podemos observar que el gráfico #2 corresponde a Fasciola H, Strongylus, Coccidios, Trichurys, que disminuyen su prevalencia en la estación seca o de verano, aunque se puede observar que la prevalencia de estos parásitos es alta en todos los cuatrimestres como lo indica la curva. El incremento de estos parásitos en el invierno está vinculado a la influencia de la humedad en el ciclo biológico, especialmente de la Fasciola que necesita de un huésped intermediario como el caracol Limnea, el mismo que, para su supervivencia, necesita de un alto porcentaje de humedad.

Con respecto a los otros parásitos se puede deducir que el incremento de su prevalencia esta ligada a que en esos meses de lluvia los potreros se inundan y por lo tanto se contamina el pasto, produciendo reinfestaciones. Otro factor determinante en el Azuay para que la prevalencia sea alta en general, es el manejo zootécnico inadecuado especialmente entre los pequeños ganaderos en donde

no se realiza esparción de heces, un correcto drenaje de las aguas empozadas, no se respeta los días para el rebrote, etc.

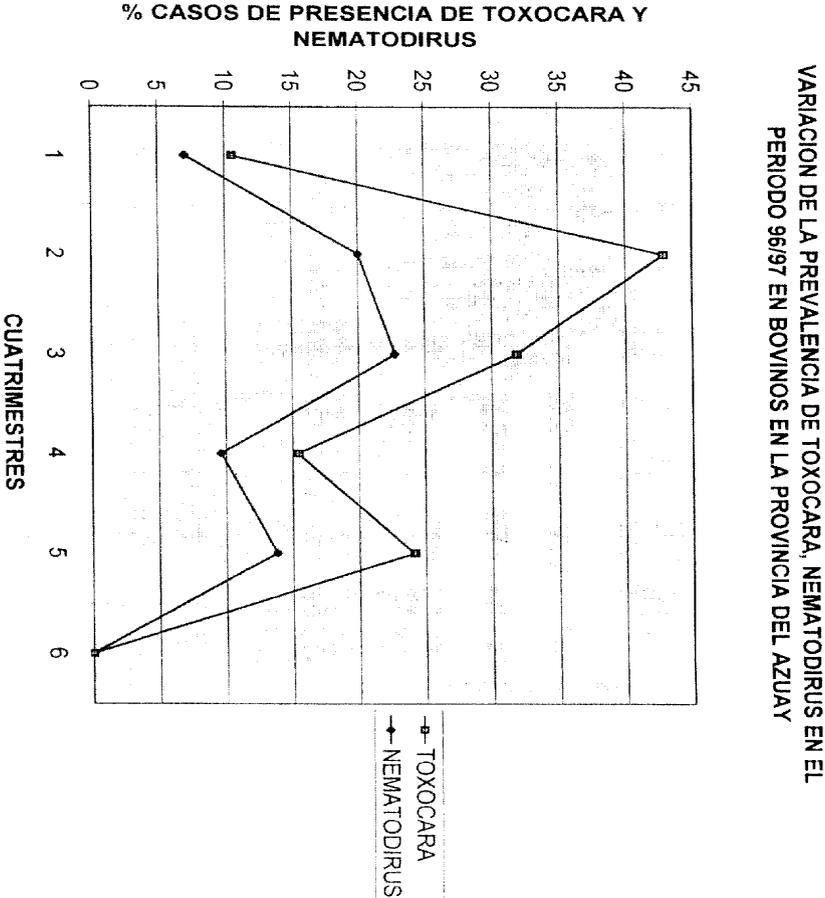
**Gráfico N° 2**

**VARIACION DE LA PREVALENCIA DE TRICHURYS, COCCIDIOS, STRONGYLUS, FASCIOLA-H EN EL PERIODO 96/97 EN BOVINOS EN LA PROVINCIA DEL AZUAY**



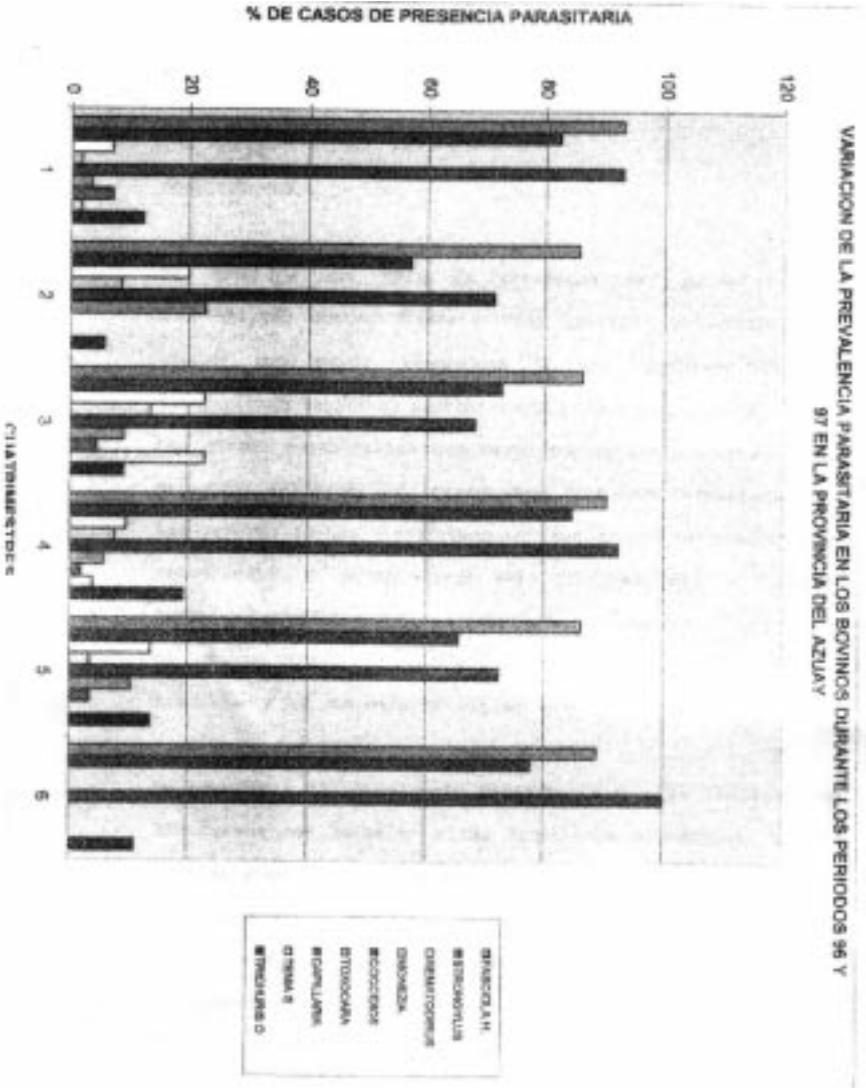
En el gráfico #3 encontramos el género Cooperia, Tenia, Capillaria y Monezia. Las curvas de comportamiento con respecto a las estaciones climáticas no muestran una tendencia con respecto a una u otra estación, diríamos que estos parásitos están de acuerdo al manejo zootécnico de la propiedades en las cuales se tomaron las muestras.

**Gráfico N° 3**



El gráfico #4 nos indica la prevalencia parasitaria de los diez géneros parasitarios en los seis cuatrimestres que corresponden a los años 1996-1997 en la provincia del Azuay en la especie bovina.

**Gráfico N°4**



## CONCLUSIONES:

Se concluye que para la provincia del Azuay se han identificado cuatro clases y diez géneros de parásitos que atacan con mayor frecuencia a los bovinos causando alteraciones hepáticas, gastrointestinales y pulmonares.

Las clases parasitarias que mayor porcentaje presentan en la provincia del Azuay son: Tremátodos, Protozoarios y Nemátodos.

Los géneros se han clasificado en tres grupos de acuerdo a su prevalencia. El primer está integrado por la Fasciola hepática, Coccidios y Strongylus. El segundo, conformado por los Nematódyrus, Trichurys y Ascaris y el tercero y último, por Monezia, Tenia, Cooperia y Capillaria.

De acuerdo a la prevalencia parasitaria y a la tendencia de las curvas con relación a las estaciones climáticas se han llegado a establecer tres agrupaciones.

El primer grupo Fasciola, Coccidios, Strongylus y Trichurys; éstos tienen una prevalencia alta durante todo el año, pero se incrementa en la época lluviosa. El segundo, formado por Ascaris y Nematódyrus, tiene un comportamiento diferente al anterior ya que su mayor prevalencia está en el período seco. El tercer grupo, al que pertenece el género Cooperia, Tenia, Capillaria y Monezia, se caracteriza por tener una tendencia variable y no está ligado a las estaciones climáticas sino a diferentes factores.

La necesidad de una concientización por parte de los involucrados en la ganadería como son los profesionales y ganaderos en lo referente a los exámenes coproparasitarios, con cierta frecuencia daría la oportunidad de conocer acerca de los géneros parasitarios que con mayor frecuencia se presentan en los hatos ganaderos y en que estaciones climáticas su incidencia se vería incrementada. De esta manera, se podrán identificar formas para tener bajo control las

parasitosis en nuestro medio y evitar las grandes pérdidas económicas como las que suceden actualmente.

## **RECOMENDACIONES:**

- 1) Realizar investigaciones más frecuentes con la finalidad de reportar e identificar especies parasitarias propias del Azuay.
- 2) Tomar conciencia acerca de la importancia que tienen los análisis coproparasitarios por parte de técnicos y ganaderos.
- 3) Antes de realizar tratamientos antiparasitarios se debe conocer con exactitud que parásito se está tratando y elegir el medicamento.
- 4) Los técnicos y los ganaderos deben implementar medidas de manejo adecuadas que posibiliten bajar la carga parasitaria.
- 5) Los propietarios no deben descuidarse de este problema tan importante como la parasitosis ya que ello ocasiona pérdidas económicas cuantiosas.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

E. J. L. SOULSBY  
PARASITOLOGIA Y ENFERMEDADES PARASITARIAS EN LOS ANIMALES DOMESTICOS

JOSE MARIA TORAZANA VILAS  
MANUAL DE TÉCNICAS DE PARASITOLOGIA VETERINARIA

D. THIENPONT F, ROCHETTE O.F. J. VANPARJS  
DIAGNOSE VAN VERMINOSE DOOR KOPROLOGISCH ONDERZOEK

N. ENLHORN; D. DUWEL, W. RAETHER  
MANUAL DE PARASITOLOGIA VETERINARIA

R. LEVENTHAL, R. F. CHEADLE  
PARASITOLOGIA MEDICA

CREA  
PLAN DE DESARROLLO REGIONAL 1998-1992 (TOMO I – II)

# ANEXOS

PREGUNTA	ADMINISTRATIVA	TÉCNICA	ECONÓMICA	SOCIAL	CULTURAL	MORAL	POLÍTICA	RELIGIOSA	OTROS
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13	1	1	1	1	1	1	1	1	1
14	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15	1	1	1	1	1	1	1	1	1
16	1	1	1	1	1	1	1	1	1
17	1	1	1	1	1	1	1	1	1
18	1	1	1	1	1	1	1	1	1
19	1	1	1	1	1	1	1	1	1
20	1	1	1	1	1	1	1	1	1
21	1	1	1	1	1	1	1	1	1
22	1	1	1	1	1	1	1	1	1
23	1	1	1	1	1	1	1	1	1
24	1	1	1	1	1	1	1	1	1
25	1	1	1	1	1	1	1	1	1
26	1	1	1	1	1	1	1	1	1
27	1	1	1	1	1	1	1	1	1
28	1	1	1	1	1	1	1	1	1
29	1	1	1	1	1	1	1	1	1
30	1	1	1	1	1	1	1	1	1
31	1	1	1	1	1	1	1	1	1
32	1	1	1	1	1	1	1	1	1
33	1	1	1	1	1	1	1	1	1
34	1	1	1	1	1	1	1	1	1
35	1	1	1	1	1	1	1	1	1
36	1	1	1	1	1	1	1	1	1
37	1	1	1	1	1	1	1	1	1
38	1	1	1	1	1	1	1	1	1
39	1	1	1	1	1	1	1	1	1
40	1	1	1	1	1	1	1	1	1
41	1	1	1	1	1	1	1	1	1
42	1	1	1	1	1	1	1	1	1
43	1	1	1	1	1	1	1	1	1
44	1	1	1	1	1	1	1	1	1
45	1	1	1	1	1	1	1	1	1
46	1	1	1	1	1	1	1	1	1
47	1	1	1	1	1	1	1	1	1
48	1	1	1	1	1	1	1	1	1
49	1	1	1	1	1	1	1	1	1
50	1	1	1	1	1	1	1	1	1
51	1	1	1	1	1	1	1	1	1
52	1	1	1	1	1	1	1	1	1
53	1	1	1	1	1	1	1	1	1
54	1	1	1	1	1	1	1	1	1
55	1	1	1	1	1	1	1	1	1
56	1	1	1	1	1	1	1	1	1
57	1	1	1	1	1	1	1	1	1
58	1	1	1	1	1	1	1	1	1
59	1	1	1	1	1	1	1	1	1
60	1	1	1	1	1	1	1	1	1
61	1	1	1	1	1	1	1	1	1
62	1	1	1	1	1	1	1	1	1
63	1	1	1	1	1	1	1	1	1
64	1	1	1	1	1	1	1	1	1
65	1	1	1	1	1	1	1	1	1
66	1	1	1	1	1	1	1	1	1
67	1	1	1	1	1	1	1	1	1
68	1	1	1	1	1	1	1	1	1
69	1	1	1	1	1	1	1	1	1
70	1	1	1	1	1	1	1	1	1
71	1	1	1	1	1	1	1	1	1
72	1	1	1	1	1	1	1	1	1
73	1	1	1	1	1	1	1	1	1
74	1	1	1	1	1	1	1	1	1
75	1	1	1	1	1	1	1	1	1
76	1	1	1	1	1	1	1	1	1
77	1	1	1	1	1	1	1	1	1
78	1	1	1	1	1	1	1	1	1
79	1	1	1	1	1	1	1	1	1
80	1	1	1	1	1	1	1	1	1
81	1	1	1	1	1	1	1	1	1
82	1	1	1	1	1	1	1	1	1
83	1	1	1	1	1	1	1	1	1
84	1	1	1	1	1	1	1	1	1
85	1	1	1	1	1	1	1	1	1
86	1	1	1	1	1	1	1	1	1
87	1	1	1	1	1	1	1	1	1
88	1	1	1	1	1	1	1	1	1
89	1	1	1	1	1	1	1	1	1
90	1	1	1	1	1	1	1	1	1
91	1	1	1	1	1	1	1	1	1
92	1	1	1	1	1	1	1	1	1
93	1	1	1	1	1	1	1	1	1
94	1	1	1	1	1	1	1	1	1
95	1	1	1	1	1	1	1	1	1
96	1	1	1	1	1	1	1	1	1
97	1	1	1	1	1	1	1	1	1
98	1	1	1	1	1	1	1	1	1
99	1	1	1	1	1	1	1	1	1
100	1	1	1	1	1	1	1	1	1

PERIODO	# DE HUEVOS	FASCIOLA H.	STRONGYLUS	NEMATODIUS	MONIEZIA	COCCIDIOS	TOXOCARA	CAPILLARIA	TENIAS	TRICHLINUS O	COOPERIA							
2	59	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0							
2	59	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0							
2	60	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0							
2	61	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0							
2	62	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0							
2	63	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0							
2	64	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0							
2	65	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0							
2	66	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0							
2	67	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0							
2	68	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0							
2	69	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0							
2	70	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0							
2	71	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0							
2	72	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0							
2	73	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0							
2	74	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0							
2	75	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0							
2	76	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0							
2	77	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0							
2	78	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0							
2	79	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0							
2	80	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0							
2	81	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0							
2	82	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0							
2	83	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0							
2	84	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0							
2	85	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0							
2	86	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0							
2	87	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0							
2	88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
2	89	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0							
2	90	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0							
2	91	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0							
2	92	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0							
positivos negativos	30	5	20	15	7	28	3	25	10	8	27	35	0	36	2	33	0	36

PERIODO	#DE MUESTRA	FASCOLA H	STRONGILUS	NEMATODORUS	MONIEZIA	OCCIDIOS	TOXOCARA	CAPILLARIA	TEMA S	TRICHTURUS O	COOPERIA
3	93	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
3	94	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
3	96	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0
3	96	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0
3	97	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0
3	98	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0
3	99	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0
3	100	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
3	101	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
3	102	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
3	103	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0
3	105	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
3	106	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0
3	107	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0
3	108	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
3	109	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
3	110	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0
3	111	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
3	112	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
3	113	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
3	114	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
3	115	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
positivos		19	16	5	3	15	2	1	5	2	2
negativos		3	6	17	19	7	20	21	17	20	20

PERIODO	AMINIBITIA	PASCUALI	STRONGIUS	MANICORUS	MOEFLA	COOCCOR	TOXOCANA	CIVILIANA	TEMA S	TRICHURUS O	COOCCIA
4	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0
4	2	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0
4	3	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0
4	4	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0
4	5	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0
4	6	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0
4	7	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0
4	8	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0
4	9	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0
4	10	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0
4	11	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0
4	12	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0
4	13	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0
4	14	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0
4	15	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0
4	16	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0
4	17	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0
4	18	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0
4	19	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0
4	20	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0
4	21	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0
4	22	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0
4	23	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0
4	24	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0
4	25	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0
4	26	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0
4	27	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0
4	28	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0
4	29	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0
4	30	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0
4	31	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0
4	32	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0
4	33	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0
4	34	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0
4	35	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0
4	36	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0
4	37	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0
4	38	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0
4	39	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0
4	40	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0
4	41	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0
4	42	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0
4	43	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0
4	44	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0
4	45	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0
4	46	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0
4	47	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0
4	48	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0
4	49	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0
4	50	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0
4	51	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0
4	51	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0
Positivos Ingenieros	47	5	44	47	48	48	49	51	50	42	51

PERIODO	DE MATERIA PASOCLA H.	STRONGYLUS	NEMATOPRUS	MONIEZIA	COCCIDIOS	TOXOCARA	CAPILLARIA	TENIA S	TRICHURIS O	COOPERIA
5	52	1	0	1	0	0	0	0	0	0
5	53	1	1	1	0	0	0	0	0	0
5	54	0	1	0	0	0	0	0	0	0
5	55	0	1	1	0	0	0	0	0	0
5	56	1	1	0	0	0	0	0	0	0
5	57	1	1	0	0	0	0	0	0	0
5	58	1	1	0	0	0	0	0	0	0
5	59	1	0	0	0	0	0	0	0	0
5	60	1	0	1	0	0	0	0	0	0
5	61	1	1	0	0	0	0	0	0	0
5	62	0	1	0	0	0	0	0	1	0
5	63	1	0	0	0	0	0	0	0	0
5	64	1	0	0	0	0	0	0	1	0
5	65	1	1	0	0	0	0	0	0	0
5	66	0	1	0	0	0	0	0	1	0
5	67	1	1	0	0	1	1	0	0	0
5	68	1	1	0	0	0	0	0	0	0
5	69	1	1	0	0	0	0	0	0	0
5	70	1	0	0	0	0	0	0	0	0
5	71	1	0	0	0	0	0	0	1	0
5	72	1	0	0	0	0	0	0	0	0
5	73	0	0	0	0	1	0	0	0	0
5	74	1	1	0	0	0	0	0	0	1
5	75	1	1	0	0	1	0	0	0	0
5	76	1	1	0	0	0	0	0	0	0
5	77	1	0	0	0	0	0	0	0	0
5	78	1	1	0	0	0	0	0	0	0
5	79	1	1	0	0	0	0	0	0	0
5	80	1	1	0	0	0	0	0	0	0
positivos	25	19	4	28	21	3	1	0	4	2
negativos	4	10	25	8	28	29	29	25	27	0

PERIODO	DE BUEYAS	PASCUAL H.	STRONGILUS	NEMATODORUS	MONENZIA	COCCIDIOS	TOXOCARA	CAPILLARIA	TEMINA S	TRICHELINIS O	COOPERIA
6	81	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
6	82	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
6	83	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
6	84	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
6	85	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
6	86	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
6	87	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
6	88	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0
6	89	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
positivos		8	7	0	0	8	0	0	0	0	0
negativos		1	2	9	9	0	9	9	9	8	9

# **LOS INVERNADEROS Y LA HORTICULTURA**

*Iván Guzhñay Z.*  
Ingeniero Agrónomo



Años atrás, recuerdo, se realizó una visita a cierto valle cálido de la sierra ecuatoriana y nos quedamos estupefactos con la utilización de ciertos rubros alimentarios de nuestro país; la cantidad de productos fitosanitarios para el manejo de cultivos de ciclo corto nos llenó de optimismo en el uso de otras tecnologías, que empezamos a aplicar en el austro ecuatoriano como es el de los invernaderos.

Al asistir a una charla dictada por agricultores e ingenieros de esta zona, en la cual se ponía énfasis a la inversión hecha por el agricultor, en nuestras mentes corría la justificación al uso irracional de los agroquímicos. Pero una vez terminada dicha charla y con la inocencia de nuestros agricultores, como muestra de su esfuerzo nos brindaron unos “deliciosos” frutos. Pero, al mismo tiempo, nuestra mente funcionó como un consumidor y al vernos en este gran dilema procedimos a guardarlos, para no causar malestar en los hospitalarios agricultores de esa zona.

Realizamos nuestro análisis desde el punto de vista puramente de manejo de plaguicidas y los resultados fueron sorprendentes. En la finca reunimos las fundas, botellas, tachos de fitosanitarios que utilizaron para ese cultivo y los resultados que encontramos fueron más de 15 productos diferentes y muchísimos repetidos, desde abonos foliares pasando por productos ditiocarbamatos hasta llegar a los fosforados. Pero no sólo eran los productos sino su forma de uso. Al oír las explicaciones de su utilización, estos eran aplicados cada 5 a 8 días, dependiendo de las condiciones climatológicas hasta en los mismos días de la cosecha. La inactivación de muchos de los productos para poder consumir está alrededor de los 14 días y otros de 21 días.

Al salir de allí todos permanecemos en silencio, como para darles

la razón de esa realidad o mejor dicho de su inversión; pero el debate surgió, acaso el consumidor no tiene voz ni voto, es un receptáculo en donde llenar la falta real del conocimiento de los manejos agroalimentarios. No faltó el que dijo, ¡bastaría con realizar un preparado con este producto para realizar un control eficiente de plagas y enfermedades!.

Pero el resultado del producto final obtenido, frutos, eran de baja calidad cuantitativa y cualitativa. En el lugar de embalaje presentaban decoloraciones, deformaciones, magulladuras y algunos con ataque de plagas y enfermedades, lo que nos da la idea de que los gastos en costos variables no daban los resultados esperados.

Por lo general en nuestros valles cálidos de la serranía, nuestros agricultores tienen terrenos de extensiones menores a 1 hectárea. Invierten en factores variables para la producción de cultivos de ciclo corto, como son en fertilizantes, el alquiler de la yunta, mano de obra ocasional y el rubro más alto son los plaguicidas. Pero son soñadores de la adquisición de una fortuna con estos cultivos, esperando un precio alto. Los resultados están a la vista: baja producción cuantitativa y cualitativa, precios al momento de la cosecha exageradamente bajos por una alta oferta (todos han sembrado al mismo tiempo), ambiente contaminado, suelo desgastado por la repetición del mismo cultivo y el uso exagerado de agroquímicos.

Esta era nuestra triste realidad; consumíamos o, por qué no decirlo, consumimos ciertos productos que no garantizan una seguridad agroalimentaria. La mayor parte de los ecuatorianos estamos viviendo la grave situación económica, simplemente nos hemos basado en el precio, mas no en la calidad del producto. No existen ni leyes ni instituciones que velen por esta seguridad alimenticia que deberíamos tener.

Al ver este panorama, empezamos a realizar el manejo de estos productos bajo otro criterio y así llegó la novedad de los invernaderos, aquella construcción en los primeros días de madera y plástico, hoy en la mayoría infraestructura de mayor duración como son las

metálicas, en el que se siembran cultivos hortícolas de gran rentabilidad como el tomate, babaco y algunas hortalizas de hoja y fruto. El concepto de invernadero, se enmarca en el de la agricultura protegida que es, como su nombre lo indica, el de proteger de ciertos factores de producción como son los climatológicos: la lluvia fuera de tiempo, cambios de temperatura, evitar granizadas; menor ataque de enfermedades como son las lanchas y que al suministrar el agua solo al suelo se evitan las mismas; la precocidad al elevar la temperatura del invernadero dando una producción en un periodo más corto y una serie de parámetros más que podría citar.

Como ventajas de un invernadero con relación a la horticultura citemos las siguientes:

- La función primaria consiste en la germinación de las semillas y el cultivo de especies delicadas como el tomate y otros frutos.
- Mejora la siembra o el trasplante debido a que se crean condiciones idóneas para esta labor.
- Mejor manejo del recurso agua, dependiendo del tipo de cultivo. Así el uso de la fertirrigación da resultados satisfactorios por la distribución homogénea de los nutrientes que el cultivo necesita.
- El control de malezas es más eficiente debido a la localización del riego, como también el acolchado eliminando el control manual o químico y evitando el daño del sistema radicular.
- Mejora la sanidad vegetal debido a que se dan las condiciones ideales de vida.
- Mejora la calidad del producto, referente a la cantidad y calidad organoléptica.(1)

Pero la llegada de esta tecnología, tan inusitada, en muchos de los casos no dio tiempo a que realmente sea aplicada para ser una alternativa productiva y es así que solo se la vio desde el punto de vista cuantitativo y se lanzaron números solamente: 3 plantas de tomate por metro cuadrado, con una producción media de 10 kilogramos por planta en 1000 metros cuadrados nos dan 30000 kilogramos de producción, a 30 centavos de dólar dando una cifra récord de 9000 dólares en un proceso productivo de menor tiempo, mientras que

cultivos tradicionales como el maíz que en el campo experimental alcanzarían los 600 kilogramos con un precio promedio de 60 centavos de dólar, nos daría una producción de 360 dólares. Lógicamente no estamos restando de los costos de producción, pero este es el ingreso bruto utilizando el recurso suelo.

Pero al hablar de costos de producción cabría mencionar cierto rubro, que es el de más trascendencia por su valor como es la infraestructura, igualmente mal encaminada y pensada como un rubro de costo fijo y no como un componente a largo plazo, variable, debido a la duración del plástico de invernadero (dos años).

Como podemos apreciar, muchas personas, no solo campesinos han optado por esta alternativa productiva, sino también de la clase media y alta, pero que igualmente han caído en la trampa de la inversión y así en algunas zonas se han levantado infraestructuras metálicas con duraciones de más de 10 años, llevados por el potencial productivo que se pregona con la horticultura protegida, igualmente han tenido que abandonar estas infraestructuras, por el problema de las rotaciones, que a más de la mencionada diríamos que en un mismo lugar no se pueden realizar más de 2 ciclos seguidos de la misma planta, salvo de que no se hayan presentado los problemas radiculares mencionados.

Como podemos apreciar, la construcción de los invernaderos debe regirse no a la cantidad de dinero que podamos invertir en infraestructura, sino basándonos en el parámetro más importante que es la rotación y los monocultivos que podamos realizar dentro del mismo. Se puede cultivar más años, nadie dirá que no, pero a qué costo. No solo el costo económico que implicará realizar el cultivo sino la pérdida del rédito neto que se habría calculado y sobretodo el ir contra el consumidor en su seguridad agroalimentaria.

Sorprende me llevé, cuando visité Verona (Italia) y ver que la infraestructura para los invernaderos eran sencillos pero sobretodo que tenían la facilidad de ser armados y desarmados cada año. Lógicamente que las condiciones son diferentes, pero ante todo la

idea central es común: que el suelo debe ser manejado bajo los parámetros de la rotación para obtener producciones óptimas. Así uno se sorprende de ver cultivos con grandes producciones y libres de plagas y enfermedades, en estructuras sencillas como los invernaderos tipo túneles, propuestos por nuestra institución desde algunos años atrás.

Pero sucede que la tecnología de los manejos tradicionales fue trasladada a este tipo de agricultura protegida, con las mismas técnicas y metodologías. Así cuando visitamos algunos invernaderos en el país, encontramos que se utilizan los mismo productos, dosificaciones, los mismos sistemas de aplicación. Por ende, no cambia el panorama de la seguridad agroalimentaria que se merece el consumidor

¿Pero qué es este sistema de agricultura protegida en la producción hortícola? Es el manejo de todos los factores de producción tanto fijos y variables para un determinado período de tiempo (máximo 3 ciclos productivos). Este sería un debate largo de afrontar, pero quiero centrarme sobre lo que me parece que no se ha puesto énfasis en es el manejo del recurso suelo para la horticultura.

Así podemos mencionar algunos de los motivos de la disminución de la producción que no están todavía bien definidos, mas las causas fundamentales de esta baja de producción son en síntesis las siguientes:

- El continuo absorbimiento de parte de las plantas de los mismos nutrientes.
- La exploración de la misma parte de suelo, siendo similar la forma y la extensión de la raíz;
- El aumento del daño provocado por los parásitos animales y vegetales que se multiplican muy activamente cuando viene repetido el mismo cultivo.
- La dificultad creciente de controlar las malezas que se vuelven cada vez más específicas en los cultivos y resisten a los herbici-

das químicos.

- El aumento en el suelo de sustancias que la planta bota o que derivan de la descomposición y las cuales pueden resultar tóxicas.

Pero vivimos otra realidad, acaso porque no los vemos, creemos que los problemas fitosanitarios del suelo solo con rezar pueden ser solucionados. Recuerdo ver con afán construir un invernadero a toda la familia; en la gran minga, todos colaboran. Los unos plantan los palos, otros ayudan a pelar los mismos y todos los niños corretean, se cansan de jugar, de pasar los martillos que sus padres dejan caer; pero como en la parte interior hay plantas de tomate de árbol, sacian con estas su sed. Mientras todos juegan, trabajan, halamos una planta y vemos la cantidad de nódulos de nemátodos presentes, consultamos a sus propietarios y obtenemos sonrisas y una mística respuesta: ...”lo que Dios quiera”.

¿Pero cuáles son los problemas que nos pueden acarrear estos cultivos? De estudios llevados en nuestro país vemos que tenemos suelos que son muy proclives a enfermedades radiculares o de la base del tallo como *Phytophthora* spp., *Pythium* spp., *Fusarium* spp., *Rosellinia necatrix* Prill., *Armillariella mellea*.; enfermedades que afectan al cambium (sistema conductor de la sabia): *Rhizoctonia* spp., *Verticillium dahliae*. Problemas bactericos: *Agrobacterium tumefaciens*, *Erwinia carotovora*, *Pseudomonas syringae* y *Pseudomonas viridiflava* entre otras. Pero no solo termina allí nuestro problema del suelo, sino a la par nos afectan plagas como los nemátodos y algunos gusanos tierreros. Todos estos están presentes en los suelos en que se han cultivado las plantas mencionadas, con mayor o menor grado de ataque.

Enfermedades de las hojas y del fruto en el campo: Mal blanco, Oidio, Lanchas causadas por *Alternaria* spp, Antracnosis causada por *Colletotrichum* spp, *Phomopsis* spp, *Botrytis* con sintomatologías de micelio grisáceo y la fumagina causada por *Capnodium* spp, etc.

Enfermedades de frutos en conservación: Pudriciones por *Botrytis cinerea*, *Rhizopus* spp., *Colletotrichum* spp., *Penicillium* spp., *Aspergillus* spp.(1)

Los métodos de control de los problemas radiculares son “fáciles”: Anteriormente se utilizaba el control químico con productos gasificantes como el bromuro de metilo, gas de un manipuleo sutil; en su aplicación amerita sellar completamente el suelo con plástico, para evitar el escape gas y, por supuesto, la idea es que elimine toda la fauna y flora microbiana del suelo, creando así un sustrato inerte. Tecnología accesible pero de repercusiones impredecibles desde el punto de vista ambiental y es así que se prohíbe en la actualidad esta tecnología en todo el mundo para el manejo hortícola, pero que en años anteriores fue una herramienta de trabajo para este sector y, valdría la pena recalcar, buscando simplemente el rédito neto presente.

Además de los dos mencionados anteriormente, se encuentra la solarización debido a que en el protocolo de Montreal de 1991 se ha definido al bromuro de metilo como una sustancia que contribuye al desarrollo del llamado “agujero de ozono” y su uso sufrirá restricciones hasta llegar hasta su completa abolición (Gullino y Gaubaldi, 1995). Debido a esto, en el mundo de la investigación se están individualizando técnicas alternativas: una técnica para “limpiar” sin el impacto ambiental es la solarización del terreno que emplea el calor natural generado del sol a fin de aumentar notablemente la temperatura del estrato superficial del terreno, (primeros veinte centímetros), cuando este viene cubierto con plástico de 0,03 mm. de espesor. La primera experiencia de solarización efectuada en Israel (Katan, et al 1976) demostró que la elevada temperatura (mayor a 50°C) produce el control de *Verticillium* y *Fusarium*, y el alargamiento del período de cobertura resultó proporcional a la eficacia.(1)

La temperatura que alcanza en el terreno durante la solarización es letal para los patógenos y las semillas de las malezas. Produce temperaturas de 50 a 55°C en la superficie y 40 a 45°C a la profundidad de 15 a 20 centímetros. A causa de la disminución de la

temperatura que se registra al aumentar la profundidad del suelo, la eficiencia de la solarización será escasa o nula a profundidades superiores a los 25 o 30 cm donde a veces es elevada la acción de un fumigante químico.

Para obtener una buena acción contra hongos, nemátodos e insectos parasíticos es necesario una cobertura con plástico transparente por al menos 50 a 60 días.

Los dos procesos antes mencionados se los realiza con una buena aireación del suelo y una capacidad de campo, luego de lo cual se colocan en el primer caso el gasificante y en el segundo caso se procede a sellar herméticamente con el plástico, el suelo. La humedad ayuda a la germinación de las malezas que son muertas en el primer caso por el gas y en el segundo caso por asfixia.

El tercer método de control todavía más sencillo, que no tiene costo alguno, mejora la fertilidad del suelo, es la rotación. Pero, ¿qué se entiende por rotación? De manera general, es la alternabilidad entre cultivos que tengan distintas necesidades y problemas.

Así en los cultivos solanáceos entre los cuales tenemos las papas, tomate, pimiento, berenjenas no se debe repetir por dos años seguidos este cultivo en el mismo terreno y no efectuar enseguida la sucesión de solanáceas. Se deberá seguir esta norma con rigor. Además será indicado no sembrar solanáceas luego de quenopodiáceas y aún de cucurbitáceas.

Lo que debemos conocer es que estas enfermedades y plagas del suelo pueden ser controladas con una rotación mínima de 4 a 5 años, sobretodo con cultivo de cereales; en nuestro caso del maíz o gramíneas de pastoreo (kikuyo, rey gras). Aquí está la piedra de tope, porque todo en la agricultura es una improvisación por la falta de conocimiento y por querer llegar a obtener este ingreso bruto alto por el uso del suelo. La educación y el asesoramiento deben ir encaminados a esto, de que la rotación no es una pérdida de un largo período de tiempo sino un control natural de estos problemas fitosanitarios,

que no solo bajará el ataque de los mismos sino que mejoraremos la fertilidad sobre la base de tener una gran biodiversidad de micro, meso y macro fauna y flora en el suelo.

Que para muchos agricultores es la camisa de fuerza en la producción (esperar tanto tiempo para realizar cultivos altamente productivos, ¡difícil!), porque como cualquier empresa busca el rédito neto presente y no un rédito neto a largo plazo. Así vemos en muchas zonas la construcción de un invernadero en lo que fue un cultivo de tomate de árbol, tomate riñón, papas, etc., por citar este ejemplo concreto.

En lo referente al control de las enfermedades y plagas de la parte aérea: se trata de cultivar respetando el medio ambiente y este es un gran desafío desde los años noventa, a través del mantenimiento de un equilibrio natural en el cultivo. Esto se lleva a cabo mediante una protección integrada de cultivos por medio de una serie de medios químicos seleccionados y de sustancias biológicas que combaten las plagas. Se trata de insectos, ácaros y otros microorganismos que actúan como enemigos naturales de las plagas; de este modo, se puede evitar que se produzcan daños económicos. Otros de los motivos importantes es el incremento de la comodidad en el trabajo, así como del rendimiento y de la productividad.(2)

En lo referente a las enfermedades aéreas es importante saber qué existen variedades resistentes o tolerantes a los parásitos vegetales o animales. Se puede afirmar que esta característica es importante porque los pequeños huertos están indefensos para controlarla.

En cuanto al tomate se puede indicar que se trabaja con híbridos que son semillas de primera generación derivadas del cruzamiento de dos o más selecciones llamadas líneas puras. Se distingue el símbolo de F1 (en algunos casos H). El híbrido permite obtener de manera precisa los objetivos indicados en la selección. Se puede verificar en esta variedad un comportamiento con fuerte capacidad

vegetativa, gran homogeneidad de la planta de elevado vigor. Constituir una línea pura y productos híbridos es una larga labor, delicada y compleja; por esta razón el precio de los híbridos es elevado.

Así para ilustrar en la confección de un sobre de tomate: Max son presentes los siguientes símbolos: F1-V, F2, N, ToMv. Así este híbrido es resistente a la verticilosis, fusariosis raza 2, nemátodos, virus del mosaico del tomate.(2)

Como podemos apreciar el manejo del suelo es lo primordial, razones entonces suficientes para que nuestro trabajo esté encaminado a mantenerlo.

Recuerdo a un extranjero comprando nuestros productos y la gran expresión de satisfacción de consumir un producto rico y único, según él, por sus características organolépticas. Que la globalización no nos trague en sus fauces consumistas, sino que seamos como en otros países poseedores de productos únicos que no sean producidos por las grandes transnacionales agroalimentarias.

El concepto de agricultura biosostenible, es de ser un tipo de agricultura que aprovecha simultáneamente los conceptos de la agricultura química, de la agricultura orgánica y de la agricultura biológica y los compagina para obtener un producto en donde el agricultor obtenga un buen rédito neto y el consumidor obtenga un producto sano, el cual sirva para una alimentación adecuada. Que no nos suceda cuando nos visiten, que igualmente tengan que guardar nuestros productos, para luego botarlos, sino que tengan la certeza de consumir un producto obtenido por medio de una agricultura biosostenible.

---

## NOTAS

- 1 Informatore Agrario. Revistas de Investigación. 1988-1989.
- 2 Koppert Biological Systems. F. Folleto sobre el control de plagas y enfermedades.
3. Vita in Campagna. Revistas de Asesoramiento técnico. 1998-1999.

**UNA NUEVA FORMA DE GESTIÓN DEL AGUA EN LOS  
ANDES ECUATORIANOS: LA CREACIÓN DEL  
CONSEJO DE LA CUENCA DEL PAUTE**

*Pablo Lloret Zamora*

Master en Salud y Medio Ambiente  
por la Universidad de Navarra, España



## **Resumen**

La visión de un manejo integrado de un territorio ha sido la base de la propuesta de gestión de los recursos naturales por cuencas hidrográficas; sin embargo, y a pesar de numerosos esfuerzos, esta visión no ha podido ser llevada a la práctica hasta el momento. La conformación del Consejo de la cuenca del Paute el pasado 5 de junio de 2002, mediante Decreto Ejecutivo, marca por tanto el inicio de una nueva e innovadora forma de gestionar los recursos naturales y el desarrollo en el Ecuador; Basada en el manejo integrado del agua aplicada a la cuenca hídrica logísticamente más importante del País, ya que abastece más del cuarenta por ciento de la energía consumida en el Ecuador, su creación, nacimiento, visión y misión, constituyen un caso que debe ser conocido, estudiado y, en lo posible, replicado. Es por tanto intención de este documento mostrar el proceso de nacimiento y el inicio de la consolidación de un espacio de gestión que intenta llevar a la práctica el manejo integrado del agua en una importante región del Ecuador.

## INTRODUCCIÓN

*“Gestión Integrada del recurso hídrico: Es el conjunto de políticas, normas, actividades operativas, administrativas, financieras y de control, así como todas las estrategias vinculadas, que deben ser ejecutadas por los actores involucrados en la cuenca para precautelar la disponibilidad del agua y demás recursos relacionados, enmarcados en los postulados de desarrollo sustentable. Buscando conciliar las acciones de aprovechamiento y manejo de los recursos hídricos.” (Basado en definición del GWP<sup>1</sup>).*

Este concepto de manejo integrado de un territorio, constituye una propuesta metodológica que se basa en la mediación de conflictos entre los usuarios del mismo Sin embargo el llevarlo a la práctica en un País como el Ecuador, con características como bajas gobernabilidad y cobertura de servicios básicos, inestabilidad económica, diversidad cultural, étnica y sobre todo una realidad social muy compleja, marcada por la emigración, desempleo, subempleo, puede llegar a convertirse en una tarea muy difícil.

La situación descrita puede, sin embargo, ser vista como muy familiar para muchos latinoamericanos que desafortunadamente comparten una o más de las características descritas. Es por esto que documentar una puesta en práctica de un proceso de esta naturaleza debería servir como aliciente a muchos gestores del ambiente, especialmente los que giran en torno al agua, para su análisis e interpretación, de forma que las lecciones aprendidas se conviertan en camino recorrido.

Es importante también indicar que en los últimos años, en esta región, se ha venido gestando una serie de procesos en el manejo del ambiente que de una u otra forma han creado una cultura diferente al resto del País, misma que ha llevado a crear una fuerte identidad de sus habitantes y el medio, su manejo y, sobre todo, su valoración. Entre los procesos más importantes podemos citar: Cuenca es la única ciudad del Ecuador que cuenta con un tratamiento de sus aguas residuales, con índices de cobertura cercanos al cien por cien;

único parque nacional que ha sido concesionado para su manejo, se encuentra en la región; se cuenta con uno de los pocos rellenos sanitarios con licencia ambiental en funcionamiento. El primer Consejo de cuenca hidrográfica, basado en un Convenio se conformó en una subcuenca del Paute. Estos hechos, entre los más relevantes, marcan una forma diferente de concebir la gestión y el manejo del ambiente; a esto se suma el trabajo científico que de una manera sostenida han venido desarrollando las Universidades de la región en la investigación, capacitación y educación de técnicos, profesionales y políticos, en la gestión de los recursos naturales, que entre una de las propuestas más extendidas han desarrollado la de gestión de cuencas a través del manejo integrado del agua.

La conjunción de estos factores ha generado un proceso de cuyos frutos más relevantes podemos citar el caso de la creación del Consejo de la Cuenca del Paute, que nos ocupa en este documento.

## **1. DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA**

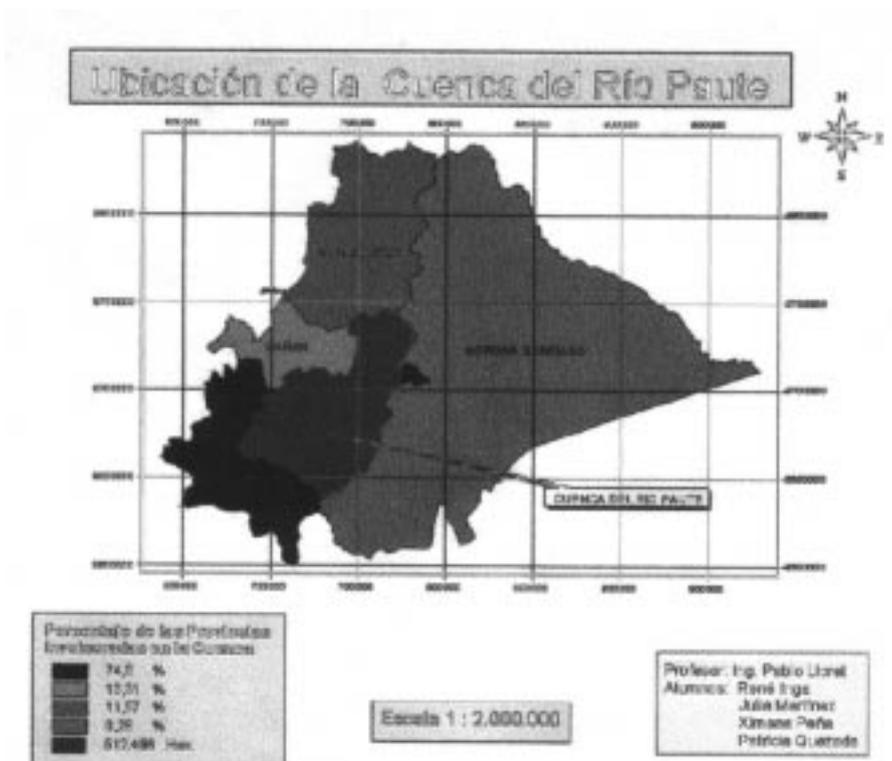
### **1.1. Ubicación geográfica**

La cuenca hidrográfica del Río Paute es la región Austral del Ecuador, ubicada entre las Cordilleras Oriental (límite este) y Occidental de los Andes (límite oeste); y entre los Nudos de Curiquingue (límite norte) y de Portete (límite sur).

Dentro de esta cuenca se localizan los siguientes cantones: Alausí en la provincia de Chimborazo, Azogues, Biblián y Déleg en la provincia del Cañar, Cuenca, Paute, Guachapala, El Pan, Sevilla de Oro, Gualaceo, Chordeleg y Sígsig, en la del Azuay.

Sus coordenadas de ubicación son:

Entre 2° 15' y 3° 15' de Latitud sur;  
Entre 78° 30' y 79° 20' de Longitud oeste  
(Fuente: UMACPA 1995:35)



Provincia	% Territorio	Provincia	% Población
Azuay	74.8	Azuay	80
Cañar	13.31	Cañar	15
Chimborazo	11.57	Morona Santiago	3
Morona Santiago	0.28	Chimborazo	1

Cuadro N° 1

## **1.2. SITUACIÓN SOCIO ECONÓMICA Y AMBIENTAL**

### **|1.2. Indicadores sociales y económicos**

En la cuenca del Río Paute habitan 620.420 personas, siendo el cantón Cuenca el más poblado (394.831 hab.) debido a que aquí se encuentra la ciudad de Cuenca que es la urbe más grande de todo el Austro Ecuatoriano, abarcando 63,64% de toda la población de la subregión. Le sigue en importancia el cantón Azogues (10,68% de la población) y Gualaceo (6,65%). El resto de cantones tiene individualmente menos del 5% de la población de la cuenca y en conjunto llegan a abarcar aproximadamente un poco menos del 20% de la población de la Hoya del Paute.

#### **1.2.2 Densidad Poblacional**

Las principales ciudades de la región como son el caso de Cuenca y Azogues tienen una densidad poblacional que fluctúa entre 10.000 y 50.000 hab./km. Otras áreas urbanas dentro de las ciudades de la cuenca del Río Paute tienen densidades poblacionales que oscilan entre los 5.000 y 10.000 hab./km.

Cuenca tiene la mayor tasa de crecimiento demográfico, la misma que es de 2,34%; este crecimiento se debe a que en este cantón, es la ciudad más grande y dinámica del Austro ecuatoriano; atrae flujos inmigratorios de otras localidades menores.

### 1.2.3 Educación

Cuadro N° 2  
**Alfabetismo**

<b>DIVISION POLITICA</b>	<b>ALFABETISMO &gt; 15 años (%)</b>
<b>Provincia de Chimborazo</b>	
Achupallas	43.96
<b>Provincia del Cañar</b>	
Azogues	84.30
Biblián	76.30
Déleg	76.30
<b>Provincia del Azuay</b>	
Cuenca	89.60
Paute	82.00
Guachapala	84.30
El Pan	86.00
Sevilla de Oro	89.00
Gualaceo	83.00
Chordeleg	83.00
Sígsig	83.00
<b>TOTAL</b>	<b>86.20</b>

Fuente: INFOPLAN (1990 – INEC<sup>2</sup>)

## 1.2.4 Pobreza e Indigencia

Cuadro N°. 3  
Incidencia de la pobreza en la Cuenca del Paute

DIVISION POLITICA	INCIDENCIA DE LA POBREZA (%)
<b>Provincia de Chimborazo</b> Achupallas	94.54
<b>Provincia del Cañar</b> Azogues	75.70
Biblián	73.84
Déleg	69.89
<b>Provincia del Azuay</b> Cuenca	51.94
Paute	75.28
Guachapala	78.78
El Pan	70.08
Sevilla de Oro	77.22
Gualaceo	75.29
Chordeleg	67.03
Sígsig	71.34
<b>TOTAL</b>	<b>60.43</b>

Fuente: INFOPLAN (1990 – INEC)

## 1.2.5 Indicadores ambientales

En la cuenca del Paute se sitúan los cantones de las provincias de Azuay, Cañar, Chimborazo y Morona Santiago. Tiene una superficie de 5.186 Km<sup>2</sup>, política y administrativamente forma parte de la provincia del Azuay en un 74,82%, de la provincia del Cañar en un 13,31%, de la provincia de Chimborazo en un 11,57% y el 0,28%

restante pertenece a la provincia de Morona Santiago. (UMACPA, 1995:35).

Del total de la superficie de la cuenca, el UMACPA<sup>3</sup> determinó para 1984 la siguiente estructura derivada de los efectos de la erosión:

Cuadro N° 4

GRADO DE EROSION	AREA (Has)	% DE LA SUPERFICIE
Severa – extensiva	180.000	25
Severa – intensiva	106.000	21
Cubierta de bosque	50.900	10
Sin erosión	228.850	44

Fuente: H. Consejo Provincial del Azuay

#### 1.2.5.1 Uso del Suelo

*En la cuenca del Paute, se han deforestado en la última década un promedio de 5.000 hectáreas por año, lo que nos da un total de cerca de 50.000 has menos de bosques<sup>4</sup>*

El cambio de uso del suelo es uno de los más importantes fenómenos antrópicos que deterioran los recursos naturales. En el caso de la cuenca del Paute, el avance de la frontera agrícola, el abandono de tierras de cultivos, la urbanización, entre otros, determinan que el suelo, el medio de acogida de la vida en la cuenca, sufra daños.

Cuadro N° 5

<b>USO DE SUELO</b>	<b>1991 AREA (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>1991 (%)</b>	<b>2000 AREA (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>2000 (%)</b>
Lagunas	15.46	0.30	108.69	2.15
Bosques	1462.85	28.54	1018.63	20.19
Pasto	547.56	10.68	458.15	9.08
Páramos	1536.84	29.98	1569.90	31.12
Eriales: Rocas tierras degrada- das, carreteras y vías, áreas resi- denciales.	216.23	4.22	235.05	4.66
Áreas de cultivo mezclas de pe- queñas parcelas de cultivos (maíz, fréjol) con pastos.	895.24	17.47	1091.70	21.64
Tierras abando- nadas, tierras in- fértiles para cul- tivar.	449.04	8.76	560.36	11.11
Lechugin (embalses)	2.59	0.05	1.69	0.03
<b>Total</b>	<b>5126</b>	<b>100%</b>	<b>5044</b>	<b>100%</b>

Fuente: DIFORPA - UDA<sup>5</sup>

De los cuadros N°. 5, 6 y 7 se notan los problemas relacionados con el uso del suelo, pues existe un avance de la frontera agrícola en detrimento de la zonas de bosque, aumento de las áreas bajo cultivo y de eriales; de continuar esta tendencia, los problemas relacionados como la erosión, la falta o disminución de la capacidad de captación

y retención de agua de la cuenca y su capacidad de producción se verán seriamente afectados.

A esto se suma los usos competitivos del recurso agua, potenciados por la adjudicación que del mismo realiza el Estado, pues al requerir una determinada cantidad de agua en un punto de la cuenca los usuarios la toman sin importar que el sobrante no abastezca al resto o quede como remanente en el río.

#### *1.2.5.6 Erosión*

El problema de la erosión se lo ha sentido a lo largo del tiempo como un fenómeno que va en aumento; prueba de ello es la creciente acumulación de sedimentos en la presa Daniel Palacios, parte de la central hidroeléctrica del Paute, ubicada al final de la cuenca. Este problema acarrea no sólo graves consecuencias al sector eléctrico, obligado a dragar su embalse, como al de servicios tanto de agua potable como de agua para la industria, ya que al deteriorarse la calidad, el tratamiento que debe dársele al agua se complica, se encarece o se vuelve imposible.

#### *1.2.5.7 Contaminación*

Los procesos de degradación del agua debidos a la contaminación se han ido acentuando en estas tres últimas décadas; la industria, el cambio de uso del suelo, el surgimiento de agroindustrias (plantaciones de cultivo de flores para exportación), minería, más la ausencia casi total de sistemas de tratamiento de aguas servidas domésticas en la zona rural (la zona metropolitana de la ciudad de Cuenca trata sus aguas desde el año 1999), los procesos de explotación del recurso agua para la generación hidroeléctrica, causan la disminución o desaparición de caudales remanentes en el río; esto ha agravado los procesos de contaminación, pues los caudales de dilución son mínimos.

En síntesis, los procesos de contaminación comparten sus

características con el resto del País, es decir, se dan problemas y situaciones parecidas que desembocan en una situación caótica de generación y control cuya solución no se vislumbra, a menos que se logre un modelo que al tiempo que lleve adelante el monitoreo, controle los vertidos.

Toda esta descripción de la cuenca del Paute nos lleva a pensar en la existencia de serios problemas en lo que se refiere a la conservación de los recursos naturales, y en especial del agua, factores que inciden en el desarrollo y finalmente en la calidad de vida de sus habitantes, por lo que se impone la necesidad de un nuevo modelo de gestión.

## **2. HISTORIA**

En abril de 1993 se produce el macrodeslizamiento del cerro Tamuga, en el sector de la Josefina, a raíz de lo que se crea mediante decretos ejecutivos el “Consejo de Programación de Obras Emergentes del Río Paute y sus Afluentes”, COPOE; este evento natural extremo causa una serie de impactos en la zona austral, que va desde la pérdida de vidas humanas hasta una depresión en el desarrollo del País, hecho este último cuantificado por el Banco Central del Ecuador, en sus informes anuales.

Con la creación del COPOE se intenta mitigar los impactos negativos de este evento natural extremo; se consigue entre otros logros, la donación de la Unión Europea para un Proyecto que como objetivos generales tiene los de la mitigación y de rehabilitación de la zona del desastre, este proyecto comienza en el año 1995 y termina en el año 2000.

Como lecciones aprendidas del funcionamiento del COPOE y del mencionado Proyecto, se desprenden entre las principales, las siguientes consideraciones:

- No existe una preparación en la zona austral para la ocurrencia

de fenómenos naturales extremos, por tanto la prevención de riesgos y su mitigación deben ser un tema prioritario.

- Existen problemas sociales profundos, que se pueden sintetizar en índices altos de pobreza, con énfasis en procesos marcados de emigración, salud, desempleo, falta de educación, mismos que inciden en los recursos naturales, como una forma de presión desmedida y difícil de manejar.
- El agua como recurso natural se ha convertido en el hilo conductor del manejo de otros recursos naturales, tales como el suelo y la biodiversidad; sin embargo, es el recurso más olvidado y cuya gestión es la más conflictiva.

De esta realidad, se desprende la necesidad de crear un organismo de gestión de los recursos naturales, que al tiempo que los conserve, proteja y preserve, se preocupe de la problemática social, principal elemento de presión hacia los recursos naturales.

Al ser el COPOE un organismo estatal, colegiado, con objetivos claros de manejo y gestión de los recursos naturales en una importante zona de la cuenca del Paute, se acordó transformarlo en un ente que reúna las características que se han descrito antes, es decir, democrático, que busque consensos y cuyo principal objetivo sea el de gestionar la disponibilidad futura del recurso agua.

Se concibe por tanto un ente de gestión que se convierta en un medio de resolución de conflictos, tanto entre los seres humanos con la naturaleza, como los producidos entre ellos mismos. Se requiere de una Institucionalidad competitiva, autónoma y de amplia convocatoria, que integre a los usuarios del agua, buscando su corresponsabilización ante el manejo del recurso.

Se trabaja con la sociedad de la cuenca del Paute, sus gobiernos seccionales, gremios, usuarios y en general los representantes de los sectores ligados a la explotación del recurso; al mismo tiempo, se sensibiliza al poder ejecutivo del País, para lograr un acuerdo en este

sentido, el mismo que llega en forma de decreto ejecutivo el 5 de junio de 2002, mediante el cual se nombra al COPOE como autoridad transitoria de la cuenca del Paute, y expedición de una Ley especial para la creación del Consejo de la cuenca.

A partir de la expedición del decreto, se trabaja la creación de la ley, se instaura un proceso participativo, de amplia convocatoria, que reúne a lo largo de seis meses, en foros, reuniones, congresos y eventos, a más de ciento cincuenta personas que representan a los usuarios y actores del cuenca, a fin de consensar un texto del cuerpo legal que los ha de regir a futuro.

Este proyecto de ley, culmina a mediados de noviembre con la elaboración del *Proyecto de Ley de Creación del Consejo de la Cuenca del Paute*, que se presenta en el Honorable Congreso Nacional para su conocimiento y aprobación, proceso que se inicia con el estudio del texto por parte de la Comisión de Salud y Medio Ambiente del H. Congreso, que en los primeros días de diciembre lo acepta y lo envía para su aprobación en primera.

### **3. LOGROS MÁS RELEVANTES**

Entre estos sistemas el camino recorrido por la sociedad del Austro del país, que la ha llevado al estado actual, en el que se prioriza y valora el ambiente, a través de la correcta gestión de sus recursos.

La creación de nuevos modelos de gestión en los que al tiempo que se genera desarrollo, se preserva el ambiente.

El conocimiento del ambiente, sus recursos y su problemática, hechos que han llevado a la creación de figuras legales que amparen el manejo racional de los recursos naturales de la zona.

El proceso participativo y pluralista que ha desembocado en la búsqueda y logro de consensos entre actores y usuarios del agua en

la cuenca del Paute, para la creación de un organismo rector de la gestión ambiental del agua en la cuenca.

El inicio de proyectos que con el carácter de pilotos valida formas alternativas de gestionar los recursos naturales, especialmente el agua, para que su conservación y correcto aprovechamiento estén asegurados.

#### **4. ¿QUÉ FALTA POR HACER?**

Validar la autoridad de la cuenca del Paute ante la sociedad, mediante el logro de objetivos que vayan encaminados a un correcto aprovechamiento del recurso a lo largo del tiempo.

Emprender procesos de aseguramiento a largo plazo de la cantidad de agua ofertada por la cuenca, su manutención y eventual aumento.

Iniciar procesos de caracterización de la demanda de agua en la cuenca del Paute, para su correcta gestión en miras de lograr su optimización.

Elaborar un plan hídrico de la cuenca del Paute, que con el conocimiento de la oferta y demanda del recurso, pueda prever a largo plazo su óptima gestión.

Elaborar un plan de ordenamiento territorial de la cuenca, que con la correponsabilidad de los actores y usuarios se lo acepte y cumpla.

Elaborar un plan de desarrollo de la cuenca que con los insumos descritos anteriormente, los integre e implemente de forma que el desarrollo y la conservación en la cuenca se den de una forma efectiva y coherente.

Lograr la aprobación por parte del H. Congreso Nacional del Proyecto de ley de creación del Consejo de la cuenca del Paute.

## 6. CONCLUSIONES

Si se quiere iniciar la solución del desbalance entre la explotación y la conservación de los recursos naturales, es necesario lograr concretar propuestas innovadoras, que conlleven un compromiso político, puesto que, las soluciones técnicas por sí solas no son suficientes.

Las propuestas deberán contener una amplia convocatoria de actores y usuarios, única garantía para que el proceso se valide por sí mismo, y garantice su continuidad y pertinencia.

La problemática ambiental por su complejidad y tamaño requiere la participación de todos: instituciones, personas y organizaciones ligadas directa o indirectamente al aprovechamiento de los recursos, única forma válida de conseguir su involucramiento y efectiva participación.

---

### NOTAS

1. GWP Global Water Partnership <http://www.gwpforum.org>
2. INEC Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos
3. UMACPA Unidad de manejo de la cuenca del Paute
4. Fuente: DIFORPA UDA
5. Universidad del Azuay DIFORPA Proyecto Diversidad Forestal de la cuenca del Paute

## 7. BIBLIOGRAFIA

CAMAREN Consorcio **Documentos de trabajo**, módulos, 1996

CATIE **Estrategias modernas para la gestión ambiental de manejo de cuencas**, Turrialba, Costa Rica 1998

CATIE, **El desarrollo integral de cuencas hidrográficas y la participación de la comunidad rural**, PROYECTO REGIONAL DE MANEJO DE CUENCAS PRMC, Turrialba, Costa Rica, 1987

CEPAL, **Ordenamiento Político Institucional para la Gestión del Agua**, 1998

CEPAL, **Informe del II Taller de Gerentes de organismos de cuenca en América Latina y el Caribe**, 1997

CEPAL, Dourejeanni Axel Solanes Miguel, **Bases para la estructuración de un sistema de gestión de cuencas**, 1995

CEPAL, Dourejeanni Axel, **Fases básicas para la estructuración de una entidad de cuencas**, 1995

CEPAL, Dourejeanni Axel Solanes Miguel, **Bases para la estructuración de un sistema de gestión de cuencas**, 1995

CEPAL, Dourejeanni Axel, **Sistematización de acciones de manejo de cuencas: secuencia tentativa**, 1995

CEPAL, Dourejeanni Axel, **Clasificación de los enfoques de gestión de cuencas**, 1996

CNRH / ECUADOR **Características Principales de los sistemas hidrográficos en el Ecuador**, 1997.

CNRH / ECUADOR **Estrategia para el manejo de los recursos hídricos en el Ecuador**, 1997.

Consejo de la Cuenca del Río Machángara / **Pautas del Plan de Desarrollo Estratégico 2001**

Dourejeanni Axel, Oberti, **Principios para elaborar un plan de protección de cuencas**, **Boletín Técnico No. 11** Dirección General de Aguas y Suelos, Ministerio de Agricultura y Alimentación, Lima. Perú, 1979

Dourejeanni Axel, **Gestión de recursos hídricos en el Perú: Restricciones y Soluciones**” Debate Agrario: Análisis y Alternativas No. 4, Perú, 1988.

Dourejeanni Axel, Santa María Tomás, **Políticas de gestión para el desarrollo de cuencas y microrregiones alto andinas**, **Gestión para el Desarrollo de cuencas de alta montaña en la Zona Andina**, Chile 1988.

Guevara Pérez Edilberto, Universidad de Carabobo, Venezuela, **Manejo de cuencas** CEPAL / 1996

Lloret Z. Pablo **Cuencas Hidrográficas**, Consorcio para la Capacitación en el Manejo de los Recursos Naturales Renovables en el Ecuador CAMAREN/ 2000.

Nardin D. **Silvicultura y extensionismo en el manejo de cuencas altas: estrategias para el desarrollo sustentable**, Instituto Italo Latinoamericano, Roma, 1994

Natura Fundación, **Acciones de desarrollo en zonas de influencia de áreas protegidas**, 1991

Ministerio del Ambiente, Venezuela, Curso Taller “**Desarrollo y Gestión de cuencas hidrográficas**”, 1994

Ministerio de Relaciones Exteriores del Ecuador, **La gestión ambiental en el Ecuador**, 1993

Odum E. P. Sarmiento F. O. / **Ecología** / Mc Graw-Hill, 1998.



# LOS PÁRAMOS DE AZUAY Y CAÑAR

*Omar Delgado*  
Ingeniero en Minas  
*Edwin Zarate*  
Biólogo



## 1. INTRODUCCIÓN

Muchos son los beneficios, ambientales y económicos, que ofrecen los páramos a las comunidades humanas. En éstos nacen los ríos que son utilizados para el abastecimiento de agua potable, riego y, en algunos casos, para la generación de energía eléctrica. Por ejemplo el río Paute, que genera el 60 % de la energía consumida en el país, nace en los páramos de los flancos internos de las cordilleras de las provincias de Azuay y Cañar. El Machángara genera el 75 % de la energía que abastece a las provincias de Azuay, Cañar y Morona Santiago (con excepción de Molleturo, Azogues, La Troncal, Gualaquiza) nace en los páramos del occidente de la ciudad de Cuenca. Por esto, los páramos son considerados como cisternas debido a que son centros de condensación y almacenamiento de agua que alimentan los cursos de quebradas y ríos. Desde el punto de vista económico son ampliamente utilizados para el pastoreo y plantaciones forestales y en algunos sectores para la agricultura. Son áreas que albergan una gran diversidad de especies que mantienen un equilibrio ambiental y que tienen usos medicinales, forrajeras, etc. Estos beneficios se ven amenazados cada día por la sobre-utilización y destrucción que se da a este ecosistema. Problema que se agudiza por la falta de manejo y reglamentación que regule dichas actividades. Responsabilidad que estaría en manos de los gobiernos seccionales y usuarios directamente.

Para poder dar un buen manejo a cualquier área es necesario disponer de ciertas herramientas como cartografía, características de la vegetación y la información del tipo de uso (entre otras), que se están dando a estos ecosistemas. Por otro lado, si esta información se encuentra dentro de un sistema de información geográfica, la gestión se facilita puesto que estas herramientas son un soporte de

información y de análisis espacial muy versátil y rápido para realizar consultas y, además, se puede actualizar la información fácilmente.

Como resultado de la investigación se presenta el mapa de páramos de Azuay y Cañar, mapas temáticos de algunos parámetros físicos y un análisis muy sucinto de las actividades que se realizan en esta zona de vida; a más que la información está integrada en un sistema de información geográfica que permitirá en la consulta de información de algunos aspectos ecológicos y cartografía, con la finalidad de emplearla en la conservación de este ecosistema

## **1.1 Justificación**

Resultan limitados los intentos por caracterizar los páramos del sur desde todo punto de vista: extensión, características florísticas, condiciones ecológicas, tipo de uso, etc. En el caso de la extensión, Cañadas (1983) menciona que en el Ecuador 1.81% del área nacional está cubierta por páramo, mientras que el Proyecto Páramo estimó en 5% la superficie cubierta por este ecosistema. Esta delimitación o estimación del área se complica por los criterios que se utilizan para el efecto. Si se utiliza el criterio altitudinal sabemos que en el norte del país el páramo comienza a los 3500 m s.n.m. mientras, que en el centro-sur comienza alrededor de los 3300 m, y en el extremo sur (Loja) comienza inclusive por debajo de los 3000 m. Estos cambios suceden de forma gradual y no son marcados. Sierra (1998) menciona que el límite de este cambio altitudinal de 3500 a 3300 m sucede a los 3° de latitud sur, es decir un poco al norte de la provincia del Cañar, situación que es verificada en este trabajo. Otros factores que complican la estimación del área son las técnicas cartográficas y la escala a la que se ha trabajado. Esto puede ser mejorado con el uso de imágenes de satélite de mayor resolución espacial al empleado en este estudio y, mejor aún, con fotografías aéreas, combinado con criterios como altitud y fisonomía de la vegetación.

En el caso de las provincias de Azuay y Cañar se ha visto la

importancia de contar con información de base de este ecosistema de alta montaña. Necesidad que fue planteada en la primera reunión de la Mesa de Trabajo de Páramos de estas dos provincias, en donde participan instituciones gubernamentales y no gubernamentales.

## **2. OBJETIVOS**

El objetivo general del presente estudio es elaborar un diagnóstico de los páramos de Azuay y Cañar mediante el uso de información bibliográfica, cartografía, sensores remotos y estudios de campo.

Para cumplir con este propósito se han trazado los siguientes objetivos específicos:

- Elaboración de información cartográfica temática de los Páramos de Azuay y Cañar: mapas físico, extensión y ubicación, político, hidrológico, tipos de páramo, climático y relieve.
- Determinar el tipo de uso que se da a los páramos.
- Implementación de un Sistema de Información Geográfica de los páramos de las provincias de Azuay y Cañar.

## **3. LOS PARAMOS EN EL SUR DEL ECUADOR**

### **3.1 Definición y delimitación de los páramos**

La definición que se ha tomado para los páramos abarcan los aspectos: botánicos, ecológico y geográficos.

Los páramos, están constituidos por la región comprendida entre el límite superior del bosque continuo hasta la línea de las nieves permanentes; son praderas de clima frío carentes de árboles o con pequeños parches, ubicadas en regiones de alta montaña en el norte de los Andes, en Venezuela, Colombia y Ecuador. Existen también áreas relativamente pequeñas en Panamá y Costa Rica. Algunos

autores mencionan que existe páramo en el norte de Perú, pero otros clasifican, a estas regiones, como “jalca” y se dice que son ecosistemas de transición entre el páramo y la puna (ecosistema de alta montaña con un clima seco comparado con los páramos) existente en Perú y Bolivia (Sánchez, 2000; citado en Medina, Mena y Hofstede, 2001).

En el Ecuador los límites del páramo son un poco difíciles de establecer, puesto que éste varía de acuerdo a factores climáticos. Las regiones exteriores de las cordilleras son más húmedas y este factor favorece a que los bosques suban un poco más y por lo tanto el páramo comienza más arriba que en zonas menos húmedas. Por otro lado las vertientes orientales son más húmedas que las occidentales; esto quiere decir que los páramos de las regiones orientales comienzan más arriba que las occidentales. Otro factor que influye mucho en los aspectos climáticos es efecto de montaña; cuando las cordilleras son más angostas y aunque sean más bajas, se da una fuerte compresión de las masas de aire que están subiendo; esto produce un mayor enfriamiento y condensación de la humedad. En el Ecuador, en la región sur, las cordilleras son más angostas y más bajas, razón por la que en la provincia de Loja los páramos comienzan por debajo de los 3000 m s.n.m. A manera de conclusión podríamos decir que el límite inferior de los páramos está determinado por fenómenos climáticos, que a su vez son influenciados por factores geográficos y físicos de las cordilleras.

### **3.2 Tipos de páramo**

Como todo ecosistema, los páramos presentan diferencias a nivel de composición florística y también, hasta cierto punto, fisonómicas. Muchas de estas diferencias se dan por las historias evolutivas. La región centro norte del Ecuador presenta diferencias con la del sur debido a las barreras geográficas que se han presentado y por el volcanismo, cuaternario en el norte y terciario en el sur (más antiguo). En los períodos interglaciares los valles interandinos constituyen barreras por que tienen condiciones climáticas diferentes a los páramos, mientras que en los periodos glaciales (el último

hace 13000 años) éstos tenían condiciones parecidas a los páramos, mientras que los nudos, que normalmente unen las cordilleras y constituyen las zonas por donde pueden dispersarse las especies paramunas, de una cordillera a otra, son una barrera por que tenían glaciales (Hofstede, 1998). Esto ha determinado que existan cuatro regiones florísticas en la Sierra ecuatoriana, dividida por el valle interandino, que marca las diferencias entre este y oeste y por el nudo del Azuay y nudo Portete Tinajillas (que delimitan el valle Girón-Paute), que marcan las diferencias entre norte y sur.

Algunas han sido las clasificaciones ecológicas que se han realizado para el Ecuador; las más importantes han sido las de Acosta Solís (1966), Harling (1979) y Cañadas (1983), esta última utilizada incluso hasta la actualidad. Sierra *et al.* (1999) establece una clasificación más actualizada para el Ecuador continental (lo que denomina tipos de vegetación), puesto que ha utilizado, datos de muestreos de vegetación y tecnología satelital para definirlos. Además consideró al Ecuador en tres regiones (Costa , Sierra y Amazonía) y en dos subregiones (Norte - Centro y subregión Sur). Este presenta una clasificación de cinco tipos de páramos de los cuales cuatro existen en la subregión Norte y Centro del país (Páramo herbáceo, P. de frailejones, P. seco y P. de almohadillas) y dos en la subregión sur (P. herbáceo y P. arbustivo). Además de estos tipos de vegetación alto andinas, Sierra establece o clasifica la región Gelidofitia (sobre los 4700 m) y herbazal lacustre montano alto (vegetación riparia de las lagunas de alta montaña o de sus alrededores próximos).

Esta clasificación ha sido mejorada por el Proyecto Páramo, pues establecen que en el Ecuador existen por lo menos 10 tipos de páramos (Páramo Arbustivo de los Andes, Páramo de Frailejones, Páramo de Pajonal, Páramo Herbáceo de Almohadillas, Páramo Herbáceo de Pajonal y Almohadillas, Páramo Pantanoso, Páramo Seco, Páramo sobre Arenales, Superpáramo, Superpáramo Azonal) (Mena, Medina y Hofstede, 2000). Pero en las provincias de Azuay y Cañar solamente se registra Páramo de Pajonal (equivalente a

páramo herbáceo en la clasificación de Sierra y sus colaboradores).

### **3.3 Importancia de los páramos**

La función del ecosistema paramuno se puede catalogar en “hidrológica” porque son la fuente de agua para las poblaciones andinas, “ecológica” por su flora endémica y su paisaje único, y “económica” porque es la fuente de alimentos y de otro tipo de recursos para las poblaciones próximas o que viven allí.

Los páramos y bosques andinos son fundamentales para la regulación de la hidrología a nivel regional y constituyen la única fuente de agua para la mayoría de las poblaciones localizadas en las partes bajas de los Andes. El páramo es el ecosistema más sofisticado para el almacenamiento de agua debido principalmente a la gran acumulación de materia orgánica y a la morfología de las plantas, que actúan como una verdadera esponja; sin embargo se debe aclarar que los páramos no son fábricas de agua sino que retienen y regulan los volúmenes de precipitación que reciben, que se caracterizan por no ser abundantes sino constantes a lo largo del año. El agua retenida empieza a correr formando corrientes de agua más y más caudalosas que riegan las tierras bajas, eventualmente el agua que cayó sobre el páramo regresa a la Amazonía y al océano, cerrando un ciclo hidrológico.

La importancia ecológica de los páramos radica en su gran diversidad paisajística incluyendo nevados, lagunas, lagos, pajonales y bosques de altura; la diversidad biológica y el endemismo conllevan beneficios que se resumen en valores éticos de conservación de especies en un ecosistema tan especial y rico; los valores culturales refieren a la relación que varios pueblos han establecido con los páramos para poder desarrollar su sociedad. Finalmente, ligada a todo esto está la posibilidad de la investigación de los páramos dentro de diversas disciplinas como la biología, antropología, energética, biotecnología, etc.

Las características de los suelos, el clima adverso y la necesidad de proteger el recurso hídrico, hacen de los páramos no aptos para

realizar actividades, sin embargo dentro de un contexto económico se han venido llevando a cabo por parte de los pobladores de zonas aledañas a estos ecosistemas actividades como la agricultura mediante la siembra de ciertos cultivos, y ganadería que es principalmente extensiva de ganado vacuno, ovino, caprino y equino. En términos económicos ésta opción es mejor que la agricultura, pero de la forma en la que se la practica actualmente trae muchas consecuencias secundarias que resultan muy costosas si las monetarizamos. Igualmente en los páramos se hace forestación con especies como el pino para la producción de madera y la venta posterior de los árboles, constituyendo muy buenos réditos dentro de la economía de los campesinos que han optado por esta actividad.

### **3.4 Impactos de las actividades humanas sobre el ecosistema páramo**

Los páramos forman un ecosistema muy complejo y útil gracias a las funciones que brindan a la sociedad, como el constituir el principal regulador del sistema hídrico del país que incluye agua potable, agua para riego y/o para generación hidroeléctrica; por su importancia ecológica; y, finalmente brindan espacio para ejercer actividades agropecuarias. Por este último aspecto, los páramos hoy en día están sujetos a varios niveles de intervención humana, que lo han transformado en una diversidad de paisajes (Hofstede, 2001).

#### **3.4.1 La quema**

Es sin duda una de las actividades humanas más practicadas en los páramos y que afecta directamente grandes superficies, las razones para quemar el páramo son varias, siendo una de las principales el quitar la paja y provocar rebrotes para el ganado. También se usa el fuego para cacería de conejos que huyen del calor, para la preparación de terrenos para cultivos, para la forestación y hasta por razones de creencia o míticas (para hacer que llueva, para que los brujos adivinen eventos, etc.)

En el páramo muchas plantas como la paja mantienen sus hojas muertas dentro de su estructura que consiste de materia muerta y seca que se quema bien; sin embargo, la masa de hojas secas es tan densa que las llamas difícilmente alcanzan el nivel de los meristemas de la paja, esta es la razón por la cual la paja puede volver a crecer con vigor; otros tipos de especies también sobreviven de manera relativamente fácil a una quema, como arbustos rastreros y almohadillas, mientras que otras sí desaparecen pero rebrotan rápidamente de su base, de esta manera dentro de unos meses después de una quema la vegetación del páramo es verde, vigorosa y hasta renovada con mucho material joven y floreciendo. Así que se puede llegar a la conclusión de que la vegetación del páramo está adaptada a la quema (Laegaard 1992, Ramsay y Oxley 1996; citado en Mena, Medina y Hofstede, 2001). Pero la verdad es que la vegetación no está adaptada a la quema sino a condiciones climáticas extremas y esas adaptaciones ayudan coincidentalmente a tolerar la quema. Sin embargo, las especies como la paja se vuelven cada vez más vulnerables a las condiciones climáticas y a nuevas quemas.

La quema abre espacios para que muchas semillas puedan germinar, pero las hierbas nativas están adaptadas a germinar bajo la sombra de la paja por lo que las hierbas exóticas son las que aprovechan para crecer; así, muchas de las flores que se observan después de la quema no son las típicas del páramo (Verweij 1995; citado en Mena, Medina y Hofstede, 2001).

Después de una quema el suelo queda descubierto y pierde su capa aislante y así en la noche las temperaturas son mayores como consecuencia existe una mayor evaporación y el suelo tiende a secarse. Se estima que apenas después de ocho a diez años el nivel del ecosistema se recupere por lo menos parcialmente, pero en algunos casos, el páramo recibe una nueva quema mucho antes de que se haya recuperado totalmente, a menudo el pajonal es quemado cada 2 a 4 años y ésta probablemente es la razón de por qué la quema aporta a la degradación, pues con quemas repetitivas el resultado es un ecosistema más pobre, con la colonización de

muchas especies no nativas y con menos arbustos porque no se logra la regeneración natural de varias especies de ellos.

### **3.4.2 Impacto de la ganadería**

El problema de la quema en la sierra está directamente ligado a la ganadería, especialmente de ovinos y bovinos; esto es muy negativo especialmente si las quemas son muy frecuentes y si existe además un sobrepastoreo (Aguilar *et al* 2000).

En el páramo la mayoría de las plantas no resiste al pisoteo ni a la alta herbivoría, en especial los rumiantes tienen una buena capacidad de encontrar las hojas más tiernas, pero para ello arrancan mucho material vegetal y como la mayoría de la vegetación del páramo no tiene un valor nutritivo muy alto, los animales necesitan mucha energía para su metabolismo en los climas fríos; por consiguiente, comen relativamente mucho. La paja resiste al consumo de hojas mientras sus meristemas estén protegidos; sin embargo, éstos pueden sufrir daños cuando las reses pisan la paja.

El efecto directo del pastoreo sobre el suelo es el pisoteo que compacta el suelo; esta compactación es causada por el peso de los animales, ya que el suelo del páramo es suelto y suave, por lo que se puede compactar fácilmente, cuando esto sucede hay menos espacio para que entre el agua y se pierda la capacidad de retención de agua afectando al ciclo hidrológico, así mismo en un suelo compacto hay mayor posibilidad de escorrentía superficial y erosión durante las lluvias.

Asimismo, los pantanos de los páramos también sufren consecuencias de la presencia de ganado, que entra en ellos y generalmente los degrada y contamina (Censat agua viva, 1999)

### **3.4.3 Impacto de los cultivos**

La agricultura en el páramo es relativamente reciente, dado que en el páramo, por el frío, no es el área apropiada para cultivos; sin embargo, hay cultivos que se dan en las alturas (papas, habas, cebada), y se cultiva simplemente por necesidad, especialmente después de las reformas agrarias; además, en muchas comunidades se ha perdido las tierras por sobreuso, por aumento de la población, etc. (Mena, Medina y Hofstede, 2001). Hay que destacar que las quemas se las realiza también con fines de ampliación de la frontera agrícola; es decir que se quema el pajonal para luego introducir el arado e implementar los cultivos (Aguilar *et al.* 2000).

Para la preparación de los terrenos para el cultivo en el páramo, se arranca toda la vegetación y se vuelca el suelo; al realizar este volteo se liberan muchos nutrientes resultando en una productividad inicial alta, después de la primera cosecha el suelo pierde características quedando con una baja disponibilidad de nutrientes, pérdida de materia orgánica; conjuntamente el uso de pesticidas influencia considerablemente la capacidad de retención de agua y la calidad de agua superficial e infiltrada. (Mena, Medina y Hofstede, 2001).

La desaparición de la vegetación protectora causa una exposición del suelo al aire y aumenta la evaporación del agua en la parte superficial; este efecto es muy significativo porque los suelos que se encuentran en la mayoría de los páramos son poco desarrollados, se secan irreversiblemente y no recuperan su morfología original, cuando las prácticas agrícolas son repetitivas, sin períodos de descanso, este ciclo de sequía puede resultar en suelos secos, arenosos y con pérdidas significativas de materia orgánica (Hofstede, 1997).

#### **3.4.4 Impacto de la forestación**

Existe otro peligro para los páramos que es la forestación casi únicamente con especies exóticas que se consideraba como un beneficio pues se creía que al plantar árboles en el páramo aumentaba la cobertura vegetal y con ello más aporte de materia orgánica al suelo, pero desafortunadamente las investigaciones evidencian

que en el ecosistema paramuno hay varios impactos nocivos, se retira parte de la vegetación existente y se produce disturbios en el suelo, igualmente efectos aún más importantes se producen durante el crecimiento de la plantación. Especies como el pino (*Pinus* spp.) consumen demasiada agua, disminuyen el rendimiento hídrico y finalmente secan el suelo. La cantidad de ligninas que tienen las acículas de los pinos, sumado a la disminución de entrada de luz y calor por el dosel de los árboles, provocan un efecto perjudicial sobre la actividad microbiana; en consecuencia las tasas de descomposición bajan notablemente, esta acumulación de hojarasca vuelve a los suelos poco productivos y no se dan los procesos óptimos para el reciclaje de nutrientes del ecosistema (Chacón, 1997). Así que el suelo bajo plantaciones de pino será menos orgánico y menos humífero. En varios estudios se confirma una importante reducción de caudales en aquellas cuencas donde el pajonal fue transformado por la implementación forestal de pino (Hofstede, 1997).

Las amplias áreas con plantaciones de especies exóticas de rápido crecimiento como el pino y el eucalipto (*Eucalyptus* spp.) tienen mucha influencia sobre la vegetación nativa, la hojarasca del eucalipto posee ciertos fenoles que inhiben el crecimiento de otras especies, por lo que no se puede desarrollar sotobosque bajo una copa de eucaliptos ni de pinos, muchas veces esas copas no dejan pasar los rayos de luz al piso (Mena, Medina y Hofstede, 2001).

## **4. METODOLOGIA**

### **4.1 Cartografía base y temática**

El análisis y elaboración de mapas de pendientes, aspectos, relieve, fueron elaborados a partir del modelo digital del terreno que tiene como base la topografía 1:250000.

El mapa climático fue realizado mediante una extrapolación a partir de un mapa de puntos generado en el programa Arc View 3.2, con el comando Interpolate Grid. Previamente se generó una base

de datos en la hoja de cálculo EXCEL, con la ubicación (coordenadas UTM), nombre de la estación y los valores de la precipitación media anual. Esta base de datos, se la exportó al programa para la generación del mapa. La información fue tomada de los anuarios meteorológico publicados dentro del convenio INERHI–CREA (1981) que contiene información de 1964 a 1978.

## **4.2 Mapa de páramos**

Este fue elaborado a partir del análisis de la imagen satélite Landsat5 TM del 9 de enero del 2000, utilizando el programa Idrisi32. Con motivos de verificar el límite inferior del páramo el análisis fue realizado a partir de los 3000 m s.n.m.

Las imágenes fueron georeferenciadas utilizando 37 puntos de control. Luego se realizó una máscara para retirar las áreas que se encuentran por debajo de los 3000 m. Con las bandas recortadas y georeferenciadas se procedió a realizar los realces correspondientes. La clasificación se la realizó utilizando el comando isoclust, se utilizaron las 6 bandas (1, 2, 3, 4, 5 y 7) obteniendo 15 clases. Luego se identificaron las clases, agrupándolas de acuerdo a los diferentes tipos de cobertura.

Las clases utilizadas fueron: páramo, bosque, pastos y nubes (para no considerarlas en el análisis). La agrupación de las clases se fundamenta en la toma de datos de campo utilizando mediciones con GPS.

## **4.3 Actividades humanas**

Para identificar las actividades humanas se efectuaron revisiones bibliográficas y visitas de campo a los páramos del PN El Cajas, Nabón (Shiña y Chunasana), Yanuncay Irquis, y Culebrillas.

## **5. LOS PÁRAMOS DE AZUAY Y CAÑAR**

### **5.1 Características físicas del área de estudio**

#### **5.1.1 Ubicación**

Las provincias de Azuay y Cañar se encuentran en la región austral del Ecuador, dentro de las coordenadas geográficas, 78°15' W y 79°45' W y 2°10' S y 3°40' S.

La superficie de estas provincias en su mayoría se encuentra dentro de la Sierra y en menor proporción en la Costa. Sus capitales son las ciudades de Cuenca y Azogues. La provincia del Azuay cuenta con 14 cantones y con una población de 598504 habitantes. La provincia del Cañar tiene 6 cantones y una población de 206953 habitantes. Entre las dos abarcan un área de 1'117736 ha (Azuay 800845 ha y Cañar 316530 ha) (INEC, 2002).

#### **5.1.2 Relieve general**

La cordillera de los Andes atraviesa a las provincias de Azuay y Cañar de norte a sur y su ancho que oscila entre 100 - 120 km cubre en su mayor parte a estas provincias. Las vertientes externas muy abruptas de más de 4000 m de desnivel, desembocan tanto en el Pacífico como en el Atlántico, tal como ocurre con la Cuenca hidrográfica del río Cañar y Paute respectivamente.

En estas provincias los grandes volcanes desaparecen, a diferencia de las provincias del norte. La cordillera de los Andes, conformada por la cordillera occidental y oriental, presenta ondulaciones monótonas, entre 3600 y 4700 m. Entre estas cordilleras, se desarrollan valles interandinos entre los 2600 y 1800 m, y a su vez, las cordilleras están unidas por cadenas montañosas que reciben el nombre de nudos. Estos nudos se presentan en el sur de la provincia del Azuay en el sector del Portete y recibe el nombre de Portete

Tinajillas y, a la altura, de la ciudad de Paute, el nudo de Buerán, que ha sido cortado por el río Paute en su paso a la región oriental. En la provincia del Cañar se localiza el nudo del Azuay que limita a las provincias de Cañar y Chimborazo y además, delimita la cuenca hidrográfica baja del río Paute, en el sector de Rivera (embalse de la presa Daniel Palacios - Paute).

En dirección NE - SO se desarrollan dos valles interandinos paralelos. El primero se extiende desde la ciudad de Biblián, Cuenca y Girón, sin perder de vista que entre Cuenca y Girón existe la presencia del nudo de Portete - Tinajillas. El segundo valle interandino se inicia en la ciudad de Paute, pasa por Gualaceo, Sígsig y se extiende hasta Saraguro en Loja y de la misma manera en el sur del cantón Sígsig existe la presencia del Nudo Portete – Tinajillas.

Las Provincias de Azuay y Cañar cuentan con regiones costeras y de alta montaña, razón por la cual los rangos altitudinales van desde los 50 a los 4600 m s.n.m. En la Tabla 1 claramente se evidencia que la mayoría de la superficie de las provincias (78%) se encuentra en los rangos superiores a los 2000 m, lo que afirma lo expuesto anteriormente que estas dos provincias se encuentran principalmente en la Sierra. Algo que es importante recalcar es que 27% de la superficie está sobre los 3300 m. Esto significa que los páramos ocupan una gran extensión (302202 ha) en las dos provincias.

**Tabla 1. Área y porcentaje de la superficie existente en seis rangos altitudinales en las provincias de Azuay y Cañar.**

Rango de Elevación	Área (ha)	Área (%)
50 - 1000 m	100017.3	8.96
1000 - 2000 m	144197.8	12.92
2000 - 2800 m	295882.7	26.51
2800 - 3300 m	273824.2	24.53
> 3300 m	302202.3	27.08

Para analizar el relieve en las provincias se establecieron rangos de pendientes en grados y se estimaron las áreas y porcenta-

jes que estas representan en la superficie total. En la Tabla 2. podemos observar que las áreas con pendientes de 0 a 12 ocupan la mayor cantidad del territorio. Luego las áreas con pendientes entre 12 a 25 son las que le siguen en importancia.

**Tabla 2. Área y porcentaje de la superficie presente en cuatro de rangos de pendientes en las provincias de Azuay y Cañar.**

Rango (en grados)	Area (ha)	Area (%)
0-12	580927.0	54.9
12-25	317183.4	30.0
25-50	156186.6	14.8
>50	3906.5	0.4

### 5.1.3 Relieve de los páramos y condiciones ecológicas

Las pendientes aparte de condicionar el drenaje de las aguas tienen efectos sobre la distribución de los seres vivos. Así podemos observar que existe cierto tipo de vegetación que se adapta a los diferentes rangos de pendientes. En los páramos estudiados, los escasos parches de bosques se desarrollan en pendientes pronunciadas y tienen árboles muy retorcidos y achaparrados; en las pendientes demasiado pronunciadas, donde ya no existe suelo, sólo ciertas comunidades rupícolas se desarrollan como líquenes, musgos y otras como las bromelias y epifitas que aprovechando las grietas pueden crecer. En las colinas, sin importar muchas veces la magnitud de la pendiente, la paja es la especie dominante, sobre todo en zonas que tienen buen drenaje; mientras que, en las partes planas principalmente al final de los valles, en donde los suelos presentan mucha humedad, encontramos las turberas o pantanos. Además, alrededor de las lagunas casi siempre encontramos un tipo de vegetación que Sierra (1999) denomina herbazal lacustre.

Los suelos de los valles siempre presentan condiciones de humedad más elevadas que el suelo de las colinas, porque el drenaje no es bueno y porque los suelos almacenan gran cantidad de agua.

En estos sitios es común, como ya se mencionó anteriormente, encontrar las denominadas turberas que constituyen verdaderas reservas o reservorios de agua, además de las lagunas que existen. Analizar el rango de las pendientes de las zonas que se encuentran sobre los 3000 m, nos puede dar una idea de la cantidad de zonas con turberas en los páramos de las 2 provincias (ver Tabla 3).

**Tabla 3. Superficies de áreas existentes en cuatro rangos de pendientes sobre los 3000 m en las provincias de Azuay y Cañar.**

Rango (en grados)	Area (ha)	Area (%)
0-12	276828.6	61.1
12-25	126410.4	27.9
25-50	49038.6	10.8
50-75	788.8	0.2

No se debe subestimar a las zonas que tienen pendientes pronunciadas en lo que se refiere a la retención de agua, puesto que éstas también la almacenan y poco a poco la van escurriendo a las zonas más bajas.

#### 5.1.4 Geología

El levantamiento de la cordillera de los Andes tiene como consecuencia la deriva del continente sudamericano hacia el oeste, lo que provocó la colisión entre placas de la corteza continental o escudo guayano-brasileño y la placa oceánica. Este empuje provoca la fracturación del escudo y de la placa oceánica.

En la edad cretácica, fracturas de la placa oceánica dieron lugar al ascenso del magma profundo y a una intensa actividad volcánica que se manifestó por la emisión de abundantes lavas básicas que llegaron a formar el potente zócalo conocido como «Complejo Volcánico Piñón» en la zona litoral, o «Macuchi» en la Cordillera Occidental. En tanto, los bloques cristalinos fracturados del escudo,

en parte metamorfoseado por la compresión, empezaron a surgir paulatinamente (Atlas del Ecuador, 1982).

En este momento se individualizan dos grandes zonas geológicas que dividen al país: una con substrato de rocas volcánicas básicas en las zonas litoral y centroseptentrional de la Cordillera Occidental y la segunda con un substrato de rocas cristalinas en la parte oriental de la Cordillera Occidental y rocas metamórficas localizada en la Cordillera Oriental. Entre las cordilleras occidental y oriental se extienden cadenas montañosas que las unen y reciben el nombre de nudos, cuya composición en las provincias de Azuay y Cañar es de tipo volcánico cristalino similar a la de la cordillera Occidental.

En las hoyas, que están delimitadas por las cordilleras y los nudos, se desarrollan los valles interandinos cuya formación es sedimentaria, que proviene de los procesos erosivos mientras se levantaban los Andes, hace 40 Ma y alcanzando la altura actual hace 4 Ma.

### **5.1.5 Suelos**

El volcanismo ha determinado una diferencia marcada en los suelos del norte y sur del Ecuador. Aunque en los dos casos son de origen volcánico, en el norte y centro son suelos derivados de cenizas volcánicas recientes denominados Andosoles. El límite sur que alcanzaron las cenizas volcánicas se encuentra aproximadamente a la altura de la ciudad de Cuenca. Entonces, las provincias de Azuay y Cañar coinciden con el límite del volcanismo reciente y antiguo, por lo que gran parte de los suelos existentes en estas dos provincias, especialmente los ubicados sobre los 3000 m s.n.m., pertenecen al grupo de suelos derivados de material o cenizas volcánicas (Andosoles). En la Sierra sur del Ecuador, el volcanismo terminó en el Pleistoceno por lo que (al sur de Cuenca) son suelos mas antiguos y derivados de rocas metamórficas meteorizada, llamados *Inceptisoles*, que también son de origen volcánico pero que han sufrido muchas transformaciones (Podwojewski y Poulénard, 2000;

citado en Medina y Mena, 2001).

En cuanto a características físicas de los Andosoles, una de las más representativas es que el color del horizonte superior es negro y rico en materia orgánica, superando los 20 cm de espesor; la abundante cantidad de materia orgánica se debe a que los páramos tienen un clima frío y húmedo, lo que reduce la actividad biológica y como consecuencia la mineralización de la materia orgánica baja; esto ha permitido su acumulación en grandes cantidades. Tienen una buena tasa de humedad que se debe, más, que a la cantidad de lluvia (varía entre 500 y 3000 mm/año), a las constantes precipitaciones ocultas como neblina, lloviznas, etc. Son suelos porosos por lo que su densidad aparente es muy débil ( $<0,9$ ), la tasa de retención de agua es muy alta y tienen pH ácido que está relacionado con la presencia de gramíneas como *Calamagrostis*, *Festuca spp.* En el sur la capa de suelo es más delgada y son un poco menos fértiles que los suelos del norte. (Podwojeski y Poulénard, 2000).

### **5.1.6 Parámetros físicos de los páramos de Azuay y Cañar**

Los páramos de Azuay y Cañar se encuentran principalmente en la cordillera occidental. El límite inferior se determinó, en base a la definición presentada, que comienza entre los 3300 y 3400 m. En el extremo sur oriental de la provincia del Azuay, en los cantones Nabón y Oña, se observa que los páramos comienzan entre los 3000 y 3200 m, debido seguramente al efecto de “montaña”.

La superficie total de páramos en estas dos provincias es de 238744 ha. En la del Azuay los páramos ocupan aproximadamente 161269 ha, lo que constituye el 20 % de su área total, mientras que, en la provincia del Cañar existen 77475 ha; esto representa el 23 % de su área. Estas cifras están considerando solamente las zonas de pajonal, mas no los bosques y las lagunas que existen también en esta zona de vida.

**Tabla 4. Área de tipos de cobertura sobre los 3000 m s.n.m. en las provincias de Azuay y Cañar.**

<b>Descripción</b>	<b>Area (ha)</b>
Páramos	238744
Bosques sobre los 3000 m	172464
Lagunas	1569
Pastos	4604
<b>Total</b>	<b>417381</b>

Un aspecto importante de resaltar es la presencia de pastos en zonas por arriba de los 3400 m en la cordillera occidental, sobre todo en la zona norte (zona de Pindilig y un poco menos en la zona de Culebrillas y alrededores) y sur (Yanuncay - Irquis, en donde existen haciendas ganaderas) (Ver mapa de Páramos).

Se pudo constatar que casi todos los cantones de las 2 provincias poseen áreas de páramo, siendo los que más extensión poseen: Cuenca, Cañar, Azogues y Sígsig (ver Tabla 5 y Mapa de páramos).

Estos valores son diferentes a los que se presenta en el mapa de páramos, debido a que en éste se considera solamente a las áreas cubiertas por las praderas (pajonales) y no se considera los bosques (montano alto, bosques de polylepis y chaparros).

**Tabla 5. Áreas de páramo por cantón**

Cantones de la Provincia del Azuay	Área (ha)
Sevilla de Oro	2252
Cuenca	90578
Paute	947
Guachapala	90
El Pan	1247
Gualaceo	3858
Chordeleg	1813
Santa Isabel	9624
Pucará	7177
Sígsig	15369
San Fernando	4183
Girón	6026
Nabón	8642
Oña	5457
<b>Total</b>	<b>157263</b>

Cantones de la Provincia del Cañar	Área (ha)
Cañar	52723
La Troncal	0
Azogues	10873
El Tambo	2017
Biblián	8265
Déleg	608
<b>Total</b>	<b>74486</b>

### 5.1.7 Hidrografía

Las principales cuencas hidrográficas existentes en las dos provincias son las de los ríos Paute (5120 km<sup>2</sup>, drena hacia Atlántico), Jubones (4148 km<sup>2</sup>, drena hacia el Pacífico) y Cañar (1860 km<sup>2</sup>, drena hacia el Pacífico).

### 5.1.8 Clima

El promedio de temperatura de los páramos en Azuay y Cañar esta alrededor de los 8 °C, pudiendo, en ciertas épocas del año, presentarse mínimas que estén por debajo de 0 °C en las noches y temperaturas máximas superiores a los 20 °C en el día. La humedad relativa oscila entre el 80%.

La cantidad y patrones de precipitación en los páramos varía de

acuerdo a la posición geográfica. En este punto se analiza la cantidad (medias mensuales) de lluvia que cae en las diferentes regiones cubiertas de páramo en las dos provincias. De los datos de precipitación se observa que los páramos más húmedos o que presentan una precipitación mayor a los 2000 mm, son los ubicados en la zona nororiental de las cuencas de los ríos Juval, Pulpito y en las zonas altas próximas a Arenales. Esto se explica por la influencia Amazónica debido a que es en esta región donde el río Paute rompe la cordillera para desfogar sus aguas hacia la zona oriental. Esto permite que la lluvia orográfica, proveniente de la amazonía, se presente e influya a toda esta región. Conforme se aleja de esta zona de influencia amazónica, los páramos disminuye la cantidad de precipitación. En la región central la precipitación fluctúa entre los 800 a 1100, con excepción de ciertas áreas, como en el flanco oeste de la cordillera occidental y otras áreas relativamente pequeñas en el este de esta misma cordillera, que tienen una precipitación anual entre los 1100 a 1400 mm. Los páramos del sur son más secos presentan precipitaciones entre los 500 a 800 mm; esto tiene sentido puesto que debe existir una influencia de las partes secas del desierto del río Jubones y de la zona de Nabón.

## **5.2 Actividades humanas en los páramos de Azuay y Cañar**

### **5.2.1 Uso de los páramos**

Se han encontrado evidencias de que los páramos han sido utilizados desde hace unos 10000 años atrás. El límite del bosque con respecto a la altitud en páramos, al parecer ha sufrido un retroceso en los últimos 300 años, debido a la influencia humana; esta tesis está reforzada por estudios palinológicos realizados en Perú por Hansen y Rodbell (1995) y en Ecuador por Hooghiemstra et al. (1997) (citados en Hofstede, 1998) que han demostrado que el límite del bosque estaba más arriba de lo que actualmente está.

En las provincias de Azuay y Cañar las principales actividades

que se realizan en los páramos, en orden de importancia son: la ganadería, agricultura, construcción de vías, canales de riego, piscicultura y cultivo de especies exóticas (pino y ciprés). Por la forma como se realizan estas actividades se están produciendo graves daños a las propiedades funcionales (hídrica, ecológica, productiva) que tiene este ecosistema. Por lo que se presentan conflictos de los usuarios con las instituciones que están preocupadas de gestionar el recurso hídrico y conservacionistas.

La tenencia de la tierra, de los páramos de Azuay y Cañar, se encuentra principalmente en manos de comunidades y particulares (haciendas). Posiblemente las comunidades, organizadas hasta la fecha, que han utilizado los páramos desde hace mucho tiempo atrás, son las existentes en la provincia del Cañar, específicamente las que tienen sus tierras en las proximidades de laguna de Culebrillas; de donde nace el río San Antonio, muy importante ya que de esta cuenca se toma el agua para 14 sistemas de riego, 1200 usuarios que utilizan para riego tradicional y es la fuente de agua para el cantón el Tambo (Robles, 2001). Se cree que algunas de ellas están organizadas desde los tiempos de los Cañaris.

Robles (2001), establece que el límite superior de los páramos hasta donde se cultiva, en la zona antes mencionada es alrededor de los 3600 m debido a que más arriba el clima ya no lo permite. Este límite altitudinal coincide con otros sectores como en la zona de Soldados, en la provincia del Azuay, que se encuentran cultivos aproximadamente a esta altura, esto también se observa en la zona del pantano de Shagri (divisoria de aguas del río Machángara – río Déleg), en donde se está cultivando e introduciendo pastos incluso a más de los 3600 m.

Los páramos eran ampliamente utilizados por los hacendados, pero luego de la reforma agraria el uso por parte de las comunidades se vuelve más fuerte. En algunas regiones se organizaron comunidades o cooperativas a las cuales se les adjudicaron las tierras, aprovechando la segunda reforma agraria y la ley que mencionaba que los terrenos “baldíos” sobre los 3600 m son del Estado (Robles,

2001). Actualmente todavía se observan grandes haciendas (ganaderas) en los páramos, sobre todo en las zonas de Yanuncay - Irquis (en la provincia del Azuay).

### **5.2.2 Modelos de ocupación y producción en los páramos**

Como ya se ha mencionado, los páramos son ocupados para la ganadería, agricultura y forestación. Pero existen modelos de integración de producción de los páramos.

El primero podríamos decir que es el de aprovechar los páramos en la época cuando los campesinos se quedan sin pasto en las zonas más bajas, que generalmente es en verano. Los campesinos que tienen poca extensión de terreno en sus fincas, son los que más usan el páramo para estas épocas. Mientras que campesinos que tienen buenos pastos y extensiones suficientes no necesitan y no utilizan el páramo así tengan derechos. Esto sucede en la provincia del Cañar en la zona de Culebrillas (Robles, 2001) y en los páramos de Shiña, en Gima, provincia del Azuay. Un factor que muchas veces impide el uso de los páramos es la distancia a las fincas por que se vuelve difícil de llevar el ganado, agravado por la inseguridad del cuatreroismo. En algunos lugares en donde las comunidades son organizadas se turnan para cuidarlo.

Otra forma de uso es donde los páramos son utilizados todo el año como en Chunasana (cantón Nabón), debido a la poca extensión de las propiedades (en la zona baja) y a la mala calidad de los terrenos y pastos. Los campesinos en estas zonas se dan el trabajo (niños y mujeres) de subir todos los días al páramo, que esta relativamente cerca y en la tarde de bajar.

Otro tipo de uso es el de utilizar los páramos para mantener ganado lechero o de engorde. Esto permite ampliar la producción y aliviar la presión sobre los pastos, (Robles, 2000). Cuando los necesitan suben y los bajan a sus propiedades para engordarlos.

En los páramos que están relativamente bajos se cultiva manteniendo, algunas veces, rotaciones de cultivos de tubérculos (papas, mellocos) y pastos.

Ahora, tanto para organizaciones comunales como para hacendados, les resulta relativamente fácil y cómodo realizar plantaciones de pino, debido a que no requiere de mucho trabajo en su cuidado.

### **5.2.3 Cambios de uso del suelo y expansión de los páramos**

La ganadería y la agricultura son las principales actividades causantes de la deforestación del bosque andino y de las quemas en los páramos. Uno de los últimos estudios realizados en la Universidad del Azuay, por DIFORPA (2002), revelaron que son aproximadamente 400 km<sup>2</sup> el área deforestada en la cuenca del Paute, en menos de 9 años (tasa anual de 3.2 %). La deforestación es particularmente importante en el límite nororiental de las dos provincias, que es en donde más bosque existe obviamente. Este proceso de quema y tala de bosques tiene un gran impacto en los ecosistemas de la región debido a que causa pérdida de diversidad (animal y vegetal), procesos de erosión, movimiento de masa, pérdida de la calidad escénica entre otros.

Cuando la deforestación se da en el límite del páramo con el bosque, los espacios dejados son rápidamente colonizados por las gramíneas, debido a que las condiciones climáticas que se crean son más parecidas a las del páramo, además que son buenas colonizadoras (Hofstede, 1998). Esto ha permitido que el límite inferior del páramo descienda. Esta tendencia se ha comprobado en el estudio antes mencionado en la cuenca del Paute y también por el Departamento de Estudios INECEL – UMACPA (1992), mediante el análisis histórico utilizando 2 imágenes satélite. Los resultados desprenden, en el primer caso (DIFORPA, 2002), que el páramo aumentó alrededor de 1.12% (58 km<sup>2</sup> aproximadamente) en menos de 9 años (15-X-1991 a 09-I-2000) y en el segundo, el área aumentó en un 0.65 % (33.4 km<sup>2</sup>) en 2 años (28-XII-89 a 15-X-91). Tomando en cuenta los

dos estudios podríamos decir que la tasa de crecimiento del páramo está entre 0.3 a 0.13 % anual. Este fenómeno se observa inclusive en lugares protegidos como en Mazán, Surocucho, el parque nacional El Cajas y Aguarongo.

En algunas regiones aisladas (como en la Cuenca del Río Machángara), cuando baja la intensidad de uso del páramo, en ciertos sitios, como en quebradas que se caracterizan por un microclima más moderado (temperatura poco más alta, protegido del viento) se observa el proceso contrario, la vegetación arbustiva llega a rebrotar y sube. Esto se explica también porque en caso de quema, estas áreas que son protegidas de los vientos fuertes, no son tan vulnerables.

#### **5.2.4 Áreas protegidas dentro de las provincias de Azuay y Cañar**

Dentro de las áreas consideradas dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), tenemos solamente al Parque Nacional El Cajas ubicado en el cantón Cuenca. El parque Nacional Sangay en 1992 fue ampliando sus límites, lo que abarcaba los páramos norte de las 2 provincias, pero por conflictos con las comunidades estos límites están inciertos. Entre los años 1982 y 1985 se declararon mediante acuerdos ministeriales 19 Áreas de Bosque y Vegetación Protectoras (ABVP); desafortunadamente, estas categorías de manejo o de protección no han funcionado puesto que casi todas las áreas son de propiedad privada o comunitaria y no están consideradas dentro del SNAP.

La Empresa Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable y Alcantarillado (ETAPA) se ha preocupado de la conservación de los ecosistemas reguladores de los recursos hídricos, por lo que ha adquirido algunas áreas como el bosque de Mazán y Surocucho. Estas áreas poseen bosque andino y páramo. En el primer caso el acceso de las personas es restringido debido a la importancia que tiene ésta en el abastecimiento de agua potable para la ciudad de

Cuenca (30%). En el caso de Surocucho, de igual manera, es de suma importancia para Cuenca, se permite el turismo, pero esta actividad es controlada. Las áreas mencionadas se encuentran en buen estado, por lo que la compra y manejo de áreas naturales por parte de empresas o fundaciones sin fines de lucro, demuestra que es una buena opción para la conservación. Además, actualmente, ETAPA está manejando el Parque Nacional El Cajas.

## **6. BIBLIOGRAFÍA**

Aguilar, M., Chontasi, R., Medina, G y P. Mena. 2000. Manejo de páramos y zonas de altura. CAMAREN. Quito-Ecuador.

Chacón, G. 1997. Impacto de la deforestación, pastizales, plantaciones de eucalipto y pino en suelos de bosque montano alto en la Sierra sur del Ecuador. C.P. Ecuador-Montreal.

Hofstede R., Lips J., W. J y J. Sevink. 1998. Geografía, ecología y forestación de la sierra alta del Ecuador. Abya Yala. Quito-Ecuador.

Hofstede, R. 2001. El impacto de las actividades humanas sobre el páramo. En: Mena V., P., G. Medina y R. Hofstede (Eds.). 2001. Los Páramos del Ecuador. Particularidades, Problemas y Perspectivas. Abya Yala/Proyecto Páramo. Quito.

Medina, G. y P. MENA. 2001. Los páramos en el Ecuador. En: Mena V., P., G. Medina y R. Hofstede (Eds.). 2001. Los Páramos del Ecuador. Particularidades, Problemas y Perspectivas. Abya Yala/Proyecto Páramo. Quito.

Robles I., Rouillard S. y M Guaicha. 2001. La Dinámica de los usos históricos y actuales en el páramo: El ejemplo de Culebrillas, Cañar. En: Mena V., P., G. Medina y R. Hofstede (Eds.). 2001. Los Páramos del Ecuador. Particularidades, Problemas y Perspectivas. Abya Yala/Proyecto Páramo. Quito.

Podwojeski, P y P. Jerome. 2000. La degradación de los suelos en los páramos. En los suelos del páramo. Serie Páramo 5, GTP/Abya Yala. Quito-Ecuador.

DIFORPA. 2002. Los bosques nativos de la cuenca del río Paute. Universidad del Azuay- FUNCACYT. En revisión.

INEC, 2002. Datos preliminares del censo 2001 de población y vivienda.

INERHI – CREA. 1981. Hidrometeorología (Recursos del Agua), cuencas hidrográficas altas y medias de los ríos Cañar Paute y Jubones. Cuenca, Ecuador.



**SITUACION ESTADISTICA DE LAS CONCESIONES  
MINERAS EN LAS PROVINCIAS DE AZUAY, CAÑAR Y  
MORONA SANTIAGO; UN POTENCIAL MINERO**

*Patricio Feijoo C.*  
Ingeniero en Minas  
*Federico Auquilla T.*  
Ingeniero en Minas



La Dirección Regional de Minería del Azuay, tiene a su cargo en las provincias de Azuay, Cañar y Morona Santiago, el otorgamiento de Concesiones Mineras, Licencias de Comercialización, Instalación de Plantas de Fundición y Refinación, entre otras atribuciones, que le concede la Ley de Minería y su Reglamento, publicados el 18 de agosto de 2000 y el 17 de abril del 2001, respectivamente. Está adscrita al Ministerio de Energía y Minas, lleva el control de la situación minera de estas provincias como parte de sus competencias.

Esta Regional de Minería, para el cumplimiento de sus importantes funciones, cuenta con el personal necesario y equipos e infraestructura de alto nivel, para controlar, en cualquier instancia, las actividades de exploración, explotación, beneficio, refinación y comercialización de sustancias minerales; además, lleva una estricta vigilancia sobre las actividades que se den al margen de la Ley.

Históricamente, esta zona del país, podemos afirmar ha sido y es un potencial minero, en la que, sin temor a equivocarnos, podemos afirmar que desde los primeros años de la colonia ya se realizaba actividades mineras tendientes a obtener metales y materiales arcillosos. Tampoco podemos dejar de mencionar la gran tradición artesanal de los pueblos de esta región, en lo que tiene que ver con los trabajos en oro, plata, cobre y arcilla.

Para nadie son desconocidas las historietas que nuestros abuelos contaban acerca de cómo se lavaba oro en los ríos, o de cómo se extraía del subsuelo oro y plata con herramientas rudimentarias y duras labores mineras realizadas por tenaces hombres de esta rica zona del país.

En la actualidad y dado su potencial minero, esta Regional de Minería se ha convertido en la más importante del país, por enorme volumen de trabajo que aumenta continuamente por las muchas peticiones de nuevas áreas mineras y el control y seguimiento de las ya existentes, junto con inspecciones de cumplimiento de planes de manejo ambiental y explotaciones ilícitas, etc., todo esto, bajo un sistema en red con una base de datos. Es importante señalar que todas las peticiones y áreas mineras se encuentran digitalizadas dentro del Catastro Minero Nacional, el cual permite graficar las áreas concesionadas o las que han sido solicitadas.

## **POTENCIAL MINERO DEL AUSTRO ECUATORIANO.**

Oro, plata, cobre, plomo zinc, arcillas, feldespatos, caolines, calizas, sílice, bentonitas, baritina, etc., son la carta de presentación y de afirmación del potencial minero del Austro, mismos que se los puede clasificar como minerales metálicos y no metálicos, además de contar con una importante reserva de materiales de construcción, tanto en los lechos de los ríos como in situ.

Por lo tanto, es en esta área, en donde se encuentran importantes distritos mineros como el de Bella Rica, ubicado en el suroeste azuayo, en el cantón Ponce Enríquez; junto a éste se encuentran también los distritos mineros Pucará, Zhumiral, San Gerardo, Molleturo, etc., todos ellos dedicados exclusivamente a la extracción de oro. Es aquí en donde se encuentran actualmente las más importantes empresas mineras del país.

En lo referente a los minerales no metálicos, podemos afirmar que en las zonas adyacentes a Cuenca se encuentran grandes depósitos de arcilla y feldespato, que se los encuentra también en Limón Indanza y Gualaquiza. En la Provincia de Cañar encontramos importantes yacimientos de arcillas, bentonitas y calizas y en la zona oriental, provincia de Morona Santiago, se localizan reservas de sílice, barita, así como también caolines y carbonatos de calcio.

En lo referente a materiales de construcción, se encuentran presentes en casi la totalidad de ríos que atraviesan esta parte del país, además de poseer canteras in situ de este tipo de material que es de suma importancia para el desarrollo de la industria de la construcción.

La consecuencia de poseer estos recursos ha provocado una masificación de áreas mineras, tendientes a aprovechar de estos minerales que la naturaleza nos regala, como es el caso de dos grandes empresas cerámicas que se encuentran instaladas y trabajando en Cuenca, las que actualmente mantienen áreas mineras de materiales exclusivos para el desarrollo cerámico.

## **ESTADÍSTICA DE LA REGIÓN**

Una base estadística demuestra que de la totalidad de la superficie, de las tres provincias, solamente un bajo porcentaje ha sido concesionado a diferentes peticionarios mineros, pese a que en la región existen varios Parques Nacionales y Bosques Protectores, faltando por prospectar extensas superficies que podrían elevar aún más nuestras reservas.

Por tomar un ejemplo, en la provincia del Azuay, se tienen concesionadas 234 áreas mineras, que en conjunto llegan a una superficie de 45.316 hectáreas mineras (se entiende por hectárea minera un cuadrado de cien por cien metros) quedando una superficie libre en ésta provincia de 756.551 hectáreas potencialmente mineras. Del total de hectáreas concesionadas (45.316) únicamente 1.310 Ha. se encuentran en un verdadero manifiesto de producción. Esto refleja lo insignificante de la minería, frente a otros sectores productivos de la región y el país.

Cabe indicar que en el Azuay existen solamente 25 áreas mineras que están total o parcialmente sobre bosques protectores.

Del total de áreas mineras concesionadas, 60 corresponden a minerales metálicos, 63 a minerales no metálicos y 111 a materiales de construcción; además, que se debe señalar que de este total 140 pertenecen a concesionarios como personas naturales y 94 con personería jurídica.

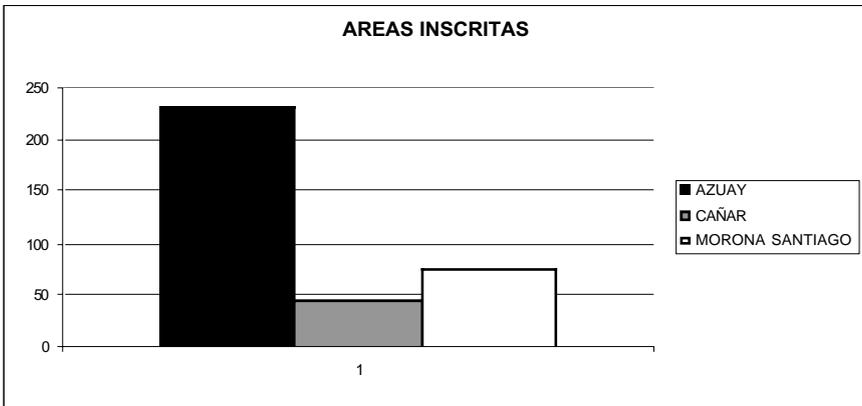
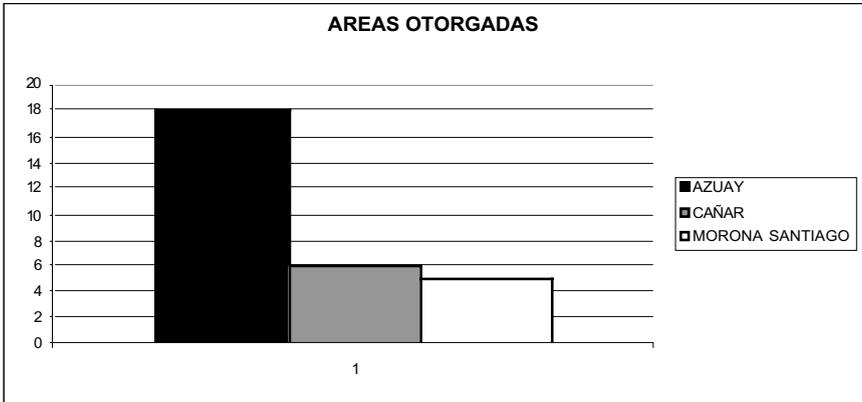
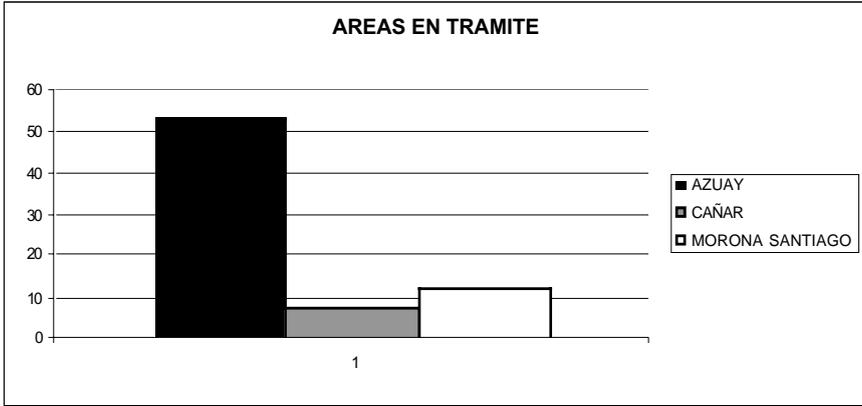
Adicionalmente, se debe puntualizar que en el Azuay, se encuentran 18 áreas mineras en proceso de obtención del correspondiente Título Minero, denominadas otorgadas y 53 solicitudes para áreas mineras consideradas en trámite.

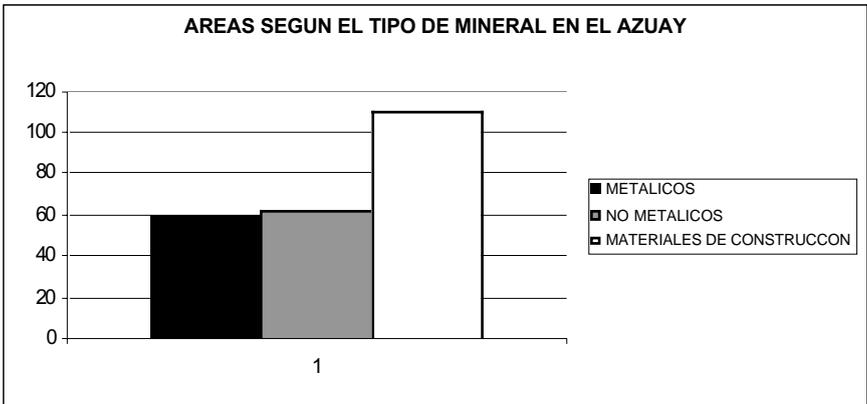
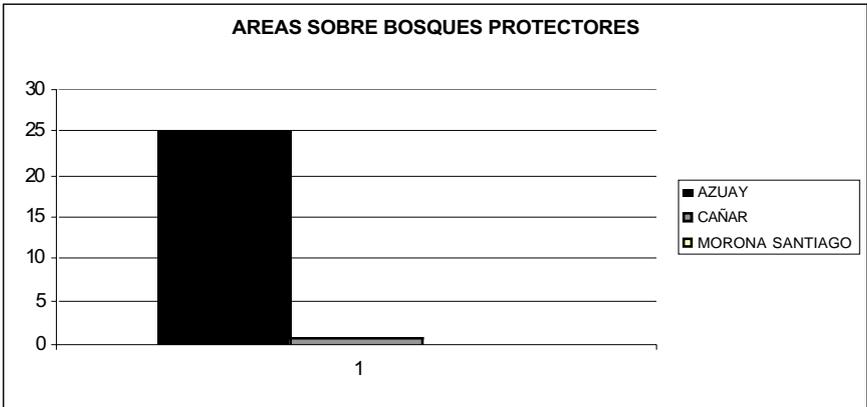
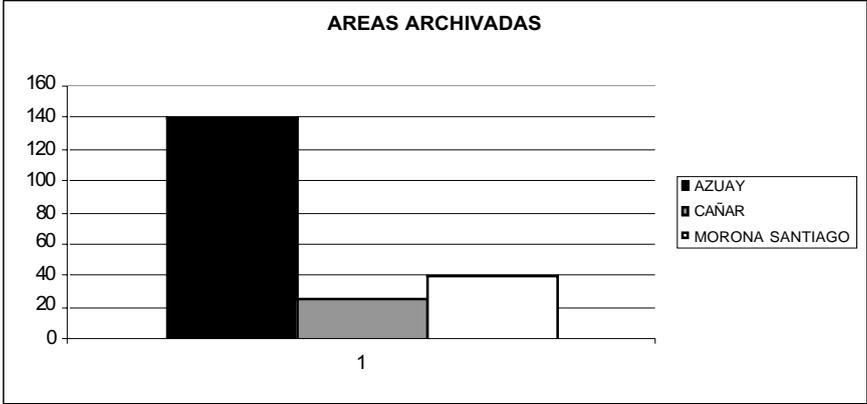
Todo lo expuesto, así como también la realidad minera de las provincias de Cañar y Morona Santiago, se puede verificar en los cuadros estadísticos adjuntos.

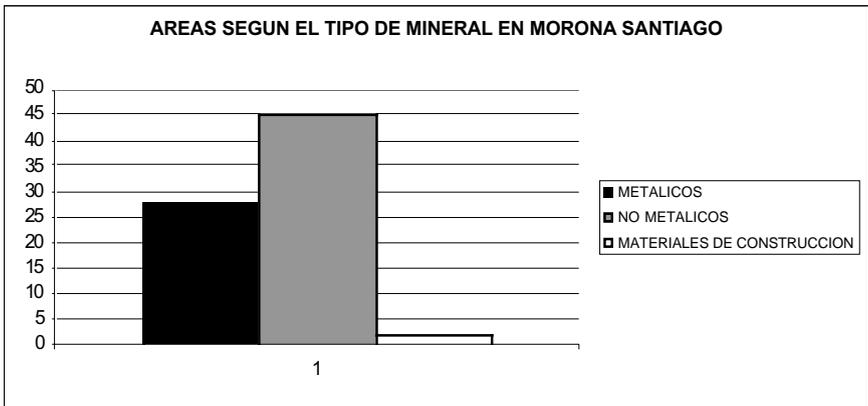
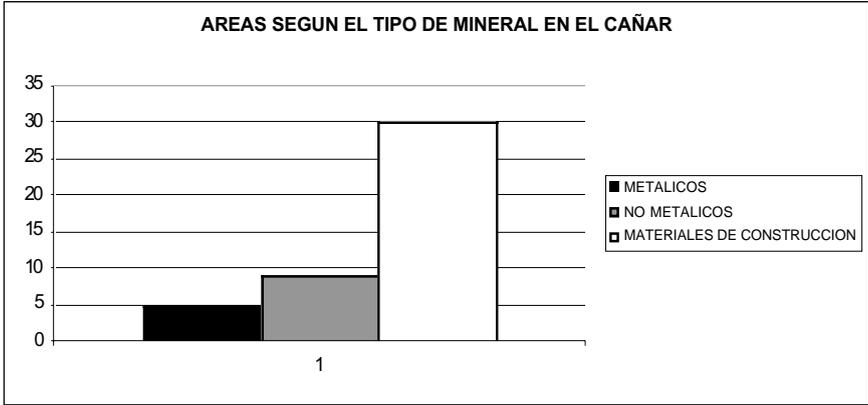
## CONCLUSIONES

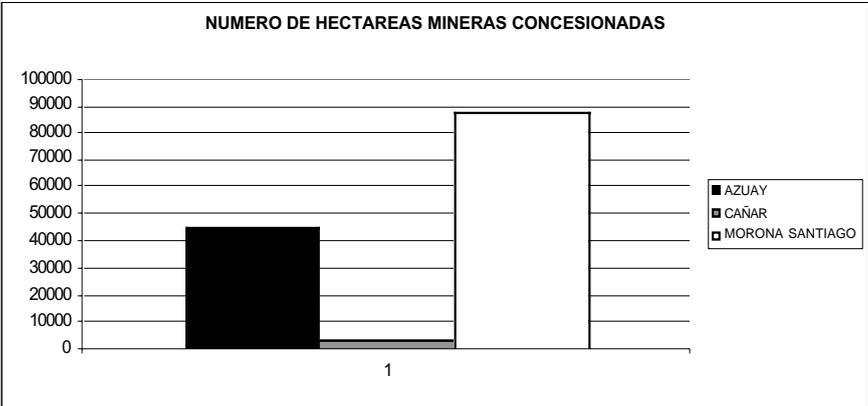
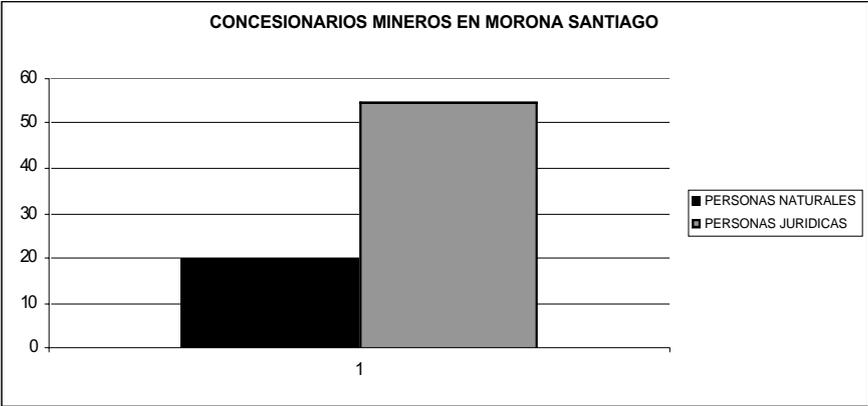
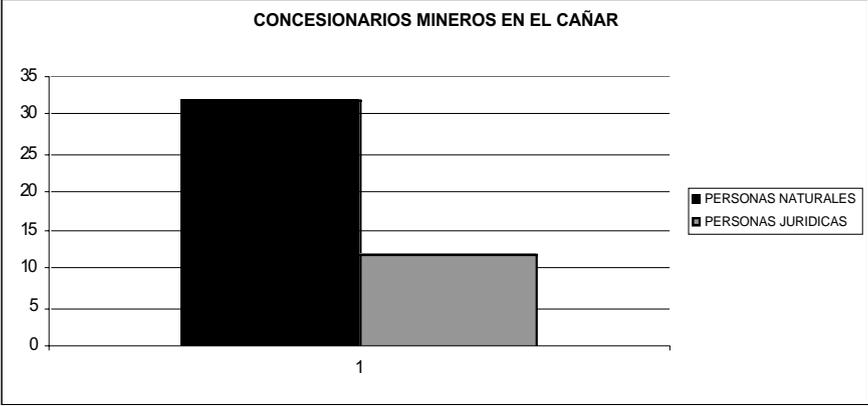
- El potencial minero del Austro es en la actualidad incalculable, debido a la falta de prospección y exploración.
- A pesar de que la historia nos ha dado indicios del potencial minero, la realidad refleja lo contrario; no existe un verdadero desarrollo minero en la región.
- La estadística refleja que solamente un 6% de la superficie de la provincia del Azuay ha sido concesionado para el aprovechamiento de los diferentes minerales, y de éste porcentaje, paradójicamente, el 3% se encuentra produciendo.
- Similares estadísticas presentan las provincias de Cañar y Morona Santiago.
- Los concesionarios mineros (personas naturales y jurídicas, nacionales o extranjeros) no llegan al número de 300, valor insignificante si lo comparamos con la población de la región.
- El Ministerio de Energía y Minas a través de sus Regionales garantiza la conservación de las áreas protegidas.
- Existe un incremento considerable en el desarrollo de actividades mineras referentes a la explotación de materiales de construcción.

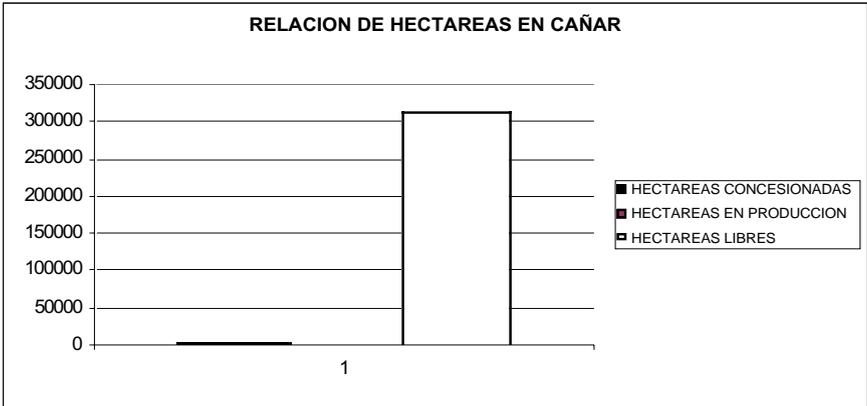
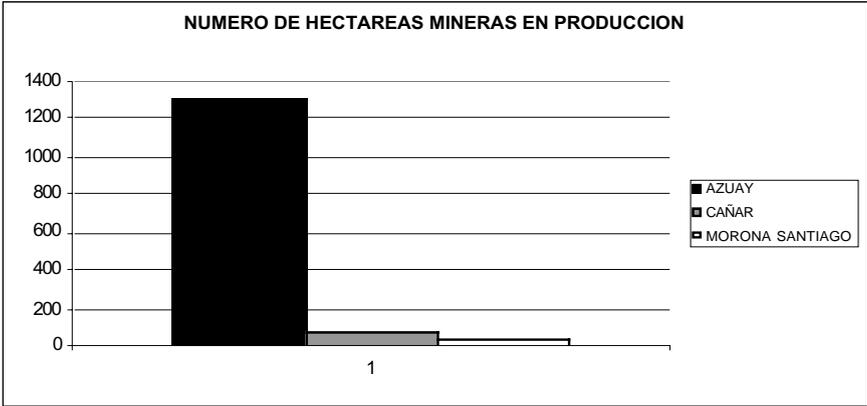
## ANEXOS

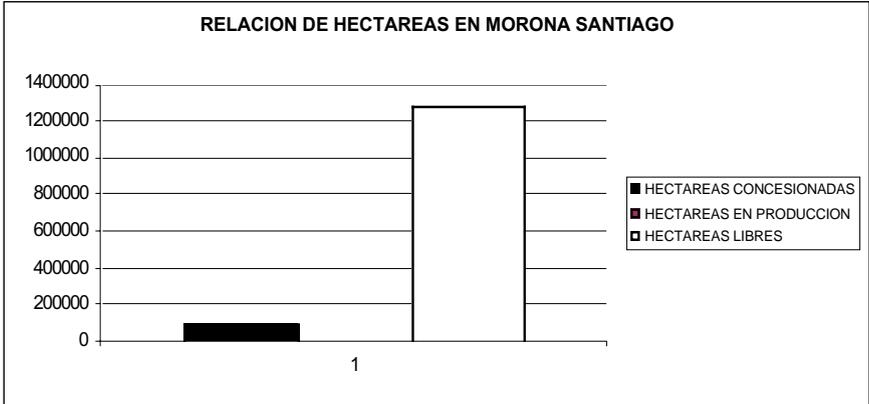












**SEGURIDAD Y CONFORT  
EN LOS AUTOMÓVILES MODERNOS**

*Fernando Guerrero*  
Ingeniero Mecánico



Durante los últimos años hemos presenciado la incorporación de vehículos de última generación en el parque automotor de la ciudad y el país. Los vehículos de características eminentemente mecánicas han sido desplazados por otros de mejores prestaciones, en los que se han incorporado un sinnúmero de dispositivos que tratan por un lado de liberar en algo al conductor de aquellas tareas que podrían distraerle del cada vez más conflictivo tráfico actual y por otro de optimizar el rendimiento de los motores de combustión interna. La tecnología que ha posibilitado la incorporación de dispositivos de confort, seguridad y optimización del rendimiento del motor ha sido fundamentalmente la innovación que a diario se experimenta en el campo de la electrónica. Los elementos de seguridad se han convertido en un elemento decisivo en el proceso de diseño de los automóviles. Los fabricantes gastan ingentes cantidades de dinero cada año para satisfacer regulaciones gubernamentales y las demandas de los consumidores de una tecnología cada vez más segura. A continuación se menciona algunos de los avances que se han producido en materia de seguridad y confort en el automóvil.

## **1. FRENOS ABS O CON ANTIBLOQUEO**

Este sistema de frenos se desarrolla para contrarrestar uno de los problemas que se suscitaba con relativa frecuencia en los sistemas tradicionales de con mando únicamente hidráulico; cuando el conductor ante una situación de emergencia accionaba con excesiva fuerza el pedal de freno del vehículo, los neumáticos se bloqueaban o trababan esto ocasiona ha que el carro pierda la estabilidad de marcha y derrape sobre la calzada deslizándose; cuando esta situación se produce es inminente la pérdida de la maniobrabilidad de la unidad; cualquier movimiento de las ruedas directrices por parte del conductor a través del sistema de dirección

no surte el efecto debido sobre la trayectoria del vehículo al no existir la suficiente adherencia entre los neumáticos y la carretera. El derrape o resbalamiento del neumático trabado sobre la calzada también provoca un desgaste anormal y exagerado en los mismos.

Los frenos ABS actúan en caso de frenadas bruscas regulando la presión de aplicada a cada uno de los cilindros de rueda por el circuito de frenos de servicio de acuerdo a la aceleración o reducción de la velocidad de la rueda mediante el uso de un sistema asistido por sensores y actores electrónicos e hidráulicos y comandados por una unidad electrónica de control. El impedir que los neumáticos se bloqueen antes de que el vehículo se haya detenido, es uno de los mayores logros de la industria automotriz en la década pasada, asunto que permite:

- Que se conserve la estabilidad de marcha del vehículo y siga siendo maniobrable, es decir que los neumáticos directrices respondan a los movimientos del volante.
- Que se optimice el recorrido de frenado.
- Que se eviten accidentes.

## **2. REGULACIÓN ANTIDESLIZANTE ASR**

No solamente al frenar, sino también al arrancar y al acelerar (especialmente en calzadas lodosas), o en trayectos de curvas, pueden presentarse difíciles condiciones de marcha, al patinar las ruedas motrices. Frecuentemente dichas situaciones causan angustia al conductor, quien por lo general reacciona erróneamente.

Estos problemas pueden solucionarse mediante la regulación antideslizante ASR que, en calidad de ampliación del ABS tiene por finalidad primordial simplificar las maniobras del conductor, garantizando la estabilidad y dirigibilidad del vehículo al acelerar (en tanto no se excedan los límites físicos). Con este fin y, en la medida

necesaria, el ASR ajusta oportunamente el par de giro del motor al respectivo momento de impulsión, transmisible a la vía.

El conjunto del ASR y el ABS eleva la seguridad, permitiendo la doble utilización racional de los componentes.

### **3. REGULACIÓN DE LA VELOCIDAD DE MARCHA.**

Este dispositivo permite mantener una velocidad constante en trayectos largos en los que resultaría fatigoso para el conductor hacerlo manualmente. Consiste en la incorporación de un dispositivo de regulación electrónico que controle la velocidad de manera que no existan variaciones ni siquiera en pendiente o con viento en contra; como ventajas de este sistema podemos mencionar:

- La velocidad del vehículo puede ser regulada con precisión entre 35 Km/h y la máxima que alcance.
- Ahorro de combustible gracias a una conducción uniforme.
- En el caso de vehículos con cambio de marchas manual el motor no se sobrerrevoluciona al desembragar.
- La memoria digital registra el valor teórico por tiempo indefinido.

### **4. CONTROL ELECTRÓNICO DE LA CAJA DE CAMBIOS.**

El desarrollo de nuevos conceptos de tracción orientados a optimizar el consumo hace necesario, no solo reducir las pérdidas en la caja de cambios, sino adaptar las desmultiplicaciones y aumentar el número de marchas, así como conseguir que el funcionamiento de la caja de cambios sea automático y conforme a unas curvas características programables.

El funcionamiento se basa en la incorporación de unos sensores

de revoluciones incorporados al motor y a la salida de la caja de cambios, además del estado de carga del mecanismo de velocidades. Junto con la posición de la palanca de cambios y el selector del programa, estas informaciones determinan, mediante un programa de cálculo, cuál es la marcha más favorable. El sistema electrónico regula el proceso de cambio de marcha necesario. Entre las principales ventajas de la incorporación de este sistema a los cambios de velocidades tenemos:

- El cambio de marchas se lleva a cambio suavemente y sin tirones.
- El mando del cambio automático de marchas ha sido diseñado para un programa de conducción económica y para uno de conducción deportiva.
- Con el programa de conducción económica se puede ahorrar en comparación con los cambios automáticos convencionales hasta un 5% de combustible.
- El sistema electrónico protege la caja de cambios y el motor contra maniobras incorrectas del conductor.
- Una característica de seguridad impide también, en caso de anomalía, el cambio a una marcha inferior cuando se circula a una velocidad elevada, o la conexión de la marcha atrás mientras se circula hacia delante.

## **5. SISTEMAS DE SUSPENSIÓN CON REGULACIÓN DE NIVEL.**

A diferencia de las tradicionales suspensiones de los vehículos por ballestas y resortes helicoidales, las suspensiones de los automotores actuales incorporan elementos elásticos de tipo neumático o hidroneumático con la asistencia de sensores y unidades de control electrónico. En este tipo de vehículos las carrocerías se pueden

mantener a una altura constante respecto a la calzada independientemente de la carga del vehículo e incluso en ciertos casos el conductor podrá graduar a su voluntad. El sistema fundamenta su funcionamiento en la incorporación de un regulador que proporciona más o menos aire o aceite hidráulico a los elementos de suspensión. Para disminuir el consumo de energía durante la marcha, los reguladores de nivel se amortiguan en parte hidráulicamente. Para elevar la estabilidad al balanceo se instalan reguladores de nivel con bloqueo o estrangulamiento transversal. A continuación se anotan las ventajas de la regulación electrónica de nivel en los turismos:

- Regulación de la inclinación y altura del vehículo en función de la velocidad para ahorrar combustible.
- Elevación de la carrocería para los tramos malos de la carretera.
- Mejora de la estabilidad en las curvas por bloqueo transversal absoluto de la suspensión.
- Detención de la regulación al frenar, acelerar y circular en curva, para reducir el consumo de energía de la suspensión.

## **6. LAS BOLSAS DE AIRE**

Los sensores de colisión en el frente del vehículo determinan la severidad de los impactos. Si el choque es muy grave los sensores envían señales eléctricas que se reproducen en el cubretablero, y las bolsas de seguridad se inflan en cuestión de segundos. Estas actúan como amortiguadores en relación con los ocupantes del vehículo, y ayudan a evitar lesiones grandes. Sin embargo, debe señalarse que las bolsas de aire no vuelven obsoletos a los cinturones de seguridad. Estos dos sistemas, funcionando conjuntamente, proporcionan la mejor protección para conductores y pasajeros.

Las bolsas de aire en el lado del conductor y en el del pasajero delantero se han vuelto muy comunes en los autos nuevos. Mientras

que los fabricantes norteamericanos ofrecen bolsas de aire para el chofer y el pasajero delantero en la gran mayoría de sus modelos, los fabricantes de Europa y Asia han ido un poco más lejos, ofreciéndoles bolsas de aire en los asientos posteriores e incluso cortinas de aire que se desprenden de los costados superiores de los autos.

## **7. SISTEMA PROGRAMABLE DE REGULACIÓN DE ASIENTOS**

El problema se suscita cuando un mismo vehículo es utilizado por varios conductores; resulta difícil ajustar la posición óptima del asiento cada vez que lo ocupa uno distinto. Algunas empresas fabricantes están incorporando un sistema de regulación por control electrónico mediante el cual, apretando un botón, se pueda ajustar la posición del asiento, del respaldo y del apoyacabezas según un programa preestablecido. Es posible realizar una programación definida para una serie determinada de posiciones distintas. Entre las ventajas de la incorporación de este sistema tenemos:

- Aumenta la seguridad en la conducción: una posición incorrecta del asiento puede dificultar la reacción en situaciones críticas, especialmente al accionar cualquiera de los pedales.
- Una posición relajada en el asiento reduce la fatiga al conducir.
- Operación sencilla: basta con oprimir un botón para regular la posición del asiento.

## **8. CALEFACCIÓN ELECTRÓNICA AUTOMÁTICA**

En el habitáculo de un automóvil tienen lugar oscilaciones de temperatura, debida al ambiente exterior cambiante y a la velocidad

de circulación, que obligan a regular continuamente la calefacción interior manualmente; este problema se ha superado satisfactoriamente con la incorporación de un sistema electrónico de calefacción automática, el mismo que mantiene la temperatura ajustada prácticamente constante en el interior del vehículo.

Las ventajas de este sistema son:

- En el habitáculo del vehículo reina siempre la temperatura deseada independientemente del régimen del motor, de la velocidad de circulación y de la temperatura exterior.
- El habitáculo se calienta rápidamente incluso en caso de arranque en frío.
- Rápida reacción a toda modificación del valor de temperatura programado.



**CONTAMINACION ATMOSFERICA  
POR VEHICULOS AUTOMOTORES**

*Eduardo Hidrovo Murillo*  
Ingeniero Agrónomo



## INTRODUCCION

La contaminación atmosférica es la presencia de contaminantes en el aire debido a sustancias naturales o generadas por la actividad humana en cantidades que puedan ser perjudiciales para la vida humana, vegetal o animal; pueden afectar estructuras o materiales producidos por el hombre, ocasionar cambios en las condiciones climáticas o impedir el disfrute pleno de la vida (Cooper y Alley 1986).

El deterioro de la calidad del aire es un serio problema ecológico que está afectando no sólo a las denominadas megaciudades sino que a la mayoría de las urbes del país. La mayor parte de la contaminación atmosférica que se produce en zonas urbanizadas donde imperan condiciones topográficas y meteorológicas desfavorables, proviene de los vehículos automotores, especialmente los que son más viejos y no han recibido el debido mantenimiento.

Como resultado de ello, los niveles de contaminantes suspendidos en el aire en muchas ciudades ecuatorianas exceden las normas nacionales, locales y las directrices de la Organización Mundial de la Salud (OMS). Los contaminantes del aire más comunes son, entre otros: los óxidos de nitrógeno representados colectivamente como NO<sub>x</sub>, el monóxido de carbono (CO), los compuestos orgánicos volátiles, el ozono, el bióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), las materias particuladas y el plomo.

## CONTAMINANTES DEL AIRE Y SUS EFECTOS

Los contaminantes del aire pueden agruparse en dos categorías:

**Primarios.-** Si se emiten directamente a la atmósfera.

**Secundarios.-** Si se forman en la atmósfera como resultado de reacciones químicas (hidrólisis, oxidación), en las que intervienen contaminantes primarios.

Los contaminantes primarios emitidos por vehículos automotores son, verbigracia:: bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (CH), bióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ), óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ), materia particulada (MP) y plomo.

Los contaminantes secundarios vinculados a las emisiones de vehículos automotores son, entre otros: bióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ), oxidantes fotoquímicos (por ejemplo, el ozono), y los ácidos sulfúrico o nítrico y sus sales (es decir, los sulfatos y nitratos en forma de aerosoles). El bióxido de nitrógeno se forma mediante la oxidación en el aire del óxido nítrico, un contaminante gaseoso formada a altas temperaturas de combustión y liberado por los vehículos automotores. El ozono ( $\text{O}_3$ ) se forma a partir de los óxidos de nitrógeno y los hidrocarburos en presencia de la luz solar. El bióxido de azufre y los óxidos de nitrógeno pueden reaccionar con la humedad, el oxígeno y las partículas de la atmósfera formando ácido sulfúrico o nítrico, o sus sales.

## **CONTAMINANTES EMITIDOS POR VEHICULOS AUTOMOTORES**

Las emisiones de los vehículos automotores son el resultado de la combustión o de la evaporación del combustible. Los combustibles más comunes para el transporte son la gasolina (con o sin plomo) para vehículos livianos y el diesel para los vehículos pesados. Actualmente se utilizan también otros combustibles como los alcoholes (etanol y metanol), gas licuado de petróleo, etc.

Los productos procedentes de los vehículos con motores de encendido por chispa, como es el caso de los vehículos a gasolina, son emitidas por el escape, el cárter y el sistema de combustible

(carburador, líneas y tanque de combustible). El  $\text{CO}_2$  y el vapor de agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ); los principales emanaciones de la combustión, son liberadas en los gases por el escape del vehículo. Los mayores contaminantes escapados de los vehículos de gasolina son  $\text{CO}$ ,  $\text{HC}$ ,  $\text{NO}_x$  y plomo. También el  $\text{SO}_2$  puede estar presente en los gases del escape. El sistema de aire acondicionado, los neumáticos, los frenos y otros componentes del vehículo también producen emisiones. La emisión de muchos de estos envenenantes depende de factores tales como la relación aire-combustible en el cilindro en el momento de la combustión (lo recomendado es 14,7:1; es decir, 14,7 gramos de aire por gramo de gasolina), la sincronización del encendido, la geometría de la cámara de la combustión y, los parámetros del motor. Los vehículos de gasolina livianos que no están equipados con mecanismos de control del fenómeno son los que tienen las mayores emisiones del escape durante la aceleración, seguida de la desaceleración, la circulación y la marcha mínima (ver cuadro 1). Los cambios frecuentes de las marchas, debido a la necesidad de detener y arrancar el vehículo en zonas urbanas congestionadas (horas pico), acrecientan las emisiones de contaminantes. A mayores velocidades de circulación disminuyen las emisiones de hidrocarburos y monóxido de carbono, pero se incrementan las de óxidos de nitrógeno y el bióxido de carbono.

**Cuadro 1. Emisiones del escape de vehículos de gasolina livianos sin dispositivos de control, para diferentes modalidades de conducir, en partes por millón (ppm).**

<b>Modalidad</b>	<b>CO</b>	<b>HC</b>	<b>NOx</b>	<b>CO<sub>2</sub></b>
<b>Marcha mínima</b>	16	1,3	0,1	68
<b>Aceleración</b>				
0 – 15 mph	2.997	536	62	10.928
0 – 30 mph	3.773	757	212	19.118
<b>Circulación</b>				
15 mph	67	5,1	0,8	374
30 mph	30	3,0	2,0	323
45 mph	28	2,9	4,2	355
60 mph	29	2,9	6,4	402
<b>Desaceleración</b>				
15 – 0 mph	1.902	344	21	5.241
30 – 0 mph	1.390	353	41	6.111

Mph = millas por hora

Fuente: Bellomo y Liff 1984

Las emisiones por evaporación son vapores de hidrocarburos que se liberan directamente a la atmósfera, principalmente procedentes del tanque de combustible y del carburador.

Las del cárter son componentes del combustible no quemados o parcialmente quemados que, bajo presión, escapan de la cámara de combustión, pasan entre los pistones e ingresan al cárter.

En cuanto a los que salen de los vehículos a diesel, entre otros están: NOx, SO<sub>2</sub>, CO y HC. La mayoría de los contaminantes del aire procedentes del transporte a diesel son emitidos por el escape. Dado que los motores a diesel operan con una alta relación aire-combus-

tible (30:1), tienden a liberar menos emisiones de HC y CO. Tienen, sin embargo, emisiones considerablemente más elevadas de partículas que los vehículos a gasolina. En los carros pesados a diesel, las emisiones de monóxido de carbono, hidrocarburos y óxidos de nitrógeno en el escape dependen también de las modalidades de conducir, velocidad y carga del motor (ver cuadro 2).

**Cuadro 2. Emisiones del escape de vehículos pesados, sin dispositivos de control, para diferentes modalidades de conducir, en partes por millón (ppm).**

Modalidad	Vehículo a gasolina			Vehículo a diesel		
	CO	HC	NOx	CO	HC	Nox
Marcha mínima	69.000	5.300	30	Traza	400	60
Aceleración	29.000	1.600	1.020	1.000	200	350
Circulación	27.000	1.000	650	Traza	100	240
Desaceleración	39.000	10.000	20	Traza	300	30

Fuente: Faiz 1994

## **CARACTERISTICAS DE LOS PRINCIPALES CONTAMINANTES ATMOSFERICOS**

### **Monóxido de carbono**

El monóxido de carbono (CO) es un gas incoloro, inodoro y ligeramente más denso que el aire; es emitido por fuentes naturales y antropogénicas. Las primeras forman CO a partir de la combustión incompleta de combustibles carbonáceos en vehículos automotores, sistemas de calefacción, instalaciones industriales, plantas de generación de energía térmica e incineradores.

Especialmente los automóviles, son los que más producen emisiones de CO de origen antropogénico. En 1995, las emisiones mundiales de CO causadas por el hombre alcanzaron 350 millones de toneladas, 59 % de las cuales tienen su origen en el sector del transporte, el 39 % en los sectores residencial y comercial y 2 % en los sectores industrial y de generación de energía. Otro dato de interés es que los países en desarrollo son los responsables del 50 % de las emanaciones mundiales de CO; también es importante señalar que en los centros urbanos de América Latina, los vehículos automotores generan entre el 60 % y más del 90 % de las emisiones de CO.

## **Oxido de nitrógeno**

Se incluye entre los óxidos de nitrógeno el nítrico, el bióxido de nitrógeno, el óxido nitroso, el trióxido de nitrógeno y el pentóxido de nitrógeno. Los óxidos de nitrógeno son producidos por fenómenos naturales como los relámpagos, las erupciones volcánicas y la acción bacteriana en el suelo, y además por fuentes antropogénicas como los combustibles en motores de combustión interna, las plantas generadoras de energía térmica, las instalaciones industriales, los sistemas de calefacción y los incineradores. El óxido nítrico y el bióxido de nitrógeno, representados por los óxidos de nitrógeno, son las principales sustancias emitidas por los vehículos. El 90 % de estas emisiones son en forma de óxido nítrico; éste se produce en el motor del vehículo debido a la combustión del nitrógeno a altas temperaturas. El bióxido de nitrógeno formado por la oxidación del óxido nítrico, tiene un color café rojizo y un olor agrio. Una vez en la atmósfera, puede participar en una serie de reacciones que produce el llamado *smog* fotoquímico, lo que reduce la visibilidad. En la tropósfera (atmósfera más baja) el bióxido de nitrógeno forma ozono al reaccionar con los hidrocarburos.

Los vehículos automotores son los principales responsables de las emisiones antropogénicas de óxidos de nitrógeno. En 1995 se emitieron en todo el mundo 93 millones de toneladas de óxidos de

nitrógeno, el 43 % de las cuales provinieron del sector de transporte, 32 % del sector de generación de energía, 12 % del sector industrial, 8 % de los sectores residencial y comercial y 5 % de otras fuentes. Se atribuye a los países en desarrollo el 26 % de las emisiones mundiales de óxidos de nitrógeno.

## **Hidrocarburos**

Los hidrocarburos (HC) se definen químicamente como compuestos de carbono e hidrógeno. Sin embargo, al hablar de la calidad del aire, este término suele abarcar una variedad de otros compuestos orgánicos volátiles, como los alcoholes y los aldehídos. La mayoría de los hidrocarburos no son directamente dañinos para la salud a las concentraciones que se encuentran en la atmósfera. Pero, debido a las reacciones químicas que se producen en la tropósfera, desempeñan una importante función en la formación de dióxido de nitrógeno y ozono, que sí son un peligro para la salud y el ambiente. Entre los hidrocarburos, el metano ( $\text{CH}_4$ ) no participa de estas reacciones.

Los hidrocarburos provienen de fuentes naturales y antropogénicas. Entre las fuentes naturales cabe citar la descomposición anaeróbica de las plantas en pantanos y marismas, la filtración de gas natural y de yacimientos petrolíferos y las emisiones de los árboles. Las fuentes de emisiones antropogénicas son, entre otras: los vehículos automotores, los tanques de almacenamiento y las estaciones de transferencia de gasolina y solventes, las refinerías de petróleo y las plantas químicas y petroquímicas. Las emisiones de hidrocarburos procedentes de vehículos automotores se producen cuando la combustión es incompleta. Alrededor del 55 % de las emisiones de hidrocarburos de los vehículos a gasolina sin controles de emisiones se originan en el sistema de escape, del 13 al 25 % proceden de las emisiones del cárter, y del 20 al 32% se evaporan en las líneas de combustible, en el tanque de combustible y en el carburador.

Los vehículos emiten hidrocarburos tóxicos, entre ellos el benceno, el 1,3-butadieno, aldehídos e hidrocarburos aromáticos poli cíclicos. El benceno es uno de los hidrocarburos aromáticos presentes en la gasolina. Aproximadamente entre el 85 y 90 % de las emisiones de benceno provienen de los gases del escape. El benceno constituye del 63 al 85 % de las emisiones tóxicas del escape de los automóviles de gasolina equipados con mecanismos de inyección de combustible en el motor y nueva tecnología, y del 36 al 65 % de los automóviles de modelos anteriores cuyos motores tienen carburadores y convertidores catalíticos.

## Ozono

El ozono es un gas incoloro que se encuentra en dos capas separadas de la atmósfera. El ozono que se encuentra en el nivel exterior (estratosfera) se forma por la fotólisis del oxígeno o de hidrocarburos que se encuentran naturalmente y protegen a la tierra de los rayos ultravioletas. En la capa inferior (troposfera), el *ozono a nivel del suelo* se forma como resultado de la reacción entre los compuestos orgánicos volátiles y los óxidos de nitrógeno con el oxígeno del aire, en presencia de la luz solar y a altas temperaturas. El ozono en la superficie es uno de los principales componentes del smog en zonas urbanas y los vehículos automotores son la principal fuente antropogénica de sus precursores.

## Bióxido de azufre

El bióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) es un gas estable, no inflamable, no explosivo e incoloro que puede detectarse por el gusto en concentraciones de 1.000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  o por el olfato en concentraciones mayores a 10.000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Es extremadamente soluble en agua. Se produce mediante la quema de combustibles fósiles que contienen azufre en la generación de energía térmica, calefacción, cocción y transporte. Otras fuentes son la refinación de petróleo y la fundición de minerales metálicos. En la atmósfera, el bióxido de azufre puede convertirse

en trióxido de azufre ( $\text{SO}_3$ ) al reaccionar con el oxígeno. El bióxido de azufre y el trióxido de azufre reaccionan con la humedad del aire para formar ácido sulfuroso y ácido sulfúrico, los que pueden ser transportados por el viento muchos cientos de kilómetros antes de caer a la tierra en forma de lluvia ácida.

## **Materia particulada**

La MP consiste en sólidos finos y gotitas de líquidos, con excepción del agua pura, y están dispersos en el aire. Se originan en fuentes naturales y antropogénicas. Entre las naturales cabe mencionar el polvo arrastrado por el viento, cenizas volcánicas, incendios forestales, sal marina y polen. Son fuentes antropogénicas, entre otras, las plantas de generación de energía térmica, la industria, las instalaciones comerciales y residenciales y los vehículos automotores que utilizan combustibles fósiles.

Las materias con un diámetro aerodinámico de 2,5  $\mu\text{m}$  a 10  $\mu\text{m}$  o menos reciben el nombre de *partículas finas* (MP-2,5). Las MP-2,5 pueden formarse, entre otras, como resultado de la solidificación de sales de metales volátiles en forma de cristales tras el enfriamiento de los gases calientes del escape de los vehículos en el ambiente. Los vehículos a gasolina tienen tasas de emisión de MP más bajas que los vehículos a diesel. Las emisiones de partículas de los vehículos de gasolina se deben a la combustión incompleta del aceite lubricante y de aditivos del combustible o del aceite que forman cenizas. En el caso de los vehículos que usan gasolina con plomo, sus compuestos son responsables, en gran medida, de emisiones de materia particulada. Las liberadas por los vehículos a diesel consisten en hollín formado durante la combustión. En los vehículos a diesel más antiguos, la contribución del hollín a las emisiones de partículas se encuentra entre el 40 y el 80 %.

El humo negro, asociado con la porción de hollín de la materia particulada emitida por vehículos a diesel, se forma debido a una deficiencia de oxígeno durante la fase de combustión o de expansión.

La formación de humo azul, gris y blanco se debe a los hidrocarburos condensados en el escape de los vehículos a diesel. El humo azul o gris es el resultado de la vaporización del aceite lubricante, en tanto que el humo blanco se produce durante el arranque del motor a baja temperatura.

## **Plomo**

Los vehículos automotores que utilizan como combustible gasolina con plomo son la fuente principal del plomo en el ambiente. Alrededor del 70 al 75 % del plomo añadido a la gasolina para mejorar su octanaje, se transforma en plomo inorgánico en los motores de los vehículos después de la combustión y se emite a la atmósfera a través del escape junto con el 1 % del plomo orgánico que pasa sin modificaciones a través del motor. El resto del plomo permanece atrapado dentro del sistema del escape.

## **Bióxido de carbono**

El bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) es un gas de efecto invernadero. El incremento de las concentraciones de bióxido de carbono que está vinculado al calentamiento de la tierra, resulta principalmente de una mayor explotación de combustibles fósiles y del uso del suelo.

## **Clorofluorocarbonados**

Los clorofluorocarbonados (CFC) se utilizan principalmente en aerosoles, solventes, espumación, refrigeradores y equipos de aire acondicionado. Las fuentes de emisiones de CFC de los vehículos automotores es el gas freón que se utiliza en el sistema de aire acondicionado. La contribución de los vehículos automotores a las emisiones mundiales de CFC se estima en alrededor del 28 %.

Los CFC liberados a la atmósfera se elevan a la capa de la

estratosfera en un plazo de 10 años y se estiman que permanecen ahí durante 400 años. Las moléculas de CFC sobre las que incide la radiación ultravioleta liberan átomos de cloro, que destruyen el ozono. La destrucción del ozono en la estratosfera produce una mayor exposición a la radiación ultravioleta.

## **DISPERSION DE LOS CONTAMINANTES EN EL AIRE**

La concentración en el ambiente de los contaminantes no sólo es resultado de la magnitud de las emisiones sino también de la manera en que los principales contaminantes se transportan, se dispersan y reaccionan entre sí en la atmósfera para formar contaminantes secundarios. Estos mecanismos están afectados por una serie de factores meteorológicos:

- El viento transporta a los contaminantes del aire de un lugar a otro. La trayectoria que siguen los contaminantes suspendidos en el aire y el grado de dilución dependen de la dirección y la velocidad del viento.
- Con el aumento de la temperatura se incrementa la reactividad de los contaminantes primarios en la atmósfera con formación de los secundarios. Además la temperatura fomenta las emisiones por evaporación de los vehículos.
- La radiación solar favorece la formación de contaminantes secundarios como el ozono. Los centros urbanos localizados en lugares cálidos y soleados con alta densidad de tránsito tienden a ser más propensos a la formación de ozono debido a las emisiones de HC y NOx.
- La altura de mezclado, es la altitud con respecto a la superficie de la tierra a la cual se produce un mezclado vertical relativamente vigoroso. La altura de mezclado varía según la hora del día y el mes del año. La altura de mezclado se ve afectado por las inversiones térmicas.
- La precipitación fluvial afecta la concentración de contaminantes en el ambiente por su efecto de lavado del aire, y arrastra sobre todo la MP. En presencia de contaminantes acídicos, la hume-

dad contribuye a la corrosión de los edificios de piedra caliza, las esculturas y las estructuras metálicas.

- La topografía local también influye en el transporte y la dispersión de los contaminantes del aire. En los centros urbanos con topografía relativamente nivelada, el efecto de dispersión del viento es mayor. Los cerros y las montañas que rodean a los centros urbanos suelen actuar como barreras contra el viento, limitan la circulación del aire, atrapando a los contaminantes dentro del valle.
- Dentro de los centros urbanos, los edificios y las estructuras pueden tener gran efecto sobre la dispersión de los contaminantes del aire. Se produce un efecto de “*túnel urbano*” cuando los edificios altos evitan la dispersión del viento en las emisiones de bajo nivel.

## **EFFECTOS DE LOS CONTAMINANTES ATMOSFERICOS SOBRE LA SALUD**

Los contaminantes atmosféricos liberados por los vehículos automotores tienen diferentes efectos nocivos sobre la salud de los seres humanos. La inhalación es la ruta principal de exposición a los contaminantes del aire originados por las emisiones de los vehículos. Existen también otras vías como la contaminación del agua potable, la contaminación de los alimentos y la absorción por la piel.

### **Monóxido de carbono**

El CO que se absorbe por los pulmones reduce la capacidad sanguínea para transportar el oxígeno disponible a los tejidos. El monóxido de carbono se une a la hemoglobina para formar carboxihemoglobina (COHb), que reduce el nivel de oxígeno en la sangre.

El nivel normal de carboxihemoglobina es de 1,2 a 1,5 %. Cuando el nivel de carboxihemoglobina llega a alrededor del 5 %

comienza a inducir efectos nocivos para la salud. La ingesta de monóxido de carbono afecta la percepción y el pensamiento, desacelera los reflejos, y puede causar mareos, angina, inconsciencia o la muerte.

## **Bióxido de nitrógeno**

El bióxido de nitrógeno es un gas irritante que se absorbe en la membrana mucosa de las vías respiratorias. La exposición al bióxido de nitrógeno está vinculada a una mayor susceptibilidad a las infecciones respiratorias y una disminución de la función pulmonar.

## **Benceno**

Aproximadamente el 50 % del benceno inhalado es absorbido. Parte de su acumulación es exhalada por la respiración y eliminada por las vías urinarias. El benceno que permanece en el organismo se concentra en el tejido graso y en la médula ósea.

El benceno tiene efectos tóxicos y cancerígenos. Los efectos tóxicos están vinculados al sistema nervioso central así como a los sistemas hematológico e inmunológico. Entre los efectos cancerígenos se encuentra la leucemia.

## **Hidrocarburos aromáticos policíclicos**

Los hidrocarburos aromáticos policíclicos, absorbidos en los pulmones y en los intestinos, y metabolizados en el organismo, son mutagénicos y cancerígenos. En estudios epidemiológicos se ha identificado un riesgo 50 % mayor de cáncer de la vejiga en los conductores de camiones expuestos a los gases del escape de los motores a diesel.

## **Aldehídos**

Los aldehídos son absorbidos en las vías respiratorias y en tracto gastrointestinal y son metabolizados. Una vez metabolizados son excretados del organismo. Los efectos nocivos de los formaldehídos sobre la salud incluyen la irritación de ojos y nariz (a una concentración de 0,06 mg/m<sub>3</sub>), irritación de las membranas mucosas y alteración en la respiración (a una concentración de 0,12 mg/m<sub>3</sub>), tos y náusea.

## **Ozono**

Uno de los contaminantes inducidos por el tránsito más generalizado es el ozono que se forma en troposfera, uno de los ingredientes principales del smog urbano. Se han observado efectos dañinos para la salud incluso en períodos de exposición de apenas 5 minutos. Estos efectos se vuelven mucho más pronunciados en períodos largos (superiores a 6 horas) a niveles de ejercicio moderado. El ozono puede provocar daños graves a los tejidos pulmonares y reducir las defensas contra las bacterias y los virus.

Se han registrado efectos nocivos a corto plazo sobre la salud en exposiciones de una hora en concentraciones de ozono de apenas 200 ug/m. Estos efectos incluyen, entre otros, irritación de los ojos, la nariz y la garganta, tos, sequedad de la garganta, dolores o presión en el pecho, mayor producción de mucosa, y náusea.

## **Bióxido de azufre**

El bióxido de azufre, un gas irritante que se absorbe por la nariz y en las superficies acuosas de las vías respiratorias superiores, está asociado con una disminución de la función pulmonar y un mayor riesgo de mortalidad y morbilidad. Los efectos adversos para la salud del bióxido de azufre son, entre otros, tos, flema, malestar en el pecho y bronquitis. La Organización Mundial de la Salud ha determinado

que los efectos de la exposición de los seres humanos en 24 horas al bióxido de azufre incluyen la mortalidad a concentraciones en el ambiente superiores a 500 ug/m<sub>3</sub> y una mayor morbilidad respiratoria aguda a concentraciones en el ambiente superiores a 250 ug/m<sub>3</sub>.

## **Materia particulada**

Las partículas de más de 10 um de diámetro, inhaladas por la nariz, se depositan en la sección extratorácica de las vías respiratorias, en tanto que las fracciones de 2,5 um a 10 um se concentran cerca de las vías aéreas finas. Las MP-2,5 preocupan más porque pueden evadir el sistema de defensa del aparato respiratorio humano y llegar al tejido pulmonar, donde pueden permanecer alojadas durante años o, en el caso de las partículas solubles, pueden ser absorbidos en el torrente sanguíneo. La presencia de partículas en el ambiente se ha vinculado a una mayor mortalidad y morbilidad y una función pulmonar disminuida. Se encontró también que la exposición a los gases de escape de los motores a diesel disminuye la función pulmonar. En investigaciones realizadas por el Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (CIIC) se llegó a la conclusión de que las partículas liberadas por los motores a diesel tenían posibles efectos cancerígenos en los seres humanos.

## **Plomo**

La mayor parte del plomo en el ambiente se encuentra en forma de partículas finas con un diámetro aerodinámico inferior a 10 um (MP-10). El ambiente también contiene compuestos de plomo orgánico en forma de gases. Los vehículos automotores son la fuente principal de plomo en el ambiente. Los adultos retienen del 20 al 60 % de partículas transportadas por el aire, y los niños tienen una tasa de deposición pulmonar que puede ser 2,7 veces más alta que la de los adultos basándose en la unidad de masa corporal. La proporción de plomo que se absorbe en el tracto gastrointestinal es de alrededor de 10 a 15 % para los adultos y hasta del 50 % para los

niños. El plomo absorbido en el organismo se distribuye en los huesos, los dientes, la sangre y los tejidos blandos. La mayor parte se concentra en los huesos (70 % en los niños y 90 % en los adultos). El plomo orgánico es absorbido principalmente por los pulmones, por las vías respiratorias y también por la piel.

Los niños pequeños menores a 6 años y los recién nacidos son los más vulnerables. Los niños con alto niveles de plomo acumulado en los dientes de leche tienen un cociente intelectual más bajo, pérdida de la memoria de corta duración, dificultades para leer y deletrear, integración deficiente de la percepción, indisciplina en clase y alteraciones en el tiempo de reacción.

## **EFFECTOS AMBIENTALES DE LOS CONTAMINANTES ATMOSFERICOS**

En forma generalizada, los efectos ambientales de las emisiones de contaminantes de vehículos automotores son, entre otros, cambios climáticos en el mundo debido a los gases de efecto invernadero, acidificación del suelo y de las aguas superficiales, efectos nocivos para algunas especies vegetales y animales, y daños a edificios y estructuras.

### **Óxidos de nitrógeno**

Los óxidos de nitrógeno pueden ser nocivos para el ambiente debido a la formación de nitratos y a la acidificación de las aguas superficiales. También se ha determinado que los óxidos de nitrógeno corroen los materiales de edificios y otras estructuras fabricadas por el hombre. El bióxido de nitrógeno, un gas de efecto invernadero, contribuye al calentamiento del clima mundial al absorber la radiación infrarroja.

## **Ozono**

El ozono es nocivo para los cultivos y la vegetación en general. La extensión del daño depende de la concentración de ozono y de la longitud de la exposición, y se incrementa al aumentar la intensidad de la luz y la humedad. El tabaco, el fréjol y la espinaca son plantas muy sensibles al ozono.

## **Bióxido de azufre**

Los efectos ambientales de bióxido de azufre son el resultado directo o indirecto de la deposición de ácidos. El bióxido de azufre en concentraciones de apenas 800 ug/m<sub>3</sub> es perjudicial para cultivos como el trigo, la cebada y algodón. El bióxido de azufre junto con el ozono y los óxidos de nitrógeno, han causado daños en los bosques de Europa, han provocado la acidificación de los suelos y han corroído estructuras y monumentos de mármol debido a la formación de sulfato de calcio (yeso).

## **Materia particulada**

Los efectos ambientales de la MP incluyen la suciedad y la degradación de la visibilidad. La suciedad corresponde a las partículas más grandes en función de sus características de sedimentación. La MP de menor tamaño es la que queda suspendida en el aire y está constituida por las que emiten los vehículos automotores y las que se forman en la atmósfera. Las partículas suspendidas absorben y dispersan la luz, reduciendo de esta manera la visibilidad.

## **Bióxido de carbono**

El bióxido de carbono forma una capa aislante alrededor de la Tierra que evita que escape el calor. Este efecto invernadero provoca un incremento de la temperatura de la tierra. Alrededor del 50 % del

calentamiento de la atmósfera se debe al bióxido de carbono. Se prevé que hacia finales del siglo XXI estos efectos provocarán un aumento de la temperatura de la Tierra de unos 3°C, lo que podría inducir cambios en las precipitaciones, zonas climáticas y una elevación del nivel del mar.

# **LAS ENERGÍAS RENOVABLES**

*Jacinto Guillén García*

Magíster en Gestión Tecnológica

Decano General de Investigaciones de la Universidad del Azuay



## RESUMEN

*Desde mediados del siglo pasado, los científicos y líderes políticos han tratado de imaginarse qué aspecto podría tener una economía posterior a la dependiente de los hidrocarburos, y aún hoy, en los albores del XXI, cuando la era de los combustibles fósiles acerca a nuestro planeta hacia una catástrofe ecológica, no hay conciencia de lo que será el futuro energético. Ahora más que nunca el mundo necesita una visión de energía sostenible .....y una estrategia que nos permita llegar hacia allá. Es por ello que una visión alternativa comienza a ser considerada con mucha insistencia con un simple hecho como eje central: cada día el mundo es bañado por oleadas de energía renovable, en su mayoría proveniente del sol.*

*De las distintas formas de energía, en particular, se denominan Renovables o Alternativas, aquéllas cuyo empleo no altera significativamente el medio ambiente, son cíclicamente recuperables en períodos de tiempo relativamente cortos, y, a diferencia de las denominadas Energías Convencionales, no se originan en la explotación de yacimientos de carácter finito y no renovable.*

*Mediante la presente investigación bibliográfica, se pretende ilustrar al lector sobre las bases y principios que determinan las principales formas de energía renovable, así como sus formas de aprovechamiento.*

## INTRODUCCIÓN

Aunque el crecimiento de las necesidades energéticas ha sido constante a lo largo de la historia, es con la Revolución Industrial, a finales del siglo XVIII, cuando la energía se convierte en uno de los factores de mayor trascendencia, e incluso condicionante, para el desarrollo de las actividades humanas.

La necesidad de fuentes energéticas flexibles, no condicionadas por situaciones geográficas, ni limitada por fenómenos de la naturaleza, condujo a la potenciación del uso de los combustibles fósiles para la producción de energía, en detrimento de los molinos de agua y de viento, de utilidad limitada en un mundo en el que el transporte de la energía era dificultoso, caro y desconocido.

Las únicas fuentes de abastecimiento energético hasta finales del siglo XIX fueron prácticamente la madera y posteriormente el carbón; desde esa época comienza la explotación masiva de los recursos petrolíferos que, a principios de los años 70, llegarían a cubrir más del 40% de la demanda energética de los países industrializados. Finalmente, a mediados del siglo XX, se descubre y aprende a utilizar la energía nuclear, con unos resultados tan prometedores que hicieron prever un futuro basado en este tipo de fuerza.

Sin embargo, y a partir de los años 70, coincidiendo con la llamada “crisis del petróleo”, el panorama sufre un cambio radical: los combustibles fósiles dejan de ser baratos y se empieza a cuestionar, tanto económica como socialmente, la rentabilidad de las centrales nucleares. Estas circunstancias, unidas al progresivo rechazo social a las tecnologías agresivas con el medio ambiente y a la concienciación sobre las consecuencias futuras de una sobreexplotación de los limitados recursos fósiles, condujeron, no sólo a la búsqueda de nuevas fuentes energéticas, sino también a la revisión de alternativas hasta entonces descalificadas o consideradas poco rentables.

En este contexto, resurge con vigor la idea del aprovechamiento

de los recursos renovables, como alternativa no despreciable ante una situación de aumento de la demanda de energía y progresivo agotamiento de las reservas de combustibles tradicionales, situación que, sin duda, se agravará en un futuro próximo, en tanto los avances de la ciencia no faciliten el acceso a nuevas y más generosas fuentes de energía.

## **ORIGEN DE LAS ENERGIAS RENOVABLES**

El sol es una gigantesca esfera incandescente, situada a 150 millones de kilómetros de la Tierra, con una masa 334.000 veces mayor que nuestro planeta, que desde hace aproximadamente 5.000 millones de años emite energía, la misma que se manifiesta básicamente en forma de luz y calor.

Debido a las reacciones de fusión que ininterrumpidamente tienen lugar en su interior, el sol transforma, cada segundo, 4 millones de toneladas de su masa en energía, lo que supone, de acuerdo con la ecuación de Einstein ( $E = mc^2$ ), una liberación energética del orden de los 8.600 billones de toneladas equivalentes de petróleo (tep) por segundo. Y, a pesar de que solamente 2 millonésimas partes de su radiación alcanzan la atmósfera terrestre, el sol, directa o indirectamente, es el origen de todas las formas conocidas de energía, a excepción quizá, de la energía nuclear.

## **EMPLEO ACTUAL DE LAS ENERGIAS ALTERNATIVAS**

Pese a los avances tecnológicos de los últimos años en el campo de las energías renovables, su contribución al balance energético es todavía modesta: de los aproximadamente 9.000 millones de toneladas equivalentes de petróleo (tep) en que se cifra la producción mundial de energía primaria, en el año de 1998, apenas un valor cercano al 1% se obtiene a partir de recursos renovables.

En el futuro mediato, la Comisión Europea de Energías Renova-

bles considera que la contribución de estas energías al total, podría representar entre un 2 y un 8 %.

En el Ecuador se aspira, según el *Plan Nacional de Electrificación* para el período comprendido entre los años 2002-2011, preparado por el Consejo Nacional de Electricidad, **CONELEC**, que el **2%** de la potencia total de generación llegue a ser cubierta por diferentes formas de energías alternativas.

## FORMAS ENERGÉTICAS RENOVABLES

La energía solar irradiada directamente, y que no es absorbida ni transformada de una manera significativa, se denomina energía solar directa o simplemente **Energía Solar**, ésta es la que proporciona a los habitantes de la tierra luz y calor.

La distribución no uniforme de la energía absorbida por la atmósfera, y la consiguiente formación de gradientes térmicos, es la causa primaria del movimiento de las masas de aire, y por tanto, origen de la **Energía Eólica**, o energía del viento.

Parte de la energía solar que atraviesa la atmósfera es absorbida por las plantas verdes, mediante el proceso de fotosíntesis, y se almacena en ellas en forma de energía química. Esta, que se transmite a través de la cadena alimentaria al resto de los seres vivos y que está presente también en los residuos que éstos generan, es la denominada **Energía de la Biomasa**.

La **Energía Geotérmica** es aquella contenida en el interior de la tierra, también con origen remoto en el sol, y que se manifiesta en forma de calor. Si bien, en sentido estricto, no se trata de un recurso infinito, su carácter prácticamente inagotable hace que generalmente se la incluya dentro del grupo de las energías renovables.

Cuando las masas de agua presentes en la superficie terrestre absorben energía solar, elevan su temperatura evaporándose en

parte, pasan a la atmósfera y posteriormente vuelven a caer a la tierra en forma de lluvia o nieve, que se acumulan a diferentes niveles. La energía potencial de estas masas de agua, que de forma natural se transforma en energía cinética al desplazarse a zonas de menor altura, es la potencia hidráulica, que, en particular, se denomina **Energía Minihidráulica**, cuando su aprovechamiento se realiza por medio de pequeñas instalaciones, poco agresivas con el medio ambiente.

Por último, la conjunción sobre los océanos de las fuerzas gravitatorias de la luna, el calor del sol y los vientos, son el origen de la **Energía del Mar**, en sus tres manifestaciones: energías de las mareas o mareomotriz, de las olas y energía de los gradientes térmicos o maremotérmica.

A continuación se expone las principales características de los diferentes tipos de energías renovables y sus formas de aprovechamiento:

## 1. LA ENERGÍA SOLAR

De toda la energía que procedente del Sol incide sobre la atmósfera terrestre, solamente una parte (algo más de la mitad), alcanza la superficie de nuestro planeta. En las capas más altas de la atmósfera se elimina la mayor parte de la radiación ultravioleta; otra, es reflejada al espacio; y por último, una parte es absorbida por el vapor de agua y otros componentes de la atmósfera.

De todas formas, la energía proveniente del sol llega a la superficie de la Tierra en enormes cantidades: se estima que cada diez días se reciben unos sesenta millones de billones de tep, cantidad equivalente a todas las reservas conocidas de carbón, petróleo y gas natural. No obstante, su aprovechamiento presenta ciertas dificultades, que la diferencian y distinguen de otras fuentes energéticas.

La mayor de estas dificultades, estriba en que se trata de una energía muy dispersa (a nivel del suelo se recibe una potencia máxima de  $1 \text{ kW/m}^2$ ), lo que obliga a considerar una nueva planificación en el aprovechamiento y distribución de la energía, totalmente diferente de la que actualmente se utiliza. En segundo lugar, sus características de intermitencia y aleatoriedad, plantean serios problemas en la optimización de sistemas de aprovechamiento, básicamente porque no están suficientemente desarrollados, al momento no existen sistemas con la eficacia deseada para el almacenamiento de la energía producida.

Finalmente, el empleo a gran escala de la energía solar, obliga a sistemas de captación de gran superficie, con una importante ocupación de terrenos y una estética, cuando menos, discutible, en un momento en que la sociedad se muestra especialmente sensible frente a las alteraciones de su entorno natural.

Sin embargo, y pese a los condicionantes descritos, es evidente que, tanto por su cantidad como por su calidad, la energía solar es una de las fuentes de aprovisionamiento energético más importante de que dispone la humanidad y por tanto, con todas las limitaciones que imponen las tecnologías de muy reciente implantación, puede y debe ser aprovechada.

- ***Técnicas de aprovechamiento:***

Además de su aprovechamiento pasivo, utilizado en numerosos elementos arquitectónicos desde épocas lejanas, se dispone de dos vías para emplear activamente la energía solar: su transformación en calor, o **conversión térmica** y su transformación directa en energía eléctrica, o **conversión fotovoltaica**.

**La conversión térmica** se basa en la utilización de un elemento (panel o colector) que, expuesto a la radiación solar, permite absorber su calor y transferirlo a un fluido para su posterior utilización, ya sea de manera directa (calefacción, agua caliente, etc.), o

para su transformación en energía eléctrica mediante grupos turbina – generador.

Los sistemas de conversión térmica se clasifican habitualmente en tres tipos, en función de la temperatura del fluido utilizado para la transferencia de calor. Así, se habla de sistemas de **baja temperatura** cuando el fluido trabaja por debajo de los 90°C, de **temperatura media** cuando lo hace entre 90°C y 300°C, y de **alta temperatura**, para valores superiores a los 300 °C.

**La conversión fotovoltaica** es la conversión directa de energía solar en energía eléctrica, se realiza por medio de células solares, dispositivos que aprovechan el efecto fotovoltaico, es decir, la capacidad de algunos materiales semiconductores para generar electricidad al incidir sobre ellos una radiación luminosa. Una célula solar típica está constituida por una lámina de silicio de gran pureza, tratada químicamente con boro y fósforo, dotada de electrodos metálicos en ambas caras. La energía solar que incide en la célula, rompe parte de los enlaces atómicos del silicio, creando pares electrón-hueco (negativo-positivo) que dan lugar a campos eléctricos, y por lo tanto a fuerza electromotriz, capaz de mantener la circulación de corriente eléctrica.

Puesto que los niveles de tensión y potencia suministrados por una célula solar son muy bajos, se suelen agrupar en paneles, de manera que, conectadas las células en serie o en paralelo, sea posible obtener la tensión e intensidad requerida para cada aplicación. En la mayoría de las aplicaciones de baja potencia, los paneles se conectan en paralelo con un acumulador o batería y, a fin de evitar pérdidas, el consumo se realiza directamente en corriente continua. Sin embargo, mientras los utilizadores necesitan suministro de corriente alterna, o cuando la instalación se proyecta para su funcionamiento en interconexión con la red general de distribución, es preciso instalar un inversor, dispositivo que convierte en corriente alterna, la corriente continua procedente de los paneles o la batería.

## 2. LA ENERGÍA EÓLICA

La radiación solar, absorbida irregularmente por la atmósfera, da lugar a masas de aire con diferentes temperaturas y, por tanto, variadas densidades y presiones. El aire, al desplazarse desde las altas hacia las bajas presiones, da lugar al fenómeno conocido como viento. Se estima que la energía contenida en los vientos es aproximadamente el 2% del total de la energía solar que alcanza la Tierra, lo que supone casi dos billones de tep al año y, aunque en la práctica solamente podría ser utilizada una parte muy pequeña de esa cifra (del orden del 5%), la cantidad de energía que ello representa hace de la energía eólica una de las fuentes de energía renovables con mayor potencial.

Al igual que sucede con la energía solar, la energía eólica se caracteriza por su aleatoriedad y dispersión, y por tanto, plantea un problema similar para su aprovechamiento en gran escala: la necesidad de costosos sistemas de almacenamiento, para adecuar la producción de energía a las exigencias de la demanda.

Aunque el aprovechamiento de la energía eólica data de épocas remotas de la humanidad (existen grabados egipcios sobre navegación a vela fechados 5.000 años a. C.), es a partir de los siglos XII y XIII cuando empieza a generalizarse el uso de los molinos de viento, ya sea para la elevación del agua o la molienda de cereales, estos ingenios, generalmente basados en diseños rudimentarios, con la introducción de diversas mejoras especialmente en los sistemas de regulación y orientación, estuvieron presentes hasta el siglo XIX.

El desarrollo de los molinos de viento se interrumpe con la revolución industrial y la utilización masiva del vapor, la electricidad y los combustibles fósiles como fuentes de energía motriz. En la segunda mitad del siglo XIX tiene lugar uno de los más importantes avances en la tecnología del aprovechamiento del viento: la aparición del popular “molino multipala americano”, dispositivo utilizado para bombear agua prácticamente en todo el mundo, por estar dotado de las características que habrían de sentar las bases para el diseño de

los modernos generadores eólicos.

En los años 70, coincidiendo con la primera crisis del petróleo, se inicia una nueva etapa en el aprovechamiento de la energía del viento, basada en la aplicación de modernas tecnologías, especialmente desarrolladas para la aviación, que dieron como resultado la aparición de una nueva generación de máquinas eólicas, muy perfeccionadas, caracterizadas por su alto rendimiento.

- ***Técnicas de aprovechamiento:***

A diferencia de los antiguos molinos de viento, utilizados exclusivamente para bombear agua y moler grano, prácticamente la totalidad de las modernas instalaciones eólicas se orientan hacia la producción de energía eléctrica., ya sea por la facilidad para manipular y transportar este tipo de energía, como por la versatilidad en aplicaciones posteriores.

Reciben el nombre de **máquinas eólicas**, aquellos dispositivos capaces de aprovechar la energía cinética del viento, transformándola en energía mecánica.

Una máquina eólica consta de tres elementos básicos: un **sistema de captación o rotor**, cuya misión es recoger la energía del viento y transformarla en energía mecánica; un **sistema de orientación**, que permitirá detectar la dirección del viento y situar el rotor de la manera más adecuada para un máximo aprovechamiento de la energía, y un **sistema de regulación**, para controlar la velocidad de rotación de la máquina y detenerla en caso necesario.

### **3. LA ENERGÍA MINIHIDRAÚLICA**

El potencial bruto de la energía hidráulica en nuestro planeta se estima en unos cuatro mil millones de tep, anuales. Pese a que condicionantes de tipo técnico, geográfico e incluso económico,

hacen que solamente sea posible el aprovechamiento de algo más de una tercera parte de este potencial, la cantidad de energía que ello supone, alrededor de mil quinientos millones de tep al año, es lo suficientemente importante como para que este tipo de energía pueda ser considerado como una fuente de abastecimiento energético de primera magnitud.

El aprovechamiento de la fuerza hidráulica tiene sus orígenes más remotos en las ruedas chinas de acción, construidas hace más de 4.000 años. La primera referencia documentada de un molino de agua, es la del molino romano, y data del año 85 a. C. Este ingenio era una rueda hidráulica de eje horizontal con álabes planos, que fue ampliamente utilizada durante la dominación imperial para la molienda de grano. Aunque durante la Edad Media y el período renacentista la energía de origen hidráulico llevó la prosperidad económica a numerosas ciudades edificadas junto a los grandes ríos, la técnica constructiva de los molinos apenas sufrió modificaciones, y no es sino hasta mediados del siglo XIX cuando se inicia el desarrollo de las máquinas que darán lugar a las modernas **turbinas hidráulicas**.

En esa época, coincidiendo con la revolución industrial, se construyen las primeras turbinas de reacción (Founeyron, 1832, y Francis 1848); posteriormente, fue recuperado el aprovechamiento de la rueda hidráulica, considerablemente mejorado (turbina de impulsión Pelton) y por último, en 1906 aparece la turbina Kaplan. Estas máquinas, de gran rendimiento y con unas velocidades de giro elevadas, abrieron el camino para una nueva aplicación de la energía hidráulica, que contribuiría a satisfacer gran parte de las necesidades energéticas de los países industrializados durante la primera mitad del siglo XX: la producción de electricidad a través de las denominadas **centrales hidroeléctricas**.

Si bien a partir de los años 50, la participación de la energía hidroeléctrica en el mercado energético disminuye rápidamente, en lo fundamental a causa de la drástica reducción en el precio de los combustibles fósiles, que impulsó la construcción de las grandes centrales térmicas, tras la crisis energética acaecida en los años 70,

los aprovechamientos hidroeléctricos son tomados nuevamente en cuenta.

La existencia probada de un importante potencial hidráulico todavía no aprovechado, unida a los avances tecnológicos de los últimos años, posibilitan una explotación rentable, lo cual sumado al creciente interés social por la utilización de fuentes energéticas poco agresivas al entorno, han devuelto a las pequeñas centrales hidroeléctricas el protagonismo perdido en décadas pasadas.

- ***Técnicas de aprovechamiento:***

En la actualidad, prácticamente la totalidad de la energía hidráulica en explotación es utilizada para la generación de energía eléctrica por medio de las centrales hidroeléctricas.

Se llama **central hidroeléctrica** al conjunto de instalaciones necesarias para transformar en energía eléctrica, la fuerza potencial y cinética de un curso de agua, y en concreto, se adopta la denominación de **mini central hidroeléctrica**, cuando la potencia de la instalación no supera los **5 MW**.

En función de su capacidad para almacenar el agua del río, se diferencian dos tipos básicos de centrales hidroeléctricas: las **centrales de agua fluyente** y las **centrales con regulación**.

Las de agua fluyente aprovechan una parte del caudal del río, que sin ningún tipo de regulación es desviado y conducido a la central para su conversión en energía eléctrica. Puesto que el caudal utilizado es variable en función de la aportación de agua en cada momento, la potencia disponible estará relacionada directamente con el caudal instantáneo del río.

En las centrales con regulación, existe la posibilidad de almacenar el agua por medio de una presa, lo que permite su aprovechamiento en el momento en que se precise, acomodando la producción

a las necesidades de consumo, al margen de los caudales que en cada momento aporta el río.

En las centrales de agua fluyente, la obra de captación consiste en un muro de pequeña altura (llamado azud o presa), transversal al curso del agua y construido generalmente en hormigón o mampostería, cuyo objeto es crear un pequeño remanso en el río y encauzar parte de su caudal hacia el resto de las instalaciones de la central. En las centrales con regulación, la obra de captación sirve además para elevar el nivel del río y almacenar el agua mediante la creación de un embalse.

El agua recogida en la captación se conduce a nivel prácticamente constante hasta las proximidades de la turbina por medio de un canal, en general a cielo abierto, que sigue las líneas de nivel del terreno con una ligera pendiente y proporciona el desnivel de agua necesario para el aprovechamiento hidráulico.

El canal de derivación desemboca en la cámara de carga, que no es más que un depósito regulador, cuya misión es absorber las puntas de consumo de la turbina en los arranques, evitando la entrada de aire a causa de un descenso brusco del nivel de agua.

Por último, a través de la tubería de presión o tubería forzada, el agua es conducida a la turbina, donde su energía potencial y cinética se convierte en energía mecánica de rotación, para posteriormente, y por medio de un generador, transformarse en energía eléctrica. Entre los numerosos tipos de turbinas desarrolladas a lo largo de la historia, en la actualidad, son tres las de uso más habitual: las turbinas *Pelton*, *Francis* y *Hélice*, con su variante, la turbina *Kaplan*.

#### **4. LA ENERGIA DEL MAR**

Los océanos, que cubren algo más de la tercera parte de la superficie del planeta, constituyen una fuente de energía práctica-

mente inagotable, y sin embargo muy poco aprovechada. Se estima que el potencial energético de los mares es del orden de los 50.000 millones de tep/año, es decir, más de cinco veces el consumo total de energía en el momento actual.

Son tres las manifestaciones más importantes de la energía de los océanos: la **energía de las mareas**, la **energía de las olas** y la energía **maremotérmica**.

- ***La energía de las mareas:***

Los ascensos y descensos del nivel del mar, provocados por la acción de las fuerzas gravitatorias del Sol y de la Luna han sido aprovechados por el hombre para la producción de energía desde hace muchísimos años. Ya en el antiguo Egipto eran utilizados primitivos molinos de marea para la molienda de cereales, y aunque han existido dispositivos de este tipo a lo largo de toda la historia, es en 1966 cuando, con la puesta en marcha de la central mareomotriz del estuario del río Rance, en Francia, se lleva a cabo el primer proyecto importante para el aprovechamiento de la energía de las mareas. Esta central, junto con la de la bahía de Kislaya, en la Unión Soviética, puesta en funcionamiento en 1968, son las únicas centrales mareomotrices en servicio en la actualidad.

Las centrales mareomotrices, al igual que las centrales hidroeléctricas, aprovechan la energía de una masa de agua que se desplaza desde un nivel superior hasta otro inferior. En su forma más elemental, una central de este tipo consta de un embalse, formado por un estuario o bahía natural, y un dique, que lo separa del mar y en el que se sitúan una compuerta y una turbina hidráulica, similar a las turbinas tipo Kaplan utilizadas en las centrales hidroeléctricas.

Básicamente, el funcionamiento de una central mareomotriz es el siguiente: mientras sube la marea, la compuerta del dique permanece abierta, y el estuario recibe el agua procedente del mar. En el momento de la pleamar, la compuerta se cierra, evitando el retorno

del agua al mar mientras baja la marea. Por último, antes de la bajamar, el agua contenida en el estuario se vacía nuevamente en el mar a través de la turbina, con la consiguiente producción de energía.

- ***La energía de las olas:***

El primer dispositivo diseñado para extraer la energía de las olas, data del siglo XVI; sin embargo hasta la actualidad, no se ha implementado ninguna instalación que permita el aprovechamiento de este tipo de energía. Puesto que mientras las variaciones de las mareas son perfectamente conocidas, tanto la distribución como la magnitud de las olas en un punto concreto son imposibles de predecir, condiciones que constituyen una enorme dificultad para diseñar dispositivos captadores de este tipo de energía, ya que éstos tendrían que ser capaces de responder eficazmente ante olas con formas, tamaños y frecuencias muy dispares.

- ***La energía maremotérmica:***

Una parte muy importante de la energía solar que incide sobre nuestro planeta es almacenada por los océanos en forma de calor. Esta energía, también llamada maremotérmica puede transformarse en energía eléctrica, aprovechando el gradiente térmico de las aguas de mar, es decir, la diferencia de temperatura entre sus capas superficiales, más calientes, y sus capas profundas, más frías.

Desde 1930, año en el que se construyó el primer ingenio capaz de aprovechar la energía térmica del mar, las investigaciones en ese campo han sido constantes. Aunque todavía quedan por resolver numerosos problemas técnicos, especialmente relacionados con la resistencia de los materiales a los ambientes marinos, los resultados obtenidos hasta el momento, aunque modestos, permiten pensar en que esta manifestación de la energía, pueda ser considerada como una importante fuente de abastecimiento energético en un futuro no demasiado lejano.

## 5. LA ENERGIA GEOTERMICA

Se llama energía geotérmica a la que se deriva del calor almacenado en el interior de la Tierra. Aunque todavía no se conocen exactamente las causas que han originado este calor, son varias las teorías que tratan de explicar este fenómeno. Unas sostienen que es debido a las elevadísimas presiones que existen bajo la corteza terrestre; otras suponen que se origina en la desintegración natural de los isótopos radiactivos presentes en todas las rocas y, por último, hay un enfoque que atribuye a la materia incandescente que en sus inicios formó el planeta.

Esta energía, que surge de forma natural o puede extraerse de entrañas de la Tierra, es bien conocida desde la más remota antigüedad. Ya en los relatos de Plinio el Joven se describe la utilización de las aguas termales, no sólo en piscinas, sino como fuente de calor para el acondicionamiento de viviendas y locales de recreo. Sin embargo, es a partir del siglo XX cuando este recurso comienza a utilizarse a gran escala. Actualmente existen numerosos aprovechamientos geotérmicos en todo el mundo, tanto para usos domésticos como para agrícolas e industriales, por ejemplo en Islandia, la tercera parte de las necesidades energéticas del País se satisface a través de fuentes geotérmicas.

De los recursos geotérmicos mundiales, estimados en unos 20.000 billones de tep, solamente una pequeñísima parte puede ser aprovechada por el hombre con las técnicas actualmente disponibles. Para ello es preciso que se cumplan al menos dos condiciones fundamentales: la primera es que la zona de elevada temperatura que se pretende explotar se encuentre situada a una profundidad asequible, a la que se pueda llegar con los medios tecnológicos disponibles. La segunda se deriva de la imposibilidad de extraer el calor directamente de las rocas. Es por tanto también necesaria la existencia en la zona de formaciones geológicas porosas, capaces de retener agua, de la que sí es posible extraer el calor y transportarlo a la superficie.

En función de la temperatura que puede alcanzar el agua en contacto con las rocas calientes, los yacimientos geotérmicos se dividen en dos tipos: de **baja temperatura** (baja entalpía), cuando su temperatura es inferior a los 150 °C y de **alta temperatura** (alta entalpía), cuando su temperatura es superior.

Los yacimientos geotérmicos de baja temperatura son los más abundantes y mejor distribuidos en el planeta, con una temperatura casi siempre inferior a los 100°C, encuentran su principal aplicación como fuente de calor para instalaciones de calefacción, ya sea doméstica, industrial o agrícola.

Los depósitos de alta temperatura se encuentran localizados exclusivamente en zonas con actividad volcánica reciente. La elevada temperatura del fluido, generalmente vapor, permite su utilización para la producción de energía eléctrica, por medio de un grupo turbina-generator.

- ***Técnicas de aprovechamiento:***

El esquema básico de funcionamiento de una explotación geotérmica es muy sencillo: basta con realizar una perforación hasta la zona donde se encuentra el agua caliente, extraerla y utilizar su calor para la aplicación requerida. Este sistema, sin embargo, tiene una serie de inconvenientes que hacen que en la práctica no sea utilizado, debido, por una parte, a que la extracción a gran escala de los fluidos geotérmicos puede alterar de una forma significativa la hidrología de la zona, tanto a nivel de la capa freática como a nivel superficial y por otra parte, debido a que el agua procedente del interior de la tierra presenta, en la mayoría de los casos, un alto contenido de sustancias, muchas veces nocivas, que impiden su utilización directa, por los problemas de contaminación y corrosión a que darían lugar.

Estos inconvenientes pueden evitarse reinyectando el fluido al yacimiento geotérmico, una vez utilizada su energía. Así, una explo-

tación geotérmica clásica está compuesta por dos perforaciones, con sus correspondientes bombas, y de un intercambiador de calor. El fluido extraído a través de una de las perforaciones (pozo de producción), pasa por el intercambiador, donde cede parte de su calor a un segundo fluido para su uso en los centros de consumo, y, por último, es inyectado de nuevo a la tierra a través de la segunda perforación (pozo de inyección).

Como se ha indicado anteriormente, con los medios técnicos disponibles hoy en día, sólo es posible extraer el calor de las rocas, cuando, a causa de su porosidad, permiten la circulación de un fluido a través de ellas. Para poder aprovechar los grandes yacimientos geotérmicos impermeables que existen en el subsuelo, se está investigando un sistema, llamado de **roca seca caliente**, que, en esencia, consiste en producir fracturas en la roca, a fin de proporcionarle una porosidad artificial que permita la extracción del calor inyectado un fluido, de acuerdo con las técnicas convencionales.

## 6. LA ENERGIA DE LA BIOMASA

La biomasa, primera fuente de energía utilizada por el hombre, es toda aquella materia orgánica originada como consecuencia de procesos biológicos. Son biomasa, por tanto, las plantas terrestres y acuáticas y sus productos derivados, los animales que se alimentan de ellas, y todos los residuos producto de la actividad de los seres vivos.

El componente energético de la biomasa procede de la energía solar, que las plantas verdes son capaces de captar y transformar en energía química, mediante el proceso de fotosíntesis. Esta energía, almacenada en forma de hidratos de carbono, se transmite al resto de los seres vivos a través de la cadena alimentaria y, como consecuencia, se encuentra también presente en los residuos que éstos generan.

La biomasa es un recurso renovable cuya utilización presenta

características singulares y notables beneficios indirectos. Además de tratarse de una fuente prácticamente inagotable, producida cíclica y continuamente por el reino vegetal, el reino animal, el sistema urbano y el sistema industrial, existe, al menos en alguna de sus formas, en casi todos los espacios geográficos.

Cuenta con múltiples aplicaciones, y no sólo energéticas, puesto que, tras las pertinentes operaciones, su transformación es beneficiosa, y aun necesaria, para el entorno: así, la recuperación de la biomasa de los bosques supone un notable incremento de los rendimientos forestales, y una considerable reducción del riesgo de incendio. De manera general, y para todos los medios, es el sistema idóneo de eliminación de residuos, con la subsiguiente mejora del medio ambiente natural, urbano e industrial. Incluso, y en ciertos casos, puede ser un modo de equilibrar determinados excedentes agrícolas.

En función de su grado de transformación, se suelen considerar tres tipos de biomasa: la primera o **biomasa vegetal**, la segunda o **biomasa animal**, y, finalmente la **biomasa residual**.

La biomasa vegetal, es la que se produce directamente a partir de la actividad fotosintética de los vegetales; es decir, está formada por las propias plantas. Pese a que el rendimiento máximo de la transformación de la energía solar en biomasa no llega al 5%, y solamente una pequeña parte de esta es aprovechable (el 40% está en el océano y la biomasa vegetal terrestre se encuentra muy dispersa), su potencial como fuente de abastecimiento energético es muy importante. Así, se estima en 70.000 millones de tep la energía solar fijada en las plantas cada año, lo que equivale a unas diez veces la energía del carbón y petróleo que se consume anualmente en el mundo.

Dentro de la **biomasa vegetal**, merecen especial atención los denominados **cultivos energéticos**, cuya finalidad es la producción de biomasa para su transformación en combustibles, y no para la obtención de productos alimentarios o de uso industrial, como

sucede en la agricultura tradicional.

La biomasa animal es la constituida por los seres vivos que se alimentan, directa o indirectamente, de las plantas. Debido a la baja eficacia de la transformación de la biomasa vegetal en animal (alrededor del 15%), no resulta interesante su uso con fines exclusivamente energéticos.

La biomasa residual está formada por los deshechos de carácter orgánico, producto de la actividad de los seres vivos que pueblan el planeta, es decir, comprende la parte no aprovechable en los procesos que se realizan sobre la biomasa vegetal y la animal. Atendiendo a su origen, la biomasa residual puede clasificarse en tres tipos: **agraria** (residuos agrícolas, forestales y ganaderos), **industrial** y **urbana**.

La importancia del aprovechamiento de la biomasa residual como fuente de aprovechamiento de energía resulta evidente si se tiene en cuenta que, en la actualidad, se genera un promedio de dos toneladas de residuos de todo tipo por habitante y año, cuyo valor energético se supone del orden de 2.400 millones de tep/año. Un aspecto favorable para la recuperación energética de estos residuos es el hecho de que, a diferencia de otros tipos de biomasa, suelen encontrarse concentrados, lo que facilita y abarata su recogida y tratamiento.

- ***Técnicas de aprovechamiento:***

En el estado en el que se recupera de los residuos, o se recoge directamente del terreno, la biomasa presenta generalmente una baja densidad física y energética, así como un contenido en humedad relativamente alto, circunstancias que impiden su uso directo como combustible. Dependiendo del tipo de biomasa, y del estado del que se encuentra, se utiliza una serie de procesos para su transformación en otros productos más útiles desde el punto de vista energético. Estos procesos pueden ser de dos tipos: **termoquímicos** y

## bioquímicos.

**Los procesos termoquímicos** se basan en la acción del calor sobre la biomasa. Sometida a altas temperaturas, la biomasa sufre una serie de reacciones químicas irreversibles que, dependiendo de la cantidad de oxígeno implicada en el proceso, se clasifican en tres tipos: **combustión**, cuando el calentamiento tiene lugar con exceso de oxígeno; **gasificación**, cuando la cantidad de oxígeno es limitada; y **pirólisis**, cuando el calentamiento se realiza en ausencia de oxígeno.

**La combustión** es el proceso más simple y más utilizado por el hombre para el aprovechamiento energético de la biomasa, y consiste en la oxidación completa de la materia, con producción de vapor de agua, dióxido de carbono, cenizas y calor. Prácticamente cualquier tipo de biomasa puede ser utilizada mediante este proceso, siempre que su contenido de humedad sea bajo y no presente cantidades apreciables de azufre, cloro o fluor, que pueden provocar problemas de corrosión en las instalaciones y la emisión a la atmósfera de gases contaminantes.

La combustión de la biomasa, cuya energía puede destinarse a la producción de agua o aire caliente para usos domésticos e industriales y a la producción de electricidad, tiene una especial aplicación en las industrias que generan sus propios residuos quemables, como las industrias papeleras, azucareras y de derivados de la madera, ya que, al producirse la biomasa en el mismo lugar en que se consume, se simplifica enormemente su manejo y se evitan los costos asociados al transporte, un caso similar es el de las plantas de tratamiento de residuos sólidos urbanos, donde cada día es más habitual el uso de esta técnica para la recuperación de energía a partir de las basuras.

La gasificación es el proceso mediante el cual la biomasa, calentada a temperaturas superiores a los 700°C en presencia de poco oxígeno, produce un gas combustible, compuesto básicamente por monóxido de carbono, dióxido de carbono, hidrógeno y metano,

en proporciones variables según la composición utilizada y las condiciones en que se realiza la gasificación. En particular, la utilización como comburante de aire u oxígeno, da a lugar a dos tipos de gas diferente, no sólo en su composición y poder calorífico, sino también en sus posibles aplicaciones.

Cuando la gasificación tiene lugar en presencia de oxígeno puro, se obtiene el llamado **gas de síntesis**. Este, cuyo poder calorífico oscila entre los 5.000 y los 10.000 kJ/m<sup>3</sup>, puede ser utilizado directamente, puesto que tiene las mismas aplicaciones que los combustibles gaseosos tradicionales (butano, propano, gas natural, etc.), pero es mucho más interesante, desde el punto de vista económico, que los combustibles gaseosos.

Si la gasificación de la biomasa se realiza en presencia de aire, el producto obtenido se denomina **gas de gasógeno** o **gas pobre**. Con un poder calorífico reducido (entre 3.500 y 5.500 kJ/m<sup>3</sup>), solamente puede ser utilizado como combustible, ya que, la presencia de nitrógeno en su composición, impide la transformación en otros productos más elaborados.

**La pirólisis**, procedimiento usado tradicionalmente, para la obtención de carbón vegetal, es la descomposición de la biomasa seca por la acción del calor en ausencia de oxígeno. En función de la temperatura a que tiene lugar el proceso (entre 275 y 500°C), y de las características de la biomasa utilizada, se obtienen como resultado productos sólidos (carbones, alquitranes y cenizas), líquidos (compuestos hidrocarbonatados) y gaseosos ( gas pobre), en diferentes proporciones.

Puesto que las fracciones sólida y líquida resultantes de la operación, son más importantes, desde el punto de vista energético, que la fracción gaseosa, es habitual utilizar esta última como combustible para el secado previo de la biomasa, lo que da lugar a un notable incremento en el rendimiento del proceso. En este caso, y por término medio, a partir de una tonelada de biomasa seca, se obtiene alrededor de 225 kg de líquidos, con un poder calorífico de 25.00 kJ/

kg, y unos 75 kg de productos sólidos (coque), con un poder calorífico medio de 20.000 kJ/kg.

Los procesos de pirólisis se utilizan para el tratamiento de residuos forestales, desechos agrícolas y, especialmente, residuos sólidos urbanos, campo en que se centra actualmente la investigación y donde se prevé un mayor desarrollo de esta técnica.

**Los procesos bioquímicos** son aquellos que aprovechan la acción de una serie de microorganismos, contenidos en la materia prima o añadidos durante el proceso, para descomponer la biomasa en otros productos más simples, pero con mayor valor energético. De estos procesos, especialmente para el tratamiento de biomasa con un elevado grado de humedad, los más utilizados son: **la fermentación alcohólica y la digestión anaerobia.**

**La fermentación alcohólica** consiste en la transformación biológica de los compuestos azucarados en etanol, combustible con alto poder energético, y anhídrido carbónico. Puesto que la biomasa vegetal contiene un elevado porcentaje de glucosa y otros compuestos convertibles en azúcares sencillos, resulta una excelente materia prima para este tipo de proceso.

La transformación de la biomasa en etanol tiene lugar en tres fases: **el pretratamiento**, cuyo objetivo es preparar para la fermentación, convirtiendo los almidones y celulosas presentes, en azúcares fermentables; **la fermentación**, o conversión de estos azúcares en etanol por medio de la acción de microorganismos; y por último, **la destilación**, operación destinada a purificar y concentrar el etanol obtenido.

El etanol, también llamado bioalcohol, producto final de la fermentación alcohólica, se emplea industrialmente en la producción de bebidas alcohólicas, como disolvente, materia prima para la fabricación de otros productos químicos; y especialmente, como sustituto total o parcial de la gasolina en prácticamente todas sus aplicaciones.

**La digestión anaerobia** es un proceso de descomposición bacteriana de la materia orgánica, realizado en ausencia de aire por ciertos microorganismos (bacterias anaerobias), da lugar a una mezcla de gases, llamada genéricamente biogás, además de un residuo de productos sólidos y líquidos. El proceso, bastante complejo, se lleva a cabo en recipientes impermeables al aire, llamados digestores. Consta fundamentalmente de dos etapas: en una primera, los compuestos orgánicos complejos presentes en la biomasa, son convertidos por bacterias acidificantes en otros de masa molecular más baja, como el ácido acético, el gas carbónico y el hidrógeno. En una segunda etapa, y por medio de bacterias metanogénicas, los ácidos son transformados en metano y más gas carbónico, mezcla de gases que constituyen el biogás. Como residuo, se obtiene una suspensión acuosa de materia sólida, compuesta por los productos no digeridos y las bacterias responsables del proceso.

La digestión anaerobia, utilizada desde hace cientos de años para la obtención de gas combustible, encuentra su principal aplicación en el tratamiento de residuos ganaderos, efluentes de industrias agroalimentarias y lodos de depuradoras, cuyo alto contenido de nutrientes favorece el desarrollo de las bacterias necesarias para la digestión.

**El biogás** es una mezcla de metano (50 – 70%), dióxido de carbono (30 – 50%) y otros productos, como nitrógeno, oxígeno, hidrógeno y ácido sulfhídrico, en pequeñas proporciones. Su bajo poder calorífico (del orden de los 25.000 kJ/m<sup>3</sup>), en comparación con otros combustibles gaseosos, no justifica su transporte fuera de la zona de producción, por lo que suele utilizarse en las propias instalaciones, bien quemándolo directamente para aplicaciones de tipo doméstico (calefacción, cocina, agua caliente), o bien usándolo como combustión interna, para elevación de agua por medio de bombas o producción de electricidad, a través de generadores eléctricos.

El residuo resultante del proceso de fermentación anaerobia, formado por los productos no digeridos, fundamentalmente proteí-

nas, grasas, celulosa y sales, es también un producto aprovechable. Las transformaciones bioquímicas que tienen lugar durante la digestión, convierten a los nutrientes vegetales contenidos en la biomasa, como el nitrógeno, el fósforo y el potasio, en formas químicas fácilmente asimilables por las plantas, por lo que estos residuos constituyen un excelente abono orgánico, de calidad muy superior a la biomasa sin tratar.

## BIBLIOGRAFÍA

1. I.D.A.E. *Guía de las Energías Renovables en Andalucía*. Andalucía, España, 1995.
2. I..D.A.E. *Guía de la Energía*. Madrid, España, 1993.
3. Brown, Lester y otros. *La situación en el mundo 1992*. Editorial Sudamericana, Buenos Aires, 1992.
4. SANDÍA NATIONAL LABORATORIES. *La Opción Solar para el Bombeo de Agua*. Albuquerque, New México, USA, 1992.
5. RODRÍGUEZ, Humberto. GONZÁLEZ, Manuel. *Manual de Radiación Solar en Colombia*. Bogotá, Colombia, 1992.
6. NEBEL, Bernard J. WRIGHT, Richard T. *Ciencias Ambientales*. Prentice Hall, México, 1999.
7. VÁSQUEZ, Francisco. *Electrificación Rural Fotovoltaica para la Comunidad de Censo, Loja, Ecuador*. Tesis de Maestría en Energías Renovables. Universidad Internacional de Andalucía, Andalucía, España, 2000.