

ISSN 2215-9800

Órgano de divulgación de la Academia Colombiana de Ciencias Veterinarias, Vol. X No. 1, Julio - Diciembre de 2022



**Academia Colombiana
de Ciencias Veterinarias**

Medicina Veterinaria y Zootecnica

Órgano informativo de la Academia Colombiana de Ciencias Veterinarias

Volumen X No. 1

Julio-Diciembre de 2022

ISSN 2215-9800

www.academiadecienciasveterinarias.org

academia@comvezcol.org

ACADEMIA COLOMBIANA DE CIENCIAS VETERINARIAS

JUNTA DIRECTIVA

Presidente	Lucía Esperanza Másmela Olarte
Vicepresidente	Frenado Nassar Montoya
Secretaría	Héctor Fabio Valencia Ríos
Secretario Suplente	Ramón Correa Nieto
Fiscal	Carlos Alfonso Polo Galíndez
Tesorero	Hugo Hernando Leíva Kossatikoff
Vocales Principales	Luis Jair Gómez Giraldo Libia Guzman Osorio César Augusto Lobo Arias Martha Cecilia Suárez Alfonso Marlyn Romero Peñuela
Vocales Suplentes	Guillermo Javier Gómez Jurado Rosa Elsa Pérez Peña César Augusto Serrano Novoa Claudia Brieva Rico Sandra Ujueta Rogríguez
Secretaría General	Carlos Alberto Martínez Chamorro

EDITORIA

©Academia Colombiana de Ciencias Veterinarias

Calle 101 No. 71A-52 Barrio Pontevedra

Tels: 601 - 226 6722 - +57 3147699505

Consejo Profesional

Tels: +57 - 3217232504

Bogotá D.C.

SSN 2215-9800

www.academiadecienciasveterinarias.org/

[facebook.com/](https://facebook.com/AcademiaColombianaDeCienciasVeterinarias)

AcademiaColombianaDeCienciasVeterinarias

Tiraje

200 ejemplares

Diagramación e impresión

Pensar Verde Editora

Calle 10 No. 26 - 50

Tel: 320 400 3360

editora3ltda@gmail.com

Bogotá - Colombia

Julio - Diciembre de 2022

Las opiniones expresadas en los artículos reflejan exclusivamente el punto de vista de los autores y no constituyen una doctrina específica de la Academia Colombiana de Ciencias Veterinarias.

COMITÉ CIENTÍFICO

Victoria Eugenia Pereira-Bengoa
Mónica Reinartz Espinosa
Alfonso Arenas Hortúa
Dumar Jaramillo

COMITÉ EDITORIAL

Lucía Esperanza Másmela Olarte
Aureliano Hernández Vásquez
Guillermo Javier Gómez Jurado
Martha Suarez Alfonso

COMITÉ DE ARBITRAMENTO

Arturo Ramón Anadón Navarro.
Secretario General de la Real Academia de Ciencias veterinarias de España

Alvaro Pedraza Osorio Filósofo y ambientalista

Carlos Alfonso Polo MVZ, PhD Toxicología

Carlos J. Jaramillo Arango MVZ, PhD
Epidemiología Academia Ciencias Vet. México

César Augusto Lobo Arias DMVZ, MSc, PhD
Virología

Cesar Augusto Serrano Novoa MV, PhD Bioética

Diodoro Batalla Campero Phd, Académico de México Epidemiólogo

Dumar Jaramillo Hernández MVZ, MsCPhD
Salud Animal, Inmunología

Fernando Nassar Montoya MV MsC Vida Silvestre

Gilberto Cely Galindo S.J Filosofía, Bioética

Héctor Fabio Valencia MVZ MsC, Microbiología.

Hugo Leyva Kossatikoff Mv Esp. Homotoxicología

Joanna Velasco Santamaría MV PhD
Microbiología e Inmunología. Acuicultura

Juan de Jesús Taylor Preciado Academia de México, Presidente Asociación. Panamericana de Facultades de Medicina Veterinaria

Lázaro Reza Garcia MVZ MSc Microbiología y Epidemiología

Luis Carlos Villamil Jiménez MV ,PhD Salud Pública

Luis Fernando Gómez Echeverri MSc,PhD
Agroecología Bioética

Marta Olivera Angel PhD Biotecnología de la Reproducción

Néstor Mosos Campos Doctor Mv. Dmv. Área Avicultura: Patología, Epidemiología, Salud

Pedro Ciriaco Olmos. MVZ, PhD Académico Número México. Cirugía

Ramón Correa Nieto MVZ, MsC Salud Animal

Rosa Elsa Pérez Peña MsC Desarrollo Rural

Sandra Ujueta Rodríguez MVZ, Microbiología

Victoria Pereira-Bengoa MVD, MsC Académica ACCV Vida Silvestre

Contenido

Editorial	7
Presentación	9
Ensayos	
<i>Breves anotaciones sobre la Tensión Epistémica de la Agroecología</i> Leyson Jimmy Lugo Perea	19
<i>Teorías rivales dentro de las ciencias ambientales</i> Andrés Felipe Montoya Rendón / Luis Fernando Gómez	30
<i>Las generaciones de las vacunas: Caso de vacunas antiparasitarias gastrointestinales utilizadas en Medicina Veterinaria</i> Laura Daniela Prieto Prieto / Lina María Vargas Borda / Dumar A. Jaramillo Hernández	44
Crónicas de la academia	
<i>Palabras de bienvenida</i>	61
<i>Presentación de la Doctora Julia Teresa Bedoya Mashuth</i>	62
<i>Presentación del Doctor Leyson Jimmy Lugo Perea</i>	64
<i>Presentación del Doctor Lacides Serrano Vega</i>	66
<i>La genómica, la proteómica y la bioinformática en el desarrollo de las ciencias veterinarias y animales en el siglo XXI</i>	67
<i>Las biotecnologías productoras de alimentos y sus impactos ético-culturales</i>	88
<i>Biodiversidad y bioética</i>	102
<i>Instrucciones para autores de la revista</i>	121

EDITORIAL

La comprensión del contenido de la presente edición, nos invita a dar una mirada universal sobre los planteamientos de las teorías rivales de la Agroecología, los disfraces que tiene ésta que asumir para actuar y su relación con la ética y el compromiso humano para conservar en serio este gran planeta, que es nuestra única morada para subsistir como seres vivos. En los ensayos de los académicos Leyson J Lugo Perea titulada “tensión Epistémica de la ecología”, y el titulado “Teorías Rivales dentro de las Ciencias Ambientales”, de los académicos Andrés F. Montoya y Luis F. Gómez Echeverri, su contexto caracteriza la situación real para avanzar en procesos orientados a concatenar conceptos y acciones en un marco lógico y coherente que permita aplicar tanto principios fundamentales como las operaciones pertinentes a una política pública y sus efectos.

Los fundadores de la Fundación Ediciones Veterinarias y Zootécnicas EDI-VEZ y promotores de la obra “La Medicina Veterinaria y la Zootecnia: Trayectoria del siglo XX y Proyecciones siglo XXI”, delegaron en franco compromiso a la Academia Colombiana de Ciencias Veterinarias y personalmente a Lucía Esperanza Másmela Olarte, uno de sus coautores, para analizar y poner al día esta obra. Se consultó y se corroboró el grado de conocimiento de los contenidos del libro de la referencia y se obtuvieron bajos índices de consulta, no obstante su distribución a los profesionales del área de las Ciencias Veterinarias y afines y a todas las bibliotecas de universidades, instituciones de educación superior y entidades gubernamentales, privadas e instituciones de investigación. El resultado obtenido fue constatar que en gran medida este libro había quedado en los anaqueles y que una de las prioridades era dar a conocer a los jóvenes los hechos que el cuerpo de profesionales de las Ciencias Veterinarias y Zootecnia, había producido durante más de 150 años. Esta razón nos impulsó a decidir reeditar ensayos, hallazgos, conocimientos y perspectivas para el siglo XXI, presentarlos en esta publicación de la Academia ACCV y en otras futuras, según el interés demostrado por los lectores.

Por otra parte, se espera que por los planteamientos de académicos de la ACCV sobre la agroecología, una ciencia que nos debe ocupar en su filosofía, su acción y su impacto, sea acogida como ciencia básica para poder evaluar nuestro avance en el cuidado y favorecimiento de los recursos naturales, la bioética y ecoética. Hoy nuestra valoración del servicio a la humanidad debe profundizar los deberes y derechos de los seres vivos y de la naturaleza como seres que tienen una gran razón de ser.

PRESENTACIÓN

Esta edición nos ilustra sobre conceptos y experiencias que se han vivido en los procesos que han ocurrido y que permiten según el investigador Lugo.J. L académico de la ACCV, comprender la relación que la agroecología tiene con la agricultura industrial, la cual conviene apoyarse en una descripción que hace Giraldo (2018) sobre el tipo de agricultura puesta al servicio del capitalismo. Esto es la actividad agrobiotecnológica entendida como “una fuerza que ordena a plantas, animales y personas para constituir un conjunto regulado y disciplinado de seres vivos operando en aras de un modelo que le impone el patrón de la fábrica de la naturaleza” (p. 34). ¿No se corresponde esto con la “idea” del agroecosistema que tiene la agroecología en tanto trozo ordenado de plantas y animales?. Al respecto no se encuentra ninguna diferencia entre la actividad agrobiotecnológica del modelo industrial agrocapitalista y la idea agroecosistémica de la agroecología occidentalizada que se está tratando, sin pretender afirmar con ello, que la agroecología promueva la agricultura industrial. Es importante detenernos en este punto para hacer algunas aclaraciones al respecto.

Si se revisa la concepción del agroecosistema y la actividad agrobiotecnológica, encontramos que tienen en común la cosificación de las agriculturas para encausarlas por la senda de la optimización y el productivismo, uno desde la tecnología agrocapitalista y otro desde la racionalidad ecológica.

Tanto el agroecosistema como la actividad agrobiotecnológica no sólo ordenan las plantas y los animales paradigmáticamente, sino que instrumentalizan a los campesinos, indígenas y afrodescendientes, constituyéndolos como productores al servicio de la lógica agrocapitalista.

En esta sentido, comúnmente los agroecólogos enfocan sus estudios en temas tales como el manejo ecológico de las malezas y las enfermedades de los cultivos; el diseño de agroecosistemas diversificados y sustentables; el control y manejo de insectos plaga de importancia económica; el manejo de la fertilidad de los suelos; la agricultura ecológica; comparaciones entre la agricultura convencional y la agroecología; la nutrición vegetal; agroforestería con enfoque agroecológico; diseño y aplicación de abonos y enmiendas orgánicas y en una larga lista de estudios que, como puede verse a simple vista, tienen una marcada intención productivista en tanto optimización de los rendimientos, aumento de las ganancias y articulación a los mercados.

El profesor Gómez L.F., Académico ACCV, nos hace reflexionar sobre las teorías rivales que surgen en los procesos de pensamiento, la política y su aplicación. Uno de ellos es el expuesto por Lynn White, Jr. (1967) en Raíces históricas en las ciencias ambientales, al afirmar que ni la causa ni la solución de la crisis ecológica eran la ciencia y la tecnología convencionales. Su hipótesis fundamental era que “nuestra ciencia y nuestra tecnología [moderna] han nacido de la actitud cristiana respecto a la relación del hombre con la naturaleza” (2007, p. 85) esgrimiendo como su argumento principal el hecho del cristianismo haber desencantado al planeta y todos sus habitantes no humanos, al ubicar lo sagrado en una esfera celestial externa, lo cual permitió la posterior explotación de la biosfera. Así fue el desencantamiento del mundo realizado por el cristianismo, el que hizo posible el surgimiento de metáforas como el mecanicismo sobre el que descansa la ciencia convencional y filosofías como la de Descartes que ven a los seres animales no humanos como objetos o autómatas. De hecho, White, Jr. (2007, p. 83) afirma que “el cristianismo es la religión más antropocéntrica que el mundo ha conocido, especialmente en su forma occidental”.

La hipótesis de Raíces históricas es rival de programas de investigación como los de Haagen-Smit o Carson porque concluye que “más ciencia y más tecnología no nos librarán de la actual crisis ecológica”. Por el contrario, su hipótesis central lo lleva a señalar que nuestra civilización no superará la crisis “hasta que encontremos una nueva religión o repensamos nuestra religión antigua” (2007, p. 85), indicando un programa de investigación totalmente distinto.

Seis años después de Raíces históricas, el filósofo noruego Arne Naess (1973) publicó Los movimientos de la ecología superficial y la ecología profunda: un resumen. En él, escribió que existían dos posiciones para enfrentar la crisis ecológica. La primera, que denominó “ecología superficial”, se caracterizaba por luchar contra “la contaminación y el agotamiento de los recursos naturales” y tener como objetivo “la salud y la vida opulenta de los habitantes de los países desarrollados” (2007, p. 98). Así, las investigaciones de Middleton, Haagen-Smit y Carson quedaban dentro de esta categoría, pues su objeto de estudio es la contaminación química. Además, estos autores no realizan ningún cuestionamiento profundo a la ciencia o a la tecnología convencional. De hecho, Carson manifestó que ella no abogaba por la eliminación de los pesticidas sintéticos, sino por su uso racional y el cambio tecnológico de biocidas no selectivos a unos que afecten arvenses, insectos o enfermedades específicas (Ros, 2012).

La segunda posición, denominada “ecología profunda”, comprende aquellas filosofías ambientales que comparten en mayor o menor medida siete principios generales. Comparada con la ecología superficial, esta propuesta filosófica recoge su lucha, pero incorpora otras luchas políticas: la anticlasista, la antiespecista y la lucha por la autonomía local. En lo que respecta al objetivo principal, Naess (2007) no es explícito, pero apunta al florecimiento de la biosfera y todos sus miembros.

Los Académicos de la Universidad de los Llanos, Doctores Prieto et.al, nos presentan las bases para el control de problemas parasitarios, por cuanto los

parásitos continúan siendo limitantes a la salud y altos deterioros para la economía. La prevención es la plataforma fundamental del quehacer en la salud vacunas antiparasitarias.

Las vacunas son el pilar fundamental de la medicina preventiva y la base para posibles planes de control y/o erradicación de enfermedades, especialmente las infecciosas. Los parásitos internos en los animales de producción y de compañía continúan siendo una de las principales amenazas para la salud y el bienestar animal con importantes implicaciones económicas, además de su impacto en la salud pública mundial. Su control se ha basado casi exclusivamente en fármacos quimioterápicos, que desde hace varios años han perdido su eficacia y existen claros ejemplos de resistencia parasitaria a ellos. Hay pocos ejemplos comerciales de vacunas de parásitos gastrointestinales disponibles comercialmente para su uso en la práctica de la Medicina Veterinaria. Esta revisión describe algunos ejemplos comerciales de vacunas gastrointestinales antiparasitarias para su formulación en la práctica médica veterinaria, visto desde la perspectiva de “las generaciones de vacunas” y respaldado por estudios clínicos experimentales de antígenos prometedores para el control profiláctico de ciertos agentes parasitarios gastrointestinales de interés en salud pública principalmente. Hasta la fecha, está disponible con ciertas limitaciones comerciales en algunos países europeos y oceánicos Barbervax® y en países sudamericanos Providean® Hidatil EG95 para uso en rumiantes para el control de *Haemonchus contortus* y *Echinococcus granulosus*, respectivamente; en algunos países de América y África, Cysvax™ está disponible para el control de *Taenia solium* en cerdos; y en el mundo con muy pocas limitaciones, una serie de vacunas comerciales para el control de la coccidiosis como la *Eimeria spp.* en la industria avícola: pavos, pollos de engorde y gallinas ponedoras (ej: CocciVac®, Immucox®, Paracox®, entre otros). Existe la necesidad de tener estos tipos de vacunas en todos los países donde estos parásitos gastrointestinales son endémicos y de esta manera brindar opciones para su control, por consiguiente, una serie de inversiones económicas son necesarias para apoyar el desarrollo técnico-científico en torno al desarrollo de nuevos biológicos (nuevas generaciones de vacunas) efectivos y seguros para el control de los parásitos internos más relevantes en animales de producción y de compañía.

El profesor Cely, Académico ACCV, ha planteado conceptos que conciernen medularmente a las ciencias veterinarias, en el prólogo del libro “Las Ciencias veterinarias, trayectoria del siglo XX y proyecciones al XXI” en el que hace énfasis en los organismos genéticamente modificados OMG y en las biotecnologías vegetales y microbianas que hacen parte del sistema científico.

Los avances de las ciencias contemporáneas, especialmente aquellos referidos a las llamadas tecnologías de punta, representan nuevas condiciones de progreso evidente – también de altos riesgos si no se les normatiza rigurosamente y se ejerce control sobre ellas-, y abren un sinnúmero de posibilidades en diferentes ramas del quehacer humano. Entre todas las ciencias sujetas a este acelerado cambio, resalta la biotecnología con el más maravillosos producto del ingenio humano, como la reina de las tecnociencias, por sus nota-

bles adelantos cualitativos, especialmente en los dominios fundamentales de aplicación, tales como el ambiente, la salud, la agricultura y la alimentación.

La biotecnología es una disciplina aplicada que agrupa a un conjunto de metodologías y técnicas derivadas de la bioquímica, la genética, la biología general y molecular y productos bioquímicos beneficiosos para la sociedad, que empleen o modifiquen sistemas vivos, o compuestos derivados de organismos vivos para satisfacer necesidades humanas o del entorno.

Algunas de las vertientes de la biotecnología moderna utilizan material genético, portador de información trasmisible a la descendencia propia o a la de la otra especie, contenido en ADN, en ARN, tanto de origen natural como sintético y semisintético, manipulándolo por ingeniería, fuera de sus células de origen para transferirlo y multiplicarlo en otras células- que pueden ser de otro reino -. En este sentido, la biotecnología tiene la intención de alterar la dotación genética de los organismos vivos (animal, vegetal, fúngico, protista y monera) e incluso de las especies de clasificación de reproducir o transmitir material hereditario. Esta es la ingeniería genética, a la cual le apuestan la economía y la política sus más ambiciosos intereses. Al respecto dice Javier Gafo:

“La nueva tecnología permite intervenir directamente en el genoma de los seres vivos posibilitando el trasplante de genes de unas especies a otras. La enorme variedad de las especies biológicas es el resultado de una historia evolutiva que comenzó hace 3.500 millones de años. ¿Es lícito interferir en la dinámica del proceso evolutivo, cuyos mecanismos no son aun plenamente conocidos, y destruir las barreras que serán las especies biológicas? ¿Qué riesgos pueden surgir de la creación de las que han sido llamadas, con bastante exageración, nuevas formas de vida”, microorganismos o especies superiores genéticamente manipuladas? Y, sobre todo, ¿Qué consecuencias antropológicas y sociales pueden sobrevivir al mismo ser humano? Debemos agradecerles a los científicos y tecnólogos todas las cosas maravillosas que hacen a favor de la humanidad. Estoy por la tecnociencia, creo que suma de las cosas más maravillosas que la inteligencia humana ha estado produciendo y producirá; estoy con ella y pido que la hagamos bien, con conciencia, con responsabilidad, por ensayo y error, cómo es todo proceso humano. Es cierto que las tecnociencias comportan riesgos, pero no hay que llenarse de temores sino de abordarlos con criterio ético y esperanzador. Existen muchos tipos de ellas; en el caso que tratamos, nos ubicamos en el debate ético de aquellas biotecnologías que ofrecen modificar artificialmente los genomas de productos agroalimentarios, tema apasionante para la imaginación creativa de los científicos que desean hacer sus aportes al problema del hambre, desnutrición, salud humana, salud ambiental y conflictos demográficos”.

El profesor Umaña J.A. nos presenta un análisis retrospectivo del siglo XX y plantea los trascendentales eventos científicos y tecnológicos en diferentes campos del saber, cuyos efectos se traducen en la transformación de las sociedades, las culturas y el ambiente sostenible. Algunos de ellos han dejado profunda huella en la humanidad, como la bomba atómica, las armas biológicas, la llegada del hombre a la luna, la informática, la biotecnología, el SIDA, el cáncer, la clonación y las vacunas sintéticas, entre otros.

Por otra parte, el crecimiento desbordado de la población humana y su necesidad inherente de conservación, el crecimiento industrial y la consecuente destrucción del ambiente, han generado problemas de grandes dimensiones como la destrucción de la capa de ozono, la desertización, la contaminación ambiental y la pérdida de diversidad.

El desarrollo científico y tecnológico se ha constituido en un elemento de poder y originar dilemas éticos sobre el sentido y la calidad de vida. Una consecuencia de la globalización de la economía es la imposición por parte de países con capacidad económica de imponer política de patentes y propiedad intelectual en una forma sesgada, como consecuencia del desconocimiento de los países propietarios, de sus recursos naturales y de su valor intrínseco. Ello promueve una urgente reflexión sobre la ética de la investigación científica. (Umaña1999).

La responsabilidad del científico se incrementa en la medida que amplía su saber y su acervo técnico. Con el predominio de las ciencias de la vida, la experimentación da otro salto cualitativo y, por lo tanto, no solo crea situaciones artificiales, sino verdaderos modelos experimentales en animales. En consecuencia, la investigación en ciencias biológicas no puede sustraerse al análisis bioético, al haber trascendido la observación y promover cambios en seres vivos, cuyo carácter en magnitud no son predecibles, precisamente porque están inmersos en las incógnitas que investigan (Hume, 1997).

Los Académicos Duque,H y Barrera J.C nos comentan el papel de la genómica, la proteómica y la bioinformática en el desarrollo de las ciencias veterinarias en el siglo XXI, en el tema de genomas y bioingeniería, siendo notables la secuenciación y mapeo de los genomas de los animales domésticos.

Gran cantidad de genomas de bacterias, levaduras, virus parásitos animales y plantas han sido secuenciada en su totalidad, o se encuentra en proceso de secuenciación. El mayor éxito se logró con la publicación preliminar de la secuencia del genoma humano en febrero del año 2001, que fue posible gracias al progreso rápido en las técnicas de secuenciación.

El método de la degradación química de Maxam y Gilbert de los años 1970, se reemplazó por el de dideoxy de Sanger, entre los años 1980 y 1995; actualmente por el de ciclos térmicos y terminación con colorantes, que permite leer un número mucho mayor de nucleótidos por prueba. Además, hace posible la obtención automática de los datos, al reducir el tiempo y el error de la lectura manual, con la ventaja de que los datos salen organizados en un formato apto para el análisis computarizado.

No sería posible estudiar los mecanismos de regulación, y el control de expresión y la interrelación de los genes en el humano, si no se hubiera tenido antes como modelos las bacterias, las levaduras, la mosca *Drosophila melanogaster*, el gusanito *Caenorhabditis elegans*, La rana *Xenopus laevis*, el pez cebra *Danio rerio* y todas las cepas diferentes de ratón de laboratorio, que por su simplicidad, tamaño y fácil manejo permiten una disección más adecuada de los fenómenos biológicos.

Se podrán apreciar mejor los alcances futuros de las nuevas tecnologías que se aplicarán, a la salud humana y animal, durante el Siglo XXI, si partimos de una proyección prospectiva de algunos de los avances teóricos realizados durante los dos últimos dos siglos.

La era genómica en la medicina veterinaria se encuentra en pleno desarrollo. En la actualidad, grupos de investigadores participan en proyectos de secuenciación y mapeo de genomas de bovinos, equinos, cerdos, aves, perros y gatos. El estudio del genoma del perro puede ser muy importante para el descubrimiento de las causas genéticas que dominan el desarrollo morfológico de los mamíferos, lo mismo que su comportamiento. En los animales de granja, los objetivos principales son los genes que determinan la producción de carne, leche, huevos o lana.

En cuanto a Transgenes y Transgénicos, un organismo que ha sido modificado para que lleve genes de otra especie, se denomina organismo transgénico. Esta tecnología se desarrolló inicialmente en bacterias, las cuales se han utilizado para producir proteínas de otras bacterias, de virus, de animales o de plantas. Aunque estos desarrollos se llevaron a cabo durante los últimos 20 años del Siglo XX, las aplicaciones en animales solo se están empezando a implementar.

En consecuencia, las referidas metodologías se perfeccionarán en el Siglo XXI, para permitir la inserción del gene extranjero en sitios determinados del genoma animal (inserción dirigida) donde no interfieran con la expresión de otros genes, y lograr así la expresión de las proteínas en los sitios y tejidos seleccionados. De la misma manera, la producción de la proteína

podrá regularse o suspenderse cuando se requiera, o llevarse a cabo solamente en determinadas células, tejidos u órganos.

Para producir un animal transgénico, los genes que se desean transferir se insertan en vectores o plásmidos, y se inyectan dentro del huevo fertilizado. Algunas de estas secuencias van a las células germinales y pueden pasar a la descendencia. De esta manera, se dispondrá de animales que actuarán como biorreactores para producir proteínas de otros organismos en la sangre o la leche, lo que facilita la recolección, la separación y la purificación.

Con relación a las vacunas de péptidos sintéticos, despertaron mucha expectativa hacia 1980, pero el interés ha decaído debido a que, hasta el presente, las vacunas desarrolladas por este método han conferido una protección reducida. El mayor problema estriba en que la mayoría de los epítopes no son lineales, es decir, no están conformados por aminoácidos que estén uno detrás de otro en la cadena de aminoácidos.

Se han realizado varios intentos para producir vacunas de péptidos sintéticos contra el virus de la fiebre aftosa, algunos de ellos en Colombia, pero la protección obtenida ha sido muy reducida.

El espectro de cobertura en este tipo de vacunas es muy estrecho, debido a que se utilizan solo secuencias contra pocos epítopes de un número limitado de virus.

En cuanto a vacunas polinucleotídicas (DNA o RNA) o vacunas de tercera generación, corresponden a preparaciones de polinucleótidos o ácidos nucleicos: DNA o RNA altamente purificados en las que el ácido nucleico codifica por la proteína para la cual se espera una respuesta inmune.

En la historia de las vacunas de polinucleótidos se menciona a Pascú Atanasiu como la primera persona que reportó en el año 1962, la transfección de células in vivo con DNA purificado hechas por el doctor Atanasiu en 1962, y no fue sino hasta 1990 cuando el doctor Wolf demostró que un gene reportero se podía expresar in vivo y mantenía su actividad biológica.

Finalmente, las vacunas de DNA son en general plásmidos bacterianos y las vacunas de RNA, son genomas virales recortados, con capacidad de autorreplicarse. En este caso, las secuencias del genoma viral que no se necesitan para la replicación del RNA, se reemplazan por la secuencia que codifica por el antígeno.

Ensayos

Breves anotaciones sobre la Tensión Epistémica de la Agroecología¹

Leyson Jimmy Lugo Perea² Correo E. ljlugop@ut.edu.co
Recibido Septiembre 2022 - Aprobado Octubre 2022

Introducción

El presupuesto débil que se defenderá en este punto es que la agroecología, como ciencia contracorriente, ha constituido su estatuto epistemológico desde la base de la racionalidad moderna occidental. Hasta aquí no hay nada de novedoso ni original, pues sobre la occidentalización de las ciencias ya se ha dicho bastante. Sin embargo, y aquí se expone el presupuesto fuerte, hay dos importantes aspectos que llaman la atención: primero, el hecho de que, si bien la agroecología emergió como una ciencia “contracorriente” o contrahegemónica frente a la racionalidad moderna occidental, consolidó su estatuto epistemológico a partir de los presupuestos modernos que “alentaron” su emergencia. Segundo, que al margen de esa primera ciencia agroecológica se haya gestado una agroecología otra por fuera de los presupuestos de la racionalidad moderna occidental, lo que sugiere una tensión epistémica que merece ser revisada. Esta revisión, dicho sea de paso, quedaría incompleta si no se aborda, además, el tipo de praxis al que conduce cada una de estas vertientes epistémicas de la agroecología.

En la actualidad se reconocen fácilmente dos horizontes agri-culturales que persisten y que son ampliamente

contradictorios entre sí: uno de corte industrial, moderno; y otro de estilo “tradicional” o “atrasado”³. El primero está orientado por la racionalidad agroindustrial, en la que el entramado agrícola queda expuesto al acoplamiento de una técnica que lo desfragmenta y lo reduce a simples objetos de importancia económica. Este horizonte agrícola no es más que el ampliamente conocido y debatido modelo de agricultura industrial. El segundo refiere al entramado agrícola que mujeres y hombres campesinos tejen como filamentos integrados a sus territorios de vida. Esto es, una creación campesina que, a su vez, determina modos de ser campesino. Se les conoce comúnmente como agricultura tradicional. Se considera que el abordaje de estos horizontes agrícolas permite identificar o “detectar” la tensión epistémica de la agroecología.

1. Gran parte de las reflexiones abordadas en este escrito fueron publicadas por el autor en Lugo (2019).

2. Ingeniero Agroecólogo. MSc. Desarrollo Rural. MSc. Filosofía Contemporánea. Esp. Filosofía Contemporánea. Profesor de la universidad del Tolima. Miembro del Grupo de Investigación en Agroecologías, Ambientes y Ruralidades.

3. En otros trabajos hemos hecho amplias referencias a este tipo de horizontes o de imágenes agrícolas, entre los cuales se recomiendan: Lugo y Rodríguez (2020) y Lugo (2018).

Si la teoría, en su sentido más básico, es la forma a partir de la cual la ciencia representa la realidad, es necesario hacer una breve referencia tanto de la teoría agroecológica como la realidad de la que emerge dicho constructo teórico. Para el caso que nos interesa, la agroecología se ocupa de las agriculturas insertas en las dos realidades, nuevamente: una moderna y otra tradicional, a menudo considerada “atrasada” al compararla con la hegemónica agricultura moderna. Se supone que la agroecología como perspectiva contracorriente en clave de movimiento social, estilo de vida y ciencia emergió en, desde y para esa realidad agrícola “atrasada”, por ser la antítesis de la agricultura moderna industrial y de la que podrían derivarse otras formas de ser y estar en el territorio. Sin embargo, la parte “científica” de la agroecología se ha movido entre lo moderno y lo atrasado, como se mostrará en párrafos posteriores, lo que a simple vista deja entrever la constitución de dos epistemes en una sola ciencia.

No obstante, a partir de lo mencionado podría preguntarse si una ciencia puede presentar estas particularidades, teniendo en cuenta que la ciencia es ciencia, precisamente por la definición de un estatuto epistemológico que se constituye desde su objeto de estudio; así como del respectivo método utilizado para estudiarlo, con lo cual logra justificar sus presupuestos científicos. ¿Puede haber dos biología, dos medicina, dos ecología, dos sociología o, para el caso que se está tratando, dos agroecología?

Cosa distinta es que de cada una de estas ciencias se deriven campos específicos que guarden correspondencia con la “ciencia primera”. Por ejemplo: biología celular, medicina bioenergética, ecología del suelo, sociología rural. Sin embargo, ¿podemos decir agroecología moderna (industrial) o agroecología tradicional (atrasada)? Pese a que en el corpus teórico agroecológi-

co poca atención se ha prestado a esta distinción entre agroecología moderna y tradicional, puede decirse con seguridad que en dicho corpus se aprecian dos vertientes epistémicas, una que “encaja” en lo industrial y otra en lo tradicional, inscritas ambas en una misma ciencia, la agroecología. Este aspecto permite pensar que el término se ha usado indistintamente para llamar agroecología a algo que no lo es, lo cual a todas luces resulta tan contradictorio como problemático. ¿Veamos por qué?

En un sentido estricto, la agricultura moderna (industrial) surgió como consecuencia de la industrialización de la vida que gestó los presupuestos modernos de progreso y bienestar, orientados por un saber técnico-científico que prometió mejorar las condiciones de vida humanas y garantizar la salud del planeta, sin sospechar el advenimiento de la profunda crisis ambiental a la que asistimos como planeta y humanidad. Por tanto, se trata de una práctica promovida por el agronegocio apoyado estrictamente en tecnologías como la revolución verde para aumentar la producción y optimizar la rentabilidad. Este tipo de agricultura se caracteriza por ser: 1) altamente dependiente de insumos de síntesis química; 2) ocupar grandes extensiones de tierra; 3) efectuarse en forma de monocultivo; 4) usar tecnologías de alto costo económico y energético; 5) estar orientada por saberes corporativos; y por 6) hallarse fuertemente ligada al mercado y la fábrica. Estos factores, en últimas, son los que determinan qué se debe producir, en qué cantidades y para qué tipo de mercados?

En contraste con esto último, la agricultura “tradicional” está inscrita en la racionalidad campesina, indígena o afro. Por tanto: 1) no depende de insumos de síntesis química sino de una racionalidad ecológica/orgánica acoplada a las dinámicas ecológicas y culturales de los territorios; 2) ocupa mínimas extensiones de tierra en comparación con

el modelo dominante; 3) comúnmente se lleva a cabo en forma de policultivos, de allí que a menores extensiones de tierra mayor diversidad agraria; 4) usa tecnologías tradicionales y recursos locales; 5) se trata de un tejido agrícola que otorga sentido a la existencia campesina; 6) está orientado por el conocimiento local y no está articulada o, mejor aún, no responde directamente a las exigencias del mercado, sino prioritariamente a las necesidades familiares⁴.

Si la agroecología emergió como una perspectiva crítica en, desde y para la agricultura tradicional, ¿por qué se sostiene que esta ciencia se constituyó desde la racionalidad moderna occidental y, por tanto, su estatuto epistemológico se derivó en, desde y para la agricultura industrial? No se pretende aquí insistir en un aspecto que ha sido ampliamente debatido respecto del dualismo occidental sobre el que se edifican las ciencias, sino más bien los límites y las contradicciones que de ello se derivan, para el caso de una ciencia como la agroecología que, una vez más, emergió como una clave crítica para la resistencia campesina frente a la modernización de sus tradiciones. Bien se ha aceptado que la agroecología es una ciencia con un objeto de estudio (el agroecosistema) claramente definido; que constituye su haber epistemológico desde los saberes occidentales y no occidentales (conocimiento local), a partir de los cuales se diseñan los agroecosistemas con enfoque de sostenibilidad, para lo cual resulta determinante la transición agroecológica. Son estos aspectos puntuales los que permiten entender el problema que se está tratando.

4. Es importante aclarar que no se pretende aquí caer en idealismos y esencialismos sobre las formas tradicionales del ser, hacer y conocer agrícola, pues muchos campesinos, indígenas y afrodescendientes, como muchos otros estilos de vida, operan dentro de las lógicas de la modernidad. Como bien dice Giraldo (2018), “salvo las comunidades que permanecen en aislamiento voluntario, en el siglo XXI es difícil justificar “un afuera” del proyecto de la civilización occidental” (p. 78). No obstante, estos estilos tradicionales agrícolas constituyen mecanismos de resistencia dentro del mismo proyecto civilizatorio hegemónico, por lo que es común hablar de “hibridaciones ontológicas que se manifiestan fundamentalmente en rituales y prácticas localizadas como la agricultura” (Giraldo, 2018, p. 78).

Conviene retomar como punto de partida dos definiciones clásicas de la agroecología. Una que la describe como una ciencia que estudia “los fenómenos netamente ecológicos dentro del campo de cultivo, tales como relaciones depredador/presa, o competencia de cultivo/maleza” (Hecht, 1999, p 18). Otra que la asume como la disciplina “que provee los principios ecológicos básicos para estudiar, diseñar y manejar agroecosistemas que sean productivos y conservadores del recurso natural, y que también sean culturalmente sensibles, socialmente justos y económicamente viables” (Altieri, 1999, p. 9). Estas concepciones dejan entrever la constitución racional moderna de la agroecología, así como su amplia relación, paradójicamente, con la agricultura industrial.

Como bien puede apreciarse en el corpus agroecológico, la ciencia agroecológica se ha valido de métodos positivistas para estudiar, diseñar y manejar los agroecosistemas. De hecho, la categoría agroecosistema es un constructo racional moderno que “define, describe y reduce a las agriculturas como una cosa con atributos y funcionalidades que pueden ser comprendidas paradigmáticamente” (Lugo y Rodríguez, 2018, p. 102). Esto fácilmente permite entender que el agroecosistema es la representación del tejido agrícola objetivado, un ente externo cosificado, ordenado, manipulado, calculado. De allí que se le entienda como “un trozo de naturaleza que puede ser reducido a una última unidad como arquitectura, composición y funcionamiento propios y que posee un límite teóricamente reconocible (...)” (González de Molina 2011, p. 18). La complejidad de la trama agrícola queda reducida a un trozo, un pedazo, un recorte mecánico y lineal de plantas y animales cuyo funcionamiento puede ser explicado y orientado por leyes científicas (modernas occidentales) de la agroecología como de otras ciencias, si se tiene en cuenta que esta se “nutre” de otras

ciencias. Estas consideraciones dejan entrever un problema ontológico, ya que suprime de “ese trozo” a toda la subjetividad e intersubjetividad que crean las agri-culturas, y la determinación de las agri-culturas en estas subjetividades e intersubjetividades. Sobre esto, Giraldo (2013), señala que:

El hacer de la agricultura tradicional, el cual aún subsiste en más de la mitad de la tierra cultivada en el mundo, ha determinado diversas maneras de ser de sus agricultores, quienes se han creado a sí mismos por obra de la actividad agrícola. La agricultura no es por tanto, un tema que deba reducirse a la productividad, sino un asunto profundamente ontológico, que ha conformado por milenios las formas del ser, el habitar y el permanecer de la humanidad entera, y que en mucho menos de una centuria ha sido irrumpida por un modelo fabril homogeneizante, cuyo racional percibe a la tierra como un depósito de recursos muertos que podrán ser extraídos para siempre (p. 34).

Lo planteado por este autor permite afirmar que la categoría de agroecosistema, además de relegar e incluso negar los modos de ser agrícolas, reduce el texto agrícola a un asunto exclusivamente productivista y es justo allí donde la agroecología guarda amplia relación con la lógica de la agricultura industrial, en el sentido de que diseña, estudia y maneja trozos ordenados de plantas y animales [para] que sean productivos, económicamente viables y, por tanto, insertos en una lógica de mercado. Con esto se quiere indicar que el agroecosistema como objeto de estudio deja entrever a la agroecología como “un marco para reforzar, ampliar o desarrollar la investigación científica, firmemente arraigada en la tradición occidental y de las ciencias naturales” (Wezel et al. 2009; Wezel y Soldat 2009. En Méndez, Bacon y Cohen, 2013, p. 11).

Reducir la complejidad agrícola a una categoría tan abstracta como el agro-

ecosistema implica “dejar por fuera” un vínculo milenario entre los sujetos que crean y re-crean las agri-culturas mediante rituales y prácticas milenarias. La agroecología occidentalizada diría al respecto que esto no es así toda vez que se reconocen, revaloran y resignifican los conocimientos locales como epistemes sobre las que se orienta el estudio, diseño y manejo de los agroecosistemas; lo cual es susceptible de crítica ya que a estos conocimientos se les ha asumido desde un marcado utilitarismo.

Para mostrar la relación que la agroecología tiene con la agricultura industrial conviene apoyarse en una descripción que hace Giraldo (2018) sobre el tipo de agricultura puesta al servicio del capitalismo. Esto es, la actividad agrobiotecnológica entendida como “una fuerza que ordena a plantas, animales y personas, para constituir un conjunto regulado y disciplinado de seres vivos operando en aras de un modelo que le impone el patrón de la fábrica de la naturaleza” (p. 34). ¿No se corresponde esto con la “idea” de agroecosistema que tiene la agroecología en tanto trozo ordenado de plantas y animales? Al respecto no se encuentra ninguna diferencia entre la actividad agrobiotecnológica del modelo industrial agrocapiatalista y la idea agroecosistémica de la agroecología occidentalizada que se está tratando, sin pretender afirmar con ello que la agroecología promueva la agricultura industrial. Es importante detenernos en este punto para hacer algunas aclaraciones al respecto.

Si se revisa bien, la concepción del agroecosistema y la actividad agrobiotecnológica tienen en común la cosificación de las agriculturas para encausarlas por la senda de la optimización y el productivismo, uno desde la tecnología agrocapiatalista y otro desde la racionalidad ecológica. Tanto el agroecosistema como la actividad agrobiotecnológica no sólo ordenan las plantas y los animales paradigmá-

ticamente, sino que instrumentalizan a campesinos, indígenas y afrodescendientes y se les constituye como “productores” puestos al servicio de la lógica agrocapitalista. Al fin de cuentas, lo que importa una vez más es el diseño de “agroecosistemas productivos y conservadores del recurso natural y que también sean culturalmente sensibles, socialmente justos y económicamente viables” (Altieri, 1999, p. 9).

Con esto tampoco se está queriendo decir que la agroecología se ha constituido en un corpus de conocimiento para la agricultura industrial. Por el contrario, esta ciencia atravesada por la episteme moderna occidental ha constituido un estatuto epistemológico en, desde y para el agroecosistema. Mientras que, en el caso de la agricultura industrial, por el simple hecho de haber sido inscrita en la matriz técnica de la revolución verde, ha sido orientada por saberes corporativos generados por la agronomía clásica o convencional al servicio de la industrialización de la agricultura.

Lo que se está queriendo decir es que la agroecología sigue la misma lógica productivista de la agricultura industrial. Para entenderlo mejor es necesario volver al agroecosistema y a la actividad agrobiotecnológica, pues esta apoya la tesis de que la agroecología no sólo está constituida desde la racionalidad moderna occidental, sino que comparte similitudes con la praxis industrial de la agricultura. Según esto, es apenas lógico que desde la agroecología se efectúe una mirada paradigmática, productivista, cosificadora o instrumental de las agriculturas, como

consecuencia de su constitución desde la episteme moderna occidental⁵.

Comúnmente los agroecólogos enfocamos nuestros estudios en el ámbito del manejo ecológico de las malezas y las enfermedades de los cultivos; el diseño de agroecosistemas diversificados y sustentables; el control y manejo de insectos plaga como aquellos de importancia económica; el manejo de la fertilidad de los suelos; la agricultura ecológica; comparaciones entre la agricultura convencional y la agroecología; la nutrición vegetal; agroforestería con enfoque agroecológico; diseño y aplicación de abonos y enmiendas orgánicas y así una larga lista de estudios que, como puede verse a simple vista, tienen una marcada intención productivista en tanto optimización de los rendimientos, aumento de las ganancias y articulación a los mercados⁶.

5. Como bien lo ha mostrado el pensamiento decolonial, el diseño de los currículos universitarios ha sido orientado por la racionalidad moderna occidental tal como se aprecia en los programas académicos de pregrado y posgrado en los que se forman los agroecólogos.

6. Se recomienda visitar la página de la Sociedad Científica Latinoamericana de agroecología (SOCLA), una fuerte y consolidada organización que agrupa académicos e investigadores, efectúa cursos de formación en diferentes países y lidera el Congreso latinoamericano bianual de agroecología. Estos congresos, según se informa en la página electrónica, “marcan el estado del arte de la agroecología tanto en la región latinoamericana como en Iberoamérica. En estos eventos SOCLA reúne a académicos, técnicos, estudiantes y agricultores organizados, propiciando el diálogo y generando acuerdos que se difunden a través de la Carta Agroecológica al final de cada evento”. El SOCLA no sólo agrupa y moviliza a la “élite intelectual” latinoamericana de la agroecología, sino que, además, genera una producción bibliográfica que contribuye en el quehacer agroecológico de América Latina y, por qué no, del mundo. En esta producción bibliográfica puede verse la constitución racional moderna de la agroecología. Si bien existen diferentes fuentes de información agroecológica, se hace referencia al SOCLA dada la importancia, el reconocimiento y la influencia que tiene en la región. El link de la página es <https://www.socla.co/>

Estos aspectos permiten entender por ejemplo que si en la agricultura industrial los insectos denominados plagas y las hierbas consideradas malezas⁷ se controlan mediante tratamiento químico, la agroecología lo hace mediante tratamiento orgánico sin querer decir con esto que la agroecología se reduzca a un simple “hacer” agriculturas orgánicas. Lo mismo aplica para las deficiencias del suelo, la nutrición vegetal, el tratamiento de enfermedades vegetales, entre otros.

De allí su “parecido” con la lógica de la actividad agrobiotecnológica de la agricultura industrial, pues si bien la agroecología se ha propuesto hacer agriculturas (agroecosistemas) mediante tecnologías radicalmente opuestas a las de la agricultura industrial, mantiene el mismo propósito de ésta en el sentido de que se ajusta a las lógicas del capitalismo. Podríamos decir que la agroecología es un campo de conocimiento científico “atrapado” por el modelo civilizatorio occidental que, dada la crisis ambiental generada por dicho modelo, reconoce en la agroecología una potencialidad para cambiar los modos de producción sin abandonar la lógica productivista y rentable de las agriculturas⁸. Esto es lo que lleva a considerar que la agroecología tiende a “verse a sí misma como una vía alternativa para el [discurso neoliberal del] desarrollo rural y [del] desarrollo sostenible” (Giraldo, 2018, p. 11)⁹.

Sin embargo, la razón tecnológica no es la única que determina esa “semejanza” que se está mencionando, también lo hacen las demás particularidades de la agroecología como: los conocimientos locales, la sostenibilidad y la transición agroecológica, sobre lo cual se hará a continuación una breve referencia.

Como bien puede advertirse en el marco teórico agroecológico, se suele

atribuir una visión utilitaria y cosificada a los saberes locales al instrumentalizarlos como información, datos, categorías a partir de las cuales se refuerza la productividad, la sostenibilidad y la resiliencia de los agroecosistemas, pues se trata de conocimientos “materializados” en prácticas y tecnologías milenariamente “validadas” y, por tanto, estratégicas para alcanzar la sostenibilidad de los agroecosistemas.

Respecto a la sostenibilidad, esta ha sido abordada por la agroecología desde lo ecológico y lo económico mediante la imitación de las dinámicas naturales a través de los agroecosistemas, lo que garantizaría una producción sustentable de biomasa útil para comercializar. Es decir, la sostenibilidad no hace algo distinto a internalizar las dinámicas ecológicas que dan soporte a los procesos económicos que se derivan en y desde la naturaleza. Esto permite entender que la potente relación que la agroecología encuentra entre los saberes locales y la sostenibilidad para mantener esa lógica agrocapitalista que hemos descrito, se da en razón a que tales saberes contienen una compleja multiplicidad de experiencias que emergen de los modos de vida que cohabitan con la naturaleza y que contribuyen en la sostenibilidad ecológica de los agroecosistemas, la cual, como señala Leff (2002), “se constituye en una condición de la sostenibilidad del proceso económico” (p. 21).

7. Dada su poca importancia económica y potencial de “daño” al que conduce su nicho ecológico.

8. Esto puede verse reflejado en el estratégico interés que tienen algunos organismos internacionales (ONU, FAO, Banco Mundial, entre otros) en apropiarse de la agroecología como enfoque alternativo de desarrollo. Esta preocupación lleva a preguntarse si la agroecología “va a terminar siendo parte de la caja de herramientas del sistema agroindustrial para reestructurarse en el contexto de la crisis civilizatoria o si, por el contrario, se potenciará como una movilizadora alternativa política para transitar hacia la construcción de las alternativas al desarrollo” (Giraldo y Rosset, 2016, p. 14).

9. Los corchetes son del autor.

Respecto a la transición agroecológica puede decirse que ha sido el recurso metodológico que la agroecología ha empleado para materializar su propósito si se tiene en cuenta que a través de ésta: 1) se materializa la idea de agroecosistema y 2) se orienta y re-orienta la transición de la agricultura industrial a la agricultura agroecológica en cuanto a sus aspectos técnicos. Es decir, tecnologías radicalmente opuestas a las tecnologías de la revolución verde. La transición vendría a ser el elemento discursivo que permite, por un lado, efectuar un sinnúmero de prácticas que ecologizan a las agriculturas insertas en la matriz industrial y, por el otro, operar la poderosa ecuación: conocimientos locales + agroecosistema = sostenibilidad = articulación al mercado¹⁰.

Tenemos, de este modo, una agroecología que se ha constituido desde una epistemología anclada en la dualidad moderna occidental llevándola, en consecuencia, a reproducir las lógicas del modelo agrocapitalista en los términos hasta ahora expuestos, pues la industrialización de la agricultura es un símbolo de una modernidad que, como señala Mignolo (2000), fue imaginada como el hogar de la epistemología. En este caso sería el hogar al que se “mudó” una ciencia como la agroecología y que, a juicio del autor, presenta tensiones que desvirtúan el sentido de la agroecología llevando a cuestionar si, por un lado, es apropiado llamar agroecología a una ciencia que emergió en principio como perspectiva contracorriente pero terminó atrapada en las lógicas de la racionalidad moderna occidental; y por el otro, si puede aceptarse al agroecosistema como el objeto de estudio de la agroecología o si este más bien estaría en correspondencia con otro tipo de ciencia.

Estas cuestiones abren otra puerta en la discusión relacionada con el hecho de que muy probablemente se ha estado llamando agroecología a algo que tal vez no lo es ni lo ha sido. ¿Adón-

de se quiere llegar con este argumento? A plantear que la agroecología ha sido confundida con la agronomía ecologizada y en esto consiste la tensión epistémica a la que se hace mención.

La agronomía clásica o convencional se entiende, en términos generales, como el conjunto de conocimientos relacionados con el cultivar de la tierra cuyo principal fin ha sido “(...) aumentar el rendimiento, seleccionar los cultivos, las especies y las formas más rentables, en resumen, introducir el cálculo en la práctica agrícola” (Giraldo, et. al., 2012, p. 212). ¿De qué manera? Mediante el diseño de sistemas agrícolas en extensiones de tierra (preferiblemente amplias) para efectos de una mejor productividad y maximización de ganancias. La agronomía clásica tuvo así un marcado interés en la domesticación de plantas (y animales) para fines eminentemente capitalistas, por lo que se le puede considerar como una ciencia que asume una postura moderna al reducir las agriculturas a simples mercancías que se producen y reproducen, en lo que se conoce como agricultura industrial. El sistema agrícola al que se hace referencia es al mismo objeto de estudio agroecológico: el agroecosistema, de nuevo considerado como un “trozo de naturaleza que puede ser reducido a una última unidad con arquitectura, composición y funcionamiento propios y que posee un límite teóricamente reconocible, desde una perspectiva agronómica, para su adecuada apropiación por parte de los seres humanos” (González de Molina, 2011, p. 18)¹¹.

10. Una referencia más amplia a estos aspectos ha sido tratada por el autor en Lugo (2022).

11. Es importante recordar que esta es la concepción general que la tradición agroecológica tiene del Agroecosistema, como objeto de estudio de la agroecología. Giraldo y Nieto (2015) en una interesante reflexión sobre el papel del profesional en agronomía, en la restauración de la tierra como entorno complejo, sostienen que la agronomía “tiene definido como objeto de estudio el agroecosistema entendido como el modelo específico de intervención del hombre en la naturaleza, con fines de producción de alimentos y materia prima” (p. 213).

¿Quiere esto decir que la agronomía clásica y la agroecología comparten el mismo objeto de estudio?; ¿es válido que dos ciencias, si bien ampliamente afines, pero radicalmente (supuestamente) opuestas compartan el mismo objeto de estudio? Puede decirse que sí, siempre y cuando cada una de estas ciencias tuviesen una intencionalidad distinta con dicho objeto de estudio, pero la agroecología lo mismo que la agronomía clásica navega en las mismas aguas modernas/occidentales/coloniales. ¿Acaso se trata de una misma ciencia con nombres distintos? Una breve respuesta a esta pregunta se muestra en los párrafos siguientes, pero antes es necesario volver a la gesta de la revolución verde para efectos de una mejor comprensión y argumentación.

El carácter reduccionista, productivista y rentable de las agriculturas convirtió a la agronomía en el dispositivo científico ideal del siglo XX, para la generación de saberes corporativos que llevarían a terreno el protocolo tecnológico de la revolución verde. Las corporaciones y los Estados forjaron (financiaron) la agronomía como un campo de conocimiento prioritario, para efectuar investigaciones agropecuarias que apuntaran al aumento de la producción, “lográndose así la incorporación en los currículos de un lenguaje técnico en el que se soportaba el uso de insumos de síntesis química y de maquinaria agrícola” (Lugo y Rodríguez, 2018, p. 103), como única vía segura para solucionar el problema del hambre.

Esto llevó a la formación de ingenieros agrónomos cuyo fin último fue promover la modernización de las agriculturas tradicionales, mediante agroecosistemas orientados por protocolos tecnológicos (agrotóxicos), que llevarían al prometido aumento de la pro-

ducción y posterior incremento de la rentabilidad. Como se mencionó antes, la idea del hambre y su posterior solución por la vía tecnológica desató una crisis ambiental que se ha agudizado durante las últimas décadas. Dicha crisis ambiental afloró en la década de los años sesenta y setenta poniendo en evidencia la crisis de la modernidad occidental y cuestionando, de paso, el saber corporativo condensado en la agronomía clásica, lo que condujo a su transformación epistémica. Sobre esto último, Leff (2014), plantea lo siguiente:

Hacia los años sesenta, las transformaciones sociales, los cambios culturales y la crisis ambiental se reflejan en la inestabilidad del campo de la ciencia, de las ciencias sociales y la sociología. En el momento de su mayor apogeo, el estructuralismo como la episteme predominante (...) entra en crisis. Los principios de evolución, de estabilidad institucional, de norma y función social, son problematizados para abrir las compuertas a la configuración de una episteme ecologista (...) (p. 223).

La emergencia de la episteme ecologista que menciona el autor conllevó al anuncio de una nueva agronomía que, sin alejarse de sus intenciones productivistas y corporativistas imprimiría una racionalidad ecológica en las agriculturas o, mejor aún, en aquellos trozos de plantas y animales ordenados linealmente. Lo que se está queriendo decir es que, tanto la crisis ambiental como la episteme ecologista de los sesenta “obligó” a la agronomía, atada a la revolución verde, a dar un giro ecológico en su estatuto epistemológico emergiendo así la agronomía ecologizada. Esto es,

12. En los currículos agronómicos universitarios puede apreciarse con claridad este giro ecológico.

la misma agronomía, pero ahora con una “mirada” ecológica de las agriculturas sin apartarse por supuesto de la lógica industrial de ellas¹², mediante el diseño de agroecosistemas ambientalmente viables, ecológicamente sustentables, económicamente rentables y socialmente justos como sostiene la tradición agroecológica, lo que lleva a preguntar si esto es realmente agroecología. O, más bien, si no se ha venido confundiendo a la agroecología con la agronomía ecológizada. De ahí que:

[...] En la década de los años sesenta y setenta ocurrieron dos importantes hechos: por un lado, la agronomía dio apertura a la racionalidad ecológica como campo epistemológico, y, por el otro, emergió la agroecología en las tres acepciones ya referenciadas. Distinguimos así una agronomía ecológizada y una agroecología claramente distintas y referenciadas. La agronomía ecológizada es una ciencia basada en el dualismo moderno, como se ha venido insistiendo, que, si bien incorpora la racionalidad ecológica, reproduce la visión occidental de la naturaleza al considerar, por ejemplo, que “el agrónomo o ingeniero agrónomo debe contribuir al desarrollo de la agronomía, y, en el campo de la práctica agrícola, debe estudiar las relaciones planta-suelo-clima-técnicas, para optimizarlas considerando las finalidades del agricultor” (Sebillote 1987 en Díaz et al. 2015, p. 213). (Lugo y Rodríguez, 2018, p. 104).

Estas anotaciones no sólo dejan ver elementos que marcan la diferencia entre la agroecología y la agronomía ecológizada, sino también la eminente función productivista de ésta última, lo que permite afirmar, una vez más, que el giro ecológico incorporó una racionalidad orgánica en la agronomía tradicional, pero ésta jamás se desligó de sus profundas articulaciones con la lógica industrial de las agriculturas. Dicho de otro modo, el giro ecológico provocó una transformación tecnológica agronómica, pero no cambió el profundo sentido economicista (y reduccionista) que esta le otorga a las agriculturas.

Consideraciones finales

Como bien se advierte en los inicios de este breve escrito, el propósito ha sido mostrar la tensión epistémica de la agroecología desde dos perspectivas. La primera de ellas se da en el contexto de que la agroecología ha generado su estatuto epistemológico desde la racionalidad moderna occidental, que la ha llevado a “intervenir” las agriculturas siguiendo la misma lógica de la agricultura industrial, para lo cual ha construido una epistemología alrededor de la “ecologización” de la agricultura. Sin embargo, y viene aquí la segunda perspectiva, dicha ecologización llevó a considerar que la agroecología es, sin más ni menos, una agronomía ecológizada. Esto es, una agronomía clásica que, dadas las condiciones materiales e históricas de las décadas de la segunda mitad del siglo XX, se vio en la “obligatoria” necesidad de hacer un giro epistémico desde la base eco-

logista, en aras de proveer un enfoque o una racionalidad ecológica/orgánica a las agriculturas puestas al servicio del agrocapialismo, cuya transición se dio de lo químico a lo ecológico/orgánico. Esto da a entender que se cambiaron las formas de hacer agriculturas, pero los intereses capitalistas se mantuvieron intactos, ya que dichas formas siguieron las mismas lógicas de la agricultura industrial¹³.

Si la agroecología ha sido confundida con la agronomía ecológica y, por tanto, es una ciencia moderna occidental atada a presupuestos modernos como progreso, bienestar, modernización, entre otros, habremos de suponer entonces la emergencia de una agroecología otra por fuera de la episteme moderna occidental. Una agroecología otra que emerge en contraposición a la agroecología occidentalizada o, lo que es lo mismo, a la agronomía ecológica. Dicha agroecología disruptiva debe ser hallada o desocultada en las fronteras o intersticios de la agroecología hegemónica, no sólo para identificar sus límites por su anclaje en la episteme occidental, sino también para asumir esa agroecología otra desde las prácticas, los conocimientos, las subjetividades invisibilizadas por dicha agroecología hegemónica u “occidentalizada”.

Estas anotaciones permiten afirmar que la agroecología occidentalizada se

ubica en la modernidad y la agroecología otra en la colonialidad lo cual es determinante si se tiene en cuenta que “la “modernidad” fue imaginada como el hogar de la epistemología” (Mignolo, 2000, p. 159), [y] la colonialidad es el territorio de las epistemologías invisibilizadas e incluso negadas que permitirán pensar en paradigmas otros, epistemes otras, mundos otros, o en agroecologías otras. Sin duda, esto último merece ser tratado con profundidad en otros espacios y, de paso, debe constituir un punto de interés común entre agroecólogas y agroecólogos que problematizan la constitución moderna-occidental de la agroecología y su urgente descolonización para dar apertura a una praxis agroecológica desde otras lógicas.

13. Las agriculturas (agroecosistemas) sustentables o sostenibles son una forma de mantener la mirada paradigmática economicista de la vida en clave agrícola, encriptada al discurso hegemónico del desarrollo sostenible, como bien puede verse en percepciones de los agroecólogos occidentalizados: “Una agricultura sustentable es aquella que mantiene en el tiempo un flujo de bienes y servicios que satisfagan las necesidades alimenticias, socioeconómicas y culturales de la población, dentro de los límites biofísicos que establece el correcto funcionamiento de los sistemas naturales (agroecosistemas) que lo soportan” (Sarandón et al., 2006, citado por Sarandón y Flores, 2014, p. 52). Esto tiene que ver con una rigurosa concepción mecanicista, instrumental de las agriculturas que, al ser insertadas en la sustentabilidad, se les encausa por las sendas economicistas y, por tanto, reduccionistas a las que conduce la modernidad, a partir del cual se legitima el extractivismo.

Referencias

1. Altieri, M. A. (1999). Agroecología: bases científicas para una agricultura sustentable. Disponible en: <http://agroeco.org/wp-content/uploads/2010/10/Libro-Agroecologia.pdf>
2. Giraldo, R. (2015) y Nieto, E. (2015). El papel del profesional en agronomía, en la restauración de la tierra como entorno complejo.
3. Giraldo-Díaz, Reinaldo; NIETO-GÓMEZ, Lilia Esperanza. El papel del profesional en agronomía, en la restauración de la tierra como entorno complejo. En revista: Entramado. Julio - Diciembre, 2015 vol. 11, no. 2, p. 208-216.
4. Giraldo, O. (2013). Hacia una ontología de la agricultura en perspectiva del pensamiento ambiental, Polis. En: Revista Latinoamericana, No. 34, 95-115.
5. Giraldo, O. (2016). La agroecología en una encrucijada: entre la institucionalidad y los movimientos sociales. En Revista Guaju, Matinhos, v.2, n.1, p. 14-37.
6. Giraldo, O. y Rosset, P. (2016). La agroecología en una encrucijada: entre la institucionalidad y los movimientos sociales. En Revista Guaju, Matinhos, v.2, n.1, p. 14-37.
7. Giraldo, O. (2018). Ecología política de la agricultura. Agroecología y posdesarrollo. Colegio de la Frontera Sur. ECOSUR. San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México.
8. González de Molina, M. (2011). Introducción a la Agroecología. Serie Agroecología y Ecología Agraria. España: Cuadernos Técnicos SEAE.
9. Hecht, S. (1999). La evolución del pensamiento agroecológico. En AGROECOLOGÍA: Bases científicas para una agricultura sustentable. Editorial Nordan-Comunidad. Montevideo, Uruguay.
10. Leff, E. (2002). Saber ambiental. Sustentabilidad, racionalidad, complejidad, poder. PNUMA. Siglo XXI Editores. Centro de Investigaciones interdisciplinarias en ciencias y humanidades. México.
11. Lugo, L.J. y Rodríguez, L.H. (2018). El agroecosistema ¿Objeto de estudio de la agroecología o de la agronomía ecológizada? Anotaciones para una tensión epistémica. En: Revista Interdisciplina, Vol. 6, núm. 14, enero-abril de 2018. UNAM, México
12. Lugo, L. J. (2019). Agroecología y pensamiento decolonial. Las agroecologías otras interepistémicas. Colombia. Sello Editorial de la universidad del Tolima.
13. Lugo, L.J. y Rodríguez, L.H. (2020). Perturbando el texto agroecológico. Anotaciones para una (urgente) descolonización de la agroecología. Sello editorial de la universidad del Tolima.
14. Lugo, L.J. (2022). EL GIRO OTRO DE LA AGROECOLOGÍA: LAS AGROECOLOGÍAS OTRAS INTEREPISTÉMICAS Y LOS MUNDOS AGRICULTURALES. Revista Brasileira de Desenvolvimento Territorial Sustentável GUAJU, Matinhos, v. 8, 2022. www.revistas.ufpr.br/guju
16. Méndez, E., Bacon, C. y Cohen, R. (2013). La agroecología como un enfoque transdisciplinar, participativo y orientado a la acción. En: Revista agroecología, 8(2): 9-18.
18. Mignolo, W. (2000). Historias locales/diseños globales. Colonialidad, conocimientos subalternos y pensamiento fronterizo. Ediciones Akal. Madrid, España.
19. Sarandón, S. J. y Flóres, C. (2014). La Agroecología: el enfoque necesario para una agricultura sustentable. Cap. 2. En: Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de Agroecosistemas sustentables. Editorial de la Universidad de la Plata. Universidad Nacional de la Plata. Buenos Aires, Argentina.

Teorías rivales dentro de las ciencias ambientales

Andrés Felipe Montoya Rendón ,
Luis Fernando Gómez². Correo E lgomez77@Yahoo.com.co
Recibido Octubre de 2022 - Aprobado Noviembre de 2022

Resumen

Dentro de la historia de las ciencias ambientales ha habido un número significativo de teorías rivales que provienen de trayectorias epistemológicas diferentes que cuestionan la hipótesis de que los problemas ambientales tienen una causa técnica. En consecuencia, estas no han dialogado entre sí para construir un paradigma alternativo único. Por este motivo, el objetivo de este artículo fue componer una teoría rival con base en cinco textos que han tenido impacto en diferentes trayectorias epistemológicas de los estudios ambientales: Raíces históricas de nuestra crisis ecológica, Los movimientos de la ecología superficial y la ecología profunda: un resumen, Pensamiento político verde, El reto de la vida. Ecosistema y cultura y Política Ecology: a critical introduction. Dicha teoría parte de la idea de que el objeto de estudio de las ciencias ambientales es las relaciones de la cultura con la biosfera, entendiendo la primera como un sistema constituido por tres subsistemas: tecnológico, simbólico y social. Asimismo, esta teoría es radical, por lo que cuestiona tres pilares de la civilización moderna: el enfoque analítico, la visión de mundo hegemónica y el modo de vida contemporáneo.

Palabras claves: ecologismo, ambientalismo, crisis ambiental, ecología profunda.

Abstract

There have been several rival theories in the history of environmental science that contest the hypothesis that environmental problems have a technical cause. However, many come from separate epistemological trajectories that have not communicated with each other and thus have not composed a single alternative paradigm. For this reason, the aim of this paper is to propose a rival theory based on five seminal works in environmental studies: The Historical Roots of Our Ecologic Crisis, The Shallow and the Deep, Long-Range Ecology Movement. A Summary, El Reto de la vida. Ecosistemas y Cultura, Green Political Thought, and Political Ecology: A Critical introduction. This theory takes Angel's idea that the study object of environmental science is the relationship between culture and biosphere but defines the former from a systems approach which comprises three subsystems—technological, symbolic, and social. Also, it takes from Dobson his radical stance, asserting that three foundations of modern civilization must be contested: analytical thought, the hegemonic worldview, and the American way of life.

Keywords: ecologism, environmentalism, environmental crisis, deep ecology.

1. Área de Ciencias de la Tierra, Facultad de Ingeniería, Tecnológico de Antioquia.

2. Área de Ciencias de la Tierra, Facultad de Ingeniería, Tecnológico de Antioquia. ACCV Correspondencia: luis.gomez37@tdea.edu.co

Introducción

En el desarrollo de un campo científico, uno de los fenómenos más relevantes es el surgimiento de una teoría rival. Por esta, se entiende aquella que es incompatible con la teoría hegemónica y, por lo tanto, un miembro de ese campo no puede aceptar ambas de manera simultánea (Lakatos, 1983).

Las ciencias ambientales, entendidas como aquellas que tienen como objeto de estudio los problemas ambientales, se empezaron a configurar a comienzos de los años '60 del siglo 20. Después de la Segunda Guerra Mundial, problemas del desarrollo tecnológico moderno empezaron a llamar la atención de investigadores. En 1943, la ciudad de Los Ángeles, California, experimentó por primera vez los efectos del smog, un tipo de contaminación química. Posteriormente, estudios de Middleton (1956) establecieron que hidrocarburos presentes en la atmósfera, provenientes probablemente de refineries de petróleo existentes en la ciudad, generaban daño en distintos cultivos agrícolas. A mediados de 1950, investigadores del Tecnológico de California liderados por Arie J. Hagen-Smit descubrieron que los gases provenientes de los automóviles eran los causantes del smog en Los Ángeles (Haagen-Smit & Fox, 1955). Estos trabajos condujeron a la promulgación de la Ley de Aire Limpio de los Estados Unidos en 1963 (Wallington et al., 2022).

De manera similar, la bióloga norteamericana Rachel Carson (1980) alertó en 1962 sobre la contaminación por DDT, un pesticida empleado ampliamente en la agricultura de ese país. Esta investigación salió bajo el título de Primavera silenciosa y marcó un punto de inflexión en la historia de las ciencias ambientales. Por un lado, se convirtió en un éxito en ventas, lo que condujo a que la preocupación por el medioambiente dejara de ser un tema de interés de unos pocos científicos (Ros, 2012).

Gracias a su popularidad, Primavera silenciosa inició un debate público sobre el problema de la contaminación en Estados Unidos y esto obligó a que gobierno, científicos y empresas se ocuparan de este asunto (Sale, 1997). Por ejemplo, el gobierno del presidente Kennedy ordenó un reporte sobre el impacto de pesticidas en 1963. Asimismo, en la comunidad científica, se realizaron diferentes investigaciones sobre el impacto del DDT en diferentes especies animales (Luckens & Davis, 1964; Wurster, Jr., 1968). Igualmente, el más grande fabricante de DDT del mundo instaló en 1971 equipos para prevenir el vertimiento de aguas residuales en el sistema de alcantarillado debido a presiones de un grupo ambientalista (Jones, 1971).

Por otro lado, Primavera silenciosa afirmó que existía una crisis ecológica. Si bien se centraba en el DDT, pretendía denunciar la contaminación por sustancias químicas en general: “el problema central de nuestra época se presenta por consiguiente con la contaminación del medio ambiente total del hombre por medio de tales sustancias de increíble potencia dañina” (Carson, 1980, p. 20). Además, no circunscribe la problemática ambiental a un lugar particular, como lo habían autores anteriores como Middleton o Haagen-Smit: “el más alarmante de todos los atentados del hombre contra su circunstancia, es la contaminación del aire, la tierra, los ríos y el mar con peligrosas y hasta letales materias” (1980, p. 18).

Cinco años después de Primavera silenciosa, el historiador norteamericano Lynn White, Jr. (1967) publicó Raíces históricas de nuestra crisis ecológica, el cual retomaba la idea de crisis ecológica, pero cuestionó el paradigma que se había consolidado al interior de las ciencias ambientales y propuso una hipótesis rival. Varios autores hicieron lo mismo en años posteriores,

pero no retomaban donde los anteriores había dejado y, en consecuencia, actualmente nos encontramos con textos influyentes que han iniciado o son representativos dentro de trayectorias epistemológicas dentro de los estudios ambientales, pero que no se han tenido en cuenta entre sí y, por lo tanto, no han conducido a la consolidación de una ciencia madura, es decir, un corpus teórico compartido por una comunidad científica en términos de (Kuhn, 2004).

Por lo anterior, el objetivo del presente artículo es componer una teoría rival con base en cinco textos que han tenido impacto en diferentes trayectorias epistemológicas de los estudios ambientales. Se partirá de Raíces históricas de nuestra crisis ecológica y se presentarán textos que fueron publicados posteriormente y que cuentan con versión en español: Los movimientos de la ecología superficial y la ecología profunda: un resumen (1973), Pensamiento político verde (1990), El reto de la vida. Ecosistemas y cultura. Una introducción al estudio del medio ambiente (1996), y Política ecology: a critical introduction (2010). Además, se describirán los elementos que cada uno presenta como distintivos de la teoría convencional y los de su propuesta rival. Por último, se hará una síntesis con una especie de modelo que permita identificar lo que se podría considerar a partir de estas teorías son unos rasgos mínimos de una teoría ecológica rival.

Las teorías rivales del ambientalismo

El inicio del debate

El quiebre que hizo Lynn White, Jr. (1967) en Raíces históricas en las ciencias ambientales consistió en afirmar que ni la causa ni la solución de la crisis ecológica era la ciencia y la tecnología convencionales. Su hipótesis fundamental fue que “nuestra ciencia y nuestra tecnología [moderna] han

nacido de la actitud cristiana respecto a la relación del hombre con la naturaleza” (2007, p. 85). Su argumento principal era que el cristianismo desencantó al planeta y todos sus habitantes no humanos al ubicar lo sagrado en una esfera celestial externa y esto permitió la posterior explotación de la biosfera. Así, fue el desencantamiento del mundo realizado por el cristianismo el que hizo posible el surgimiento de metáforas como el mecanicismo sobre el que descansa la ciencia convencional y filosofías como la de Descartes que ven a los seres animales no humanos como objetos o autómatas. De hecho, White, Jr. (2007, p. 83) afirma que “el cristianismo es la religión más antropocéntrica que el mundo ha conocido, especialmente en su forma occidental”.

La hipótesis de Raíces históricas es rival de programas de investigación como los de Haagen-Smit o Carson porque concluye que “más ciencia y más tecnología no nos librarán de la actual crisis ecológica”. Por el contrario, su hipótesis central lo lleva a señalar que nuestra civilización no superará la crisis “hasta que encontremos una nueva religión o repensamos nuestra religión antigua” (2007, p. 85), indicando un programa de investigación totalmente distinto.

Arne Naess y la ecología profunda

Seis años después de Raíces históricas, el filósofo noruego Arne Naess (1973) publicó Los movimientos de la ecología superficial y la ecología profunda: un resumen. En él, escribió que existían dos posiciones para enfrentar la crisis ecológica. La primera, que denominó “ecología superficial”, se caracterizaba por luchar contra “la contaminación y el agotamiento de los recursos naturales” y tener como objetivo “la salud y la vida opulenta de los habitantes de los países desarrollados” (2007, p. 98). Así, las investigaciones de Middleton, Haagen-Smit y Carson que-

daban dentro de esta categoría pues su objeto de estudio es la contaminación química. Además, estos autores no realizan ningún cuestionamiento profundo a la ciencia o la tecnología convencional. De hecho, Carson manifestó que ella no abogaba por la eliminación de los pesticidas sintéticos, sino por su uso racional y el cambio tecnológico de biocidas no selectivos a unos que afecten arvenses, insectos o enfermedades específicas (Ros, 2012).

La segunda posición, denominada “ecología profunda”, comprende aquellas filosofías ambientales que comparten en mayor o menor medida siete principios generales (Tabla 1). Comparada con la ecología superficial, esta propuesta filosófica recoge su lucha (principio 5), pero incorpora otras luchas políticas como la anticlasista (principio 4), la antiespecista (principio 4), y la lucha por la autonomía local (principio 7). En lo que respecta al

Tabla 1. Los principios de la ecología profunda (Naess, 2007, pp. 98-100).

Principio	Descripción
1. Rechaza la imagen del hombre-en-el-medio ambiente en favor de la imagen relacional, de campo total	Reconoce la vida como un sistema, la biosfera, en la que el ser humano es únicamente un componente más.
2. Igualdad biosférica	Todos los seres vivos tienen igual derecho a la vida y a su florecimiento. La biodiversidad es un rasgo adaptativo de la biosfera que la hace más resiliente tanto a ella como a sus componentes.
3. Principios de diversidad y de simbiosis	La cooperación y no la convivencia es la relación que prima entre los componentes de la biosfera.
4. Postura anticlasista	De los principios de diversidad y simbiosis se deriva una actitud que lucha contra la opresión de clase (clasismo)
5. Combate la contaminación y el agotamiento de los recursos naturales	Los procesos antrópicos con los que iniciaron las ciencias ambientales son componentes del sistema ético de la ecología profunda
6. Complejidad, no complicación	La ecología profunda parte de un enfoque sistémico que reconoce los ecosistemas, los sistemas socio-ecológicos y los problemas ambientales como sistemas complejos
7. Autonomía local y descentralización	La viabilidad de los ecosistemas y los sistemas socio-ecológicos es directamente proporcional a su grado de autosuficiencia

objetivo principal, Naess (2007) no es explícito, pero el principio 2 apunta al florecimiento de la biosfera y todos sus miembros.

Aunque la teoría de Naess (2007) es filosófica, contiene un componente científico. Este autor escribe que lo que denomina “movimientos ecológicos” denota teorías filosóficas que compren-

den las dimensiones científica y política de una visión de mundo. La primera está constituida por los principios 1, 2, 3 y 6, que se pueden reformular en tres hipótesis: (1) la biosfera es un sistema complejo cuya viabilidad y florecimiento es función de la biodiversidad, (2) la simbiosis es la relación fundamental en la biosfera y (3) las sociedades humanas ponen en peligro su sostenibilidad y florecimiento si no siguen los principios 1 y 2.

Comparada con la teoría de White, Jr. (2007), la ecología profunda retoma la oposición al antropocentrismo constitutivo de la modernidad (principios 1 y 2), pero no propone un cambio religioso, sino político y científico. Aunque en este primer texto Naess (2007) no se propone una teoría del valor alternativa al antropocentrismo, posteriormente lo haría con el ecocentrismo, el cual se convirtió en su aspecto político y ético distintivo (Luckett, 2004).

Andrew Dobson y el ecologismo

En 1990, el politólogo británico Andrew Dobson (Dobson, 2000) publicó *Pensamiento político verde*, uno de los principales referentes sobre el ecologismo como teoría política. La tesis central del libro es que existen dos posiciones políticas excluyentes frente a la crisis ecológica. La primera, que el autor llama ambientalismo, no es una ideología política, entendida como práctica discursiva que (1) suministra una descripción de la sociedad a partir de un marco teórico; (2) prescribe un fin para la política, esto es, la convivencia pública; y (3) propone un programa de acción compuesto de metas y valores para mantener ese fin. Por el contrario, la segunda posición, que llama ecologismo, es una ideología política y, en consecuencia, prescribe un fin rival a las demás ideologías políticas modernas.

Frente a la primera característica, Dobson (1997, p. 23) señala que el

ecologismo explica la crisis ecológica como “síntoma de una mala lectura de las posibilidades (o, más exactamente en este caso, restricciones) inherentes a la condición de miembro de una comunidad biótica y no biótica interdependiente”. Frente a la segunda, el ecologismo prescribe como fin de la política una “sociedad sostenible”. Por último, Dobson señala que, frente a la tercera característica, toda ideología de primer orden posee uno o varios valores esenciales sobre los que descansa su fin político. Por ejemplo, escribe que el valor esencial del liberalismo es la libertad; del socialismo, la igualdad; y del ecologismo, el ecocentrismo.

Resumiendo, Dobson (1997, p. 22) argumenta que el ambientalismo “aboga por una aproximación administrativa a los problemas medioambientales, convencido de que pueden ser resueltos sin cambios fundamentales en los actuales valores o modelos de producción y consumo”, por lo que es una posición reformista dentro de la visión de mundo moderna ortodoxa. Por el contrario, “el ecologismo mantiene que una existencia sustentable y satisfactoria presupone cambios radicales en nuestra relación con el mundo natural y en nuestra forma de vida social y política”.

Augusto Ángel y el pensamiento ambiental

Augusto Ángel Maya (1932-2010) fue un filósofo pionero del pensamiento ambiental en Colombia. Como uno de los fundadores del Instituto de Estudios Ambientales de la Universidad Nacional de Colombia, su propuesta influyó a varios investigadores de esta universidad, particularmente en las sedes de Manizales y Bogotá (Coupé, 2008). Aunque su crítica al enfoque ambiental convencional aborda diferentes aspectos, en este artículo solo se describirá su teoría de ecosistema/cultura que desarrolló desde finales de la década de 1980 (véase, por

ejemplo, Ángel, 1989) y que después desarrolló más ampliamente en el libro *El reto de la vida. Ecosistema y cultura*. Una introducción al estudio del medio ambiente (Ángel, 1996).

La teoría rival de Ángel (1996) se fundamenta en tres aspectos. En primer lugar, concibe al ambiente como la relación entre cultura y ecosistema, es decir, el ambiente no es lo que se encuentra alrededor del ser humano, sino la relación que este establece con su entorno biótico. En segundo lugar, define los problemas ambientales como productos de esta interacción. Por último, toma una definición de la antropología de cultura como plataforma instrumental conformada por tres clases de instrumentos: técnicos, simbólicos y sociales. Bajo estas concepciones de ambiente y cultura, la hipótesis de White, Jr. (2007) resuena en la teoría de ecosistema/cultura al señalar que “muchos de los problemas ambientales dependen no de la inadecuación de los instrumentos técnicos, sino de la desadaptación de los instrumentos simbólicos y sociales” (Ángel, 1996, p. 66).

Paul Robbins y la ecología política

En 2010, el geógrafo y antropólogo norteamericano Paul Robbins publicó el libro de texto *Political ecology: a critical introduction*, el cual se ha convertido en un texto de referencia dentro del campo de la ecología política, particularmente en el mundo anglosajón. Este libro, que ya va en su tercera edición, presenta otra distinción dentro del campo de las ciencias ambientales. Por un lado, define la ecología política como un término paraguas que recoge aquellas teorías dentro de las ciencias ambientales que tienen como una de sus hipótesis centrales que “el cambio ambiental y las condiciones ecológicas son producto de procesos políticos” (Robbins, 2012, pp. 19-20). Al no pretender construir una teoría particular sino reunir a varias que comparten una hipótesis general, Robbins permite que estas tengan sus hipótesis centrales distintas.

Tabla 2. Hipótesis centrales de algunas ecologías políticas (Robbins, 2012)

Nombre	Hipótesis
Tesis de la degradación y la marginalización	“Los procesos de modernización de sistemas de producción locales han causado la insostenibilidad de procesos locales y una profundización de la inequidad en la distribución de recursos” (2012, p. 21)
Tesis del control y la conservación	“Los sistemas económicos locales históricamente productivos y relativamente benignos han sido caracterizadas como insostenibles por las autoridades estatales y otros agentes que compiten por el control de los recursos” (2012, p. 22)
Tesis de la exclusión y el conflicto ambiental	“Las políticas de desarrollo y conservación «ecologizan» conflictos existentes y de largo plazo dentro y entre comunidades” (2012, p. 22)
Tesis de la identidad y los sujetos ambientales	“Las creencias y actitudes de las personas no son la causa de nuevos comportamientos, acciones o regulaciones ambientales; por el contrario, nuevos comportamientos, acciones o regulaciones ambientales producen nuevos sujetos” (2012, pp. 22-23)
Tesis de los actores y objetos políticos	“Las características materiales de la naturaleza humana y sus componentes (...) afectan las luchas sociales y forman un entramado con estas y son necesariamente políticas” (2012, p. 23)

Además de establecer una causa diferente de la crisis ecológica o los problemas ambientales, la ecología política “es enfática no solo en que los sistemas ecológicos son políticos, sino que nuestras ideas sobre estos están moldeadas y dirigidas por procesos económicos y políticos” (2012, p. 20). Así, la ecología política se enmarca en un enfoque posmoderno en el que se niega la neutralidad de la ciencia y la técnica frente a la política o sistemas simbólicos. Además, refuta la idea compartida por varios científicos de que la ciencia básica posee un fin intrínseco ajeno a in-

tereses políticos o económicos (véase, por ejemplo, Sokal & Bricmont, 1999).

El otro gran grupo de teorías dentro de las ciencias ambientales son denominadas por Robbins (2012) como “ecologías apolíticas”, señalando que si hay unas ecologías políticas es porque hay unas que no. Estas comprenden las teorías que desconocen los procesos económicos y políticos que se dan dentro las problemáticas ambientales. Political ecology destaca dos teorías de esta clase que han dominado el discurso ambiental global.

Tabla 3. Las teorías apolíticas hegemónicas (Robbins, 2012)

Nombre	Hipótesis central
Ecoescasez	La sobrepoblación es la principal causa de la crisis ecológica
Modernización	“los problemas y crisis ecológicos son producto de la adopción e implementación inadecuada de técnicas económicas «modernas» de gestión, explotación y conservación” (2012, p. 18)

Continuidad en las ciencias ambientales y ecológicas

Aunque estos cinco autores pertenecen a una línea dentro de los estudios ambientales que tiene como objeto de estudio la crisis ecológica en vez de problemas ambientales particulares y que, además, sostiene que las teorías hegemónicas no explican de manera adecuada esta crisis ni tienen las herramientas epistemológicas para enfrentarla, no conforman una trayectoria epistemológica. Efectivamente, cada texto no parte del anterior para ampliarlo o refutarlo y construir desde ahí una teoría con un núcleo duro que ya ha avanzado en los retos que una línea

de pensamiento ha ido encontrando. Precisamente, Naess no referencia Raíces históricas de nuestra crisis ecológica ni ningún otro texto, lo que hace difícil determinar si su recuento de un movimiento de la ecología profunda hace referencia a una trayectoria epistemológica alternativa que inició con este, lo incluye o que identifico otro conjunto de autores que han pensado la crisis ecológica de manera diferente. Algo similar sucede con los otros textos posteriores aquí tratados. Únicamente Pensamiento político verde discute en detalle Los movimientos de la ecología

superficial y la ecología profunda. De hecho, Dobson (1997, p. 71) reconoce la centralidad de la ecología profunda dentro del ecologismo: “el hecho de que el ecologismo esté conformado por una ecología profunda es precisamente lo que (en parte) ayuda a distinguirlo del medioambientalismo” (énfasis añadido).

No obstante, los diferentes textos tienen elementos en común. En primer lugar, hacen una descripción similar de la teoría convencional (Tabla 4). Se podría decir que todos señalan que esta se limita al subsistema técnico del sistema cultural. Además, Raíces históricas, Los movimientos y Pensamiento político verde resaltan el carácter antropocéntrico de la modernidad y de la teoría convencional.

Tabla 4. Características de las teorías hegemónicas para cada uno de los textos estudiados

Nombre	Nombre teoría convencional	Características
Raíces históricas de nuestra crisis ecológica	-	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo técnico y científico para solucionar los problemas ambientales Antropocéntrico
Los movimientos de la ecología superficial y la ecología profunda	Ecología superficial	<ul style="list-style-type: none"> • Lucha contra la contaminación y el agotamiento de los recursos naturales • Objetivo: la salud y la riqueza de las personas en Europa y las Nuevas Europas³
Pensamiento político verde	Ambientalismo	<ul style="list-style-type: none"> • Se centra en la gestión ambiental • Reformista • Antropocéntrico
El reto de la vida	-	<ul style="list-style-type: none"> • Los problemas ambientales son producto de la inadecuación de los instrumentos técnicos
Political ecology	Ecologías apolíticas	<ul style="list-style-type: none"> • Desconoce las causas económicas y políticas de la crisis ecológica • Ve la sobrepoblación como una de las causas principales de la crisis ecológica • Aboga por soluciones técnicas y de mercado para solucionar los problemas ambientales

3. El historiador norteamericano Alfred W. Crosby (2009) acuñó el término Nuevas Europas para referirse a aquellas regiones colonizadas por los imperios europeos y en las cuales se asentaron grupos completos de allá y gobernaron esos territorios después de su independencia. Aunque Crosby no tiene en cuenta a Sudáfrica e incluye cierta parte del Cono Sur -Argentina, Uruguay, sur de Brasil-, el área se puede limitar a Norteamérica -Estados Unidos y Canadá-, Oceanía -Australia y Nueva Zelanda- y Sudáfrica principalmente.

Igualmente, existen continuidades en las teorías rivales de los cinco textos (Tabla 5). En primer lugar, Raíces históricas, Los movimientos, Pensamiento político verde y El reto de la vida coinciden en que la visión de mundo moderna ortodoxa es participe en el deterioro de la ecosfera. En segundo lugar, todas las teorías rivales abogan por el estudio de causas no técnicas de la crisis ecológica. Por último, la necesidad de una base ya sea de visión de mundo o epistemológica no antropocéntrica puede deducirse en Raíces históricas, Los movimientos y Pensamiento político verde.

Tabla 5. Núcleo duro de las teorías ecologistas

Texto	Nombre teoría rival	Núcleo duro
Raíces históricas de nuestra crisis ecológica	-	La ciencia y tecnología modernas son producto de la cosmovisión cristiana
Los movimientos de la ecología superficial y la ecología profunda	Ecología superficial	<ol style="list-style-type: none"> 1. La biosfera es un sistema complejo cuya viabilidad y florecimiento es función de la biodiversidad 2. La simbiosis es la relación fundamental entre los seres vivos
Pensamiento político verde	Ambientalismo	El ecologismo es una ideología política que se basa en el ecocentrismo y cuyo fin es una sociedad sostenible
El reto de la vida	Pensamiento ambiental	Los problemas ambientales son producto de las relaciones de elementos técnicos, simbólicos y sociales de la cultura moderna
Political ecology	Ecologías apolíticas	La crisis ecológica es producto de procesos políticos y económicos

Un modelo sistémico del ecologismo

Dobson (1997) retoma de la ecología profunda el llamado a una teoría radical. Por radical, este autor entiende cambiar algunos de los pilares sobre los que descansa la civilización moderna hegemónica con el fin de propiciar un nuevo sistema cultural. ¿Qué pilares? Los textos aquí expuestos sólo proporcionan algunos indicios. El primero es el enfoque analítico de la ciencia convencional. La ecología profunda desde

el primer texto de Naess ha abogado por un enfoque sistémico (L. F. Gómez, 2012). Lo mismo han hecho otros campos del pensamiento ambiental, incluyendo la agroecología (L. J. Gómez, 2002; Lima, 2007; Norgaard & Sikor, 1999). Si se parte de allí, la definición de cultura de Ángel (1996) se puede reformular como sistema cultural (Figura 1).



Figura 1. Sistema cultural basado en Ángel (1996)

Por sistema se entiende un proceso que emerge de la interacción entre procesos. Como señala Gómez (2002), todo sistema es un proceso y todo proceso es un sistema. Así, lo que llamaríamos cultura es una emergencia de la interacción de tres subsistemas: tecnológico, simbólico y social. De esta manera, son las relaciones entre estos las que generan la cultura y, por lo tanto, se deben estudiar estas interacciones y no un elemento por separado como

indican la mayoría de los textos aquí presentados. No es la religión como señala White, Jr., ni la política o la economía como lo hace Robbins, ni los instrumentos simbólicos o sociales como sostiene Ángel, la causa de la crisis ecológica o de algún problema ambiental particular; es el sistema cultural como emergencia de las interacciones de sus subsistemas técnicos, simbólico y social los que debe estudiar toda ciencia ambiental.

Desde un enfoque sistémico, los instrumentos técnico, social y simbólico se convierten también en sistemas. El primero comprende las relaciones de transformación del entorno material. En consecuencia, involucra la elaboración y uso de herramientas. Por lo tanto, la tecnología -técnica y artefactos tecnológicos- y el sistema económico -obtención y gestión de bienes y servicios- pertenecen a esta esfera. El subsistema social está constituido por las relaciones de organización de una población o sociedad. Los roles e instituciones sociales hacen parte de este proceso al igual que el sistema político, pues este tiene que ver con las normas de convivencia y organización social, como se señaló anteriormente. Por último, el subsistema simbólico comprende las creencias, costumbres, saberes y valores del sistema cultural. Este sistema se podría equiparar con el concepto antropológico de cosmovisión, el filosófico de *Weltanschauung* o con el de visión de mundo del lenguaje conversacional. Así, el sistema simbólico emerge de la interacción de prácticas discursivas como la ciencia -discurso explicativo de las experiencias, el entorno o *unwelt*-, la ideología -discurso explicativo y legitimador del sistema social o político-, y la filosofía -discurso organizador y de sentido de la *Weltanschauung*-, entre otros.

El enfoque sistémico como base epistemológica de una teoría rival al ambientalismo recoge los aspectos en común de las propuestas aquí recibidas. De hecho, se podría señalar que las hipótesis básicas del ecologismo o, más bien, las ciencias ecológicas son que (1) existe una crisis ecológica que es un síntoma de una crisis civilizatoria y (2) que los problemas ambientales son sistemas complejos, es decir, que no son monocausales. Esto contradice la hipótesis del ambientalismo de que los

problemas ambientales tienen una causa o una solución técnica. No obstante, también cuestiona las hipótesis y soluciones de algunas de estas propuestas.

Por ejemplo, afirmar que la causa de la crisis ambiental es el cristianismo es muy simplista como lo han señalado muchos autores desde la publicación de *Raíces históricas* (véase por ejemplo Moncrief, 1970). Por otro lado, se podría pensar que el derecho ambiental no hace parte del campo hegemónico del ambientalismo por ocuparse de causas políticas de la crisis ambiental -e.g., tratados internacionales o regulaciones nacionales para atacar ciertos problemas ambientales-, pero esta rara vez cuestiona el sistema político moderno. Una salida rival debe ir más allá de involucrar la dimensión política, económica o simbólica de la civilización moderna para cuestionar las teorías convencionales.

El segundo pilar por cambiar es la *Weltanschauung* moderna hegemónica. El enfoque sistémico es un paso para derribar este, particularmente en lo que se refiere a la ciencia, pero es necesario trabajar en teorías que realmente no usen los principios centrales de las prácticas discursivas modernas convencionales. La economía circular, el desarrollo sostenible o la economía ambiental no son más que otra vuelta a la tuerca de la economía neoclásica. Ninguna de ellas cuestiona el crecimiento como el fin del subsistema económico, el crecimiento-producción-consumo como su estructura del sistema económico o el mercado mediado por el dinero como su organización. En consecuencia, estas tres teorías son reformistas. Igualmente, la ingeniería ambiental, la agricultura de precisión y la tecnociencia parten de la hipótesis ambientalista de que más ciencia y tecnología nos van a librar de la actual crisis ecológica.

Hasta el momento, las diferentes teorías rivales han propuesto dos caminos para salirse de la Weltanschauung moderna hegemónica. Una ha sido buscar prácticas discursivas disidentes dentro de la tradición occidental. Por ejemplo, White, Jr. (2007) no descarta el cristianismo, sino que rescata el discurso cristiano de San Francisco de Asís, el cual predicó una igualdad biosférica que se opone al antropocentrismo propio de los textos canónicos del catolicismo. De manera similar, el ecofeminismo de Holland-Cunz (1996, pp. 16-17) recupera “aquellas minorías sin voz dentro de las discusiones científicas, filosóficas y práctico-políticas que se han enfrentado al discurso soberano sobre la naturaleza”. Dentro de estas “minorías sin voz”, provenientes del corazón mismo del pensamiento moderno, esta autora resalta a Engels -por encima de Marx-, a Kropotkin y al ecólogo social norteamericano Murray Bookchin.

El otro camino alternativo es buscar pensamientos, prácticas, weltanschauungen por fuera del centro hegemónico, es decir, Europa y las Nuevas Europas. Por ejemplo, la agroecología ha mirado a la agricultura tradicional de sociedades indígenas, campesinas y afro para desarrollar alternativas a la lógica y las prácticas de la Revolución Verde (Toledo & Barrera-Bassols, 2008). De manera similar, la ingeniería ecológica ha tenido como una de sus influencias más importantes al Conocimiento Ecológico Tradicional (Martin et al., 2010).

El tercer pilar por retirar es la idea moderna de progreso. Retomando a Naess (2007), el objetivo del ecologismo no puede ser asegurar las condicio-

nes para la perpetuación del American way of life, mucho menos su expansión. El capitalismo, la urbanización y el desarrollo tecnológico deben estar en el centro de los programas de investigación del ecologismo. Estos deben estudiar si es válida la hipótesis implícita del ambientalismo que ellos no solo no son la causa de la crisis ecológica, sino la solución.

Un punto de partida

Hablar de ecologismo y ambientalismo permite hacer explícito que existen dos maneras de concebir la actual crisis ecológica. El primer término recoge aquellas posiciones académicas y políticas, no solo científicas, que parten de la hipótesis que es necesario desmontar la civilización moderna, entendida como las diferentes culturas modernas que existen en la actualidad, para superar la crisis ecológica. Volver estos términos canónicos podría permitir en avanzar en la existencia de unos campos ecológicos -economía ecológica, ingeniería ecológica, ética ecológica, ecología política- que claramente deseen romper con la tradición occidental y que se distingan de los reformistas -economía ambiental, ingeniería ambiental, derecho ambiental-.

Las tres bases de la civilización moderna que se proponen aquí remover salen de los textos aquí descritos. No tienen que ser estos, se puede empezar por otros. Pero ya son un punto de partida que reconocen que existe una historia de teorías rivales dentro del pensamiento ambiental que necesitan ponerse en diálogo y que pueden brindar la guía de cuál es el camino para seguir.

Referencias

1. Ángel, A. (1989). Ecosistemas y cultura. *Revista Universidad de Antioquia*, 58(217), 7-20.
2. Ángel, A. (1996). El reto de la vida. Ecosistema y cultura. Una introducción al estudio del medio ambiente. Ecofondo.
3. Carson, R. L. (1980). *Primavera silenciosa*. Grijalbo.
4. Coupé, F. (2008). *Del Editor. Gestión y Ambiente*, 11(1), 5-6.
5. Crosby, A. W. (2009). *Ecological imperialism. The biological expansion of Europe, 900-1900*. Cambridge University Press.
6. Dobson, A. (1997). *Pensamiento político verde. Una nueva ideología para el siglo XXI* (J. P. Tosaus, Trad.). Paidós Ibérica.
7. Dobson, A. (2000). *Green political thought* (3ra ed.). Routledge.
8. Gómez, L. F. (2012). *Hacia la construcción de una ética ecológica desde el operacionalismo sistémico*. Editorial Académica Española.
9. Gómez, L. J. (2002). *Introducción a la ecología global*. Universidad Nacional de Colombia.
10. Haagen-Smit, A. J., & Fox, M. M. (1955). Automobile exhaust and ozone formation. *SAE Transactions*, 63, 575-580.
11. Holland-Cunz, B. (1996). *Ecofeminismo* (A. Parada, Trad.). Cátedra.
12. Jones, E. P. (1971). DDT stopped, suit dropped. *Science*, 173(3991), 38. <http://dx.doi.org/10.1126/science.173.3991.38>
13. Kuhn, T. S. (2004). *La estructura de las revoluciones científicas* (C. Solís, Trad.; 2da ed.). Fondo de Cultura Económica.
14. Lakatos, I. (1983). *La metodología de los programas de investigación científica* (J. C. Zapatero, Trad.). Alianza Universidad.
15. Lima, R. G. de. (2007). Um olhar sistêmico sobre o meio rural. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 2(1), 791-794.
16. Luckens, M. M., & Davis, W. H. (1964). Bats: Sensitivity to DDT. *Science*, 146(3646), 948. <http://dx.doi.org/10.1126/science.146.3646.948.a>
17. Lockett, S. (2004). Environmental paradigms, biodiversity conservation, and critical systems thinking. *Systems Practices and Action Research*, 17(5), 511-534. <https://doi.org/10.1007/s11213-004-5791-0>
18. Martin, J. F., Roy, E. D., Diemont, S. A. W., & Ferguson, B. G. (2010). Traditional Ecological Knowledge (TEK): Ideas, inspiration, and designs for ecological engineering. *Ecological Engineering*, 36, 839-849. <https://doi.org/10.1016/j.ecoeng.2010.04.001>
19. Middleton, J. T. (1956). Response of plants to air pollution. *Journal of the Air Pollution Control Association*, 6(1), 7-50. <https://doi.org/10.1080/00966665.1956.10467730>
19. Moncrief, L. W. (1970). The cultural basis of our environmental crisis. *Science*, 170(3957), 508-512. <https://doi.org/10.1126/science.170.3957.508>

20. Naess, A. (1973). The shallow and the deep, long-range ecology movement. A summary. *Inquiry*, 16(1), 95-100. <https://doi.org/10.1080/00201747308601682>
21. Naess, A. (2007). Los movimientos de la ecología superficial y la ecología profunda: Un resumen (R. Rozzi & C. Anderson, Trad.). *Ambiente y Desarrollo*, 23(1), 98-101.
22. Norgaard, R. B., & Sikor, T. O. (1999). Metodología y práctica de la agroecología. En M. A. Altieri (Ed.), *Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable* (pp. 31-46). Nordan-Comunidad.
23. Robbins, P. (2012). *Political ecology. A critical introduction* (2da ed.). Wiley-Blackwell.
24. Ros, J. (2012). Rachel Carson, sensitive and perceptive interpreter of nature. *Contributions to Science*, 8(1), 23-32. <http://dx.doi.org/10.2436/20.7010.01.130>
25. Sale, K. (1997). *The green revolution. The American environmental movement 1962-1992*. Hill And Wang.
26. Sokal, A., & Bricmont, J. (1999). *Imposturas intelectuales* (J. C. Guix, Trad.). Paidós.
27. Toledo, V. M., & Barrera-Bassols, N. (2008). La memoria biocultural. La importancia ecológica de las sabidurías tradicionales. *Icaria*.
28. Willington, T. J., Anderson, J. E., Dolan, R. H., & Winkler, S. L. (2022). Vehicle emissions and urban air quality: 60 years of progress. *Atmosphere*, 13(5), 650. <https://doi.org/10.3390/atmos13050650>
29. White, Jr., L. (1967). The historical roots of our ecologic crisis. *Science*, 155(2767), 1203-1207.
30. White, Jr., L. (2007). Raíces históricas de nuestra crisis ecológica. *Ambiente y Desarrollo*, 23(1), 78-86.
31. Wurster, Jr., C. F. (1968). DDT and robins. *Science*, 159(3822), 1413-1414. <http://dx.doi.org/10.1126/science.159.3822.1413.c>

Las generaciones de las vacunas: Caso de vacunas antiparasitarias gastrointestinales utilizadas en Medicina Veterinaria

Laura Daniela Prieto Prieto¹, Lina Maria Vargas Borda¹,
Dumar A. Jaramillo Hernández^{2*} MSc.PhO dumar.jaramillo@unillanos.edu.co
Recibido Octubre 15 2022 - Aprobado Octubre 20 2022

Resumen

Las vacunas son el pilar fundamental de la medicina preventiva y la base para posibles planes de control y/o erradicación de enfermedades, especialmente las infecciosas. Los parásitos internos en los animales de producción y de compañía continúan siendo una de las principales amenazas para la salud y el bienestar animal con importantes implicaciones económicas, además de su impacto en la salud pública mundial. Su control se ha basado casi exclusivamente en fármacos quimioterápicos, que desde hace varios años han perdido su eficacia y existen claros ejemplos de resistencia parasitaria a ellos. Hay pocos ejemplos comerciales de vacunas de parásitos gastrointestinales disponibles comercialmente para su uso en la práctica de la Medicina Veterinaria. Esta revisión describe algunos ejemplos comerciales de vacunas gastrointestinales antiparasitarias para su formulación en la práctica médica veterinaria, visto desde la perspectiva de “las generaciones de vacunas” y respaldado por estudios clínicos experimentales de antígenos prometedores para el control profiláctico de ciertos agentes parasitarios gastrointestinales de interés en salud pública principalmente. Hasta la fecha, está disponible con ciertas limitaciones comerciales en algunos países europeos y oceánicos Barbervax® y en países sudamericanos Providean® Hidatil EG95 para uso en rumiantes para el control de *Haemonchus contortus* y *Echinococcus granulosus*, respectivamente; en algunos países de América y África, Cysvax™ está disponible para el control de *Taenia solium* en cerdos; y en el mundo con muy pocas limitaciones, una serie de vacunas comerciales para el control de la coccidiosis como la *Eimeria* spp. en la industria avícola: pavos, pollos de engorde y gallinas ponedoras (ej: CocciVac®, Immucox®, Paracox®, entre otros). Existe la necesidad de tener estos tipos de vacunas en todos los países donde estos parásitos gastrointestinales son endémicos y de esta manera brindar opciones para su control, por consiguiente, una serie de inversiones económicas son necesarias para apoyar el desarrollo técnico-científico en torno al desarrollo de nuevos biológicos (nuevas generaciones de vacunas) efectivos y seguros para el control de los parásitos internos más relevantes en animales de producción y de compañía.

Palabras claves: Manejo integrado de parásitos internos, salud pública, zoonosis

Abstract

1. Programa de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de los Llanos, Villavicencio, Meta, Colombia.
2. MVZ, Esp., MSc., PhD. Profesor de la Escuela de Ciencias Animales. Universidad de los Llanos, Villavicencio, Meta, Colombia.

*Académico correspondiente de la Academia Colombiana de Ciencias Veterinarias.
dumar.jaramillo@unillanos.edu.co

Resume

Vaccines are the fundamental pillar of preventive medicine and the basis for possible control and/or eradication of disease plans, especially infectious diseases. Internal parasites in production and companion animals continue to be one of the main threats to animal health and welfare with important economic implications, in addition to its impact on global public health. Its control has been based almost exclusively on chemotherapeutic drugs, which for several years have lost their efficacy and there are clear examples of parasitic resistance to them. Even so, few commercial examples of gastrointestinal parasite vaccines are commercially available for use in the practice of Veterinary Medicine. This review describes some commercial examples of gastrointestinal antiparasitic vaccines for their formulation in veterinary medical practice seen from the perspective of “the generations of vaccines” and supported by experimental clinical studies of promising antigens for the prophylactic control of certain gastrointestinal parasitic agents of interest in public health mainly. To date, it is available with certain commercial limitations in some European and Australian countries Barbervax® and in South American countries Providean® Hidatil EG95 for use in ruminants for the control of *Haemonchus contortus* and *Echinococcus granulosus*, respectively; in some countries in America and Africa, Cysvax™ is available for the control of *Taenia solium* in pigs and in the world with very few limitations, a series of commercial vaccines for the control of coccidiosis (*Eimeria* spp.) in poultry industry: turkeys, broilers and laying hens (e.g., CocciVac®, Immucox®, Paracox®, among others). There is a need to provide this type of vaccine to all countries where these gastrointestinal parasites are endemic and, in this way, provide options for their control. As well as a series of economic investments is highly necessary to support technical-scientific development around development of new effective and safe biologicals (new generations of vaccines) for the control of the most relevant internal parasites in production and companion animals.

Keywords: Internal parasite management, public health, zoonose.

Abreviaturas

OMICS: genómica, proteómica, metabolómica, metagenómica y transcriptómica; SARS-CoV-2: Síndrome Respiratorio Agudo Severo por Coronavirus 2; ADN: Ácido desoxirribonucleico; ARN: Ácido ribonucleico; WGH: Homogeneizado de intestino *Haemonchus placei*; FEC: número de huevos por gramo de heces; AsHb: Hemoglobina de *Ascaris suum*; QuilA®: Saponina adyuvante; TSOL16: Antígenos de oncocercos de *Taenia solium*; pcDNA: Vacuna de fusión de ADN; Gam56: plásmido recombinante de *Eimeria maxima*; TA4: Antígeno de *Eimeria tenella*; IL-2: Interleucina 2; pVAX-LDH, pVAX-LDH-IFN- y pVAX-LDH-IL-2: Plásmidos de antígenos recombinantes de *Eimeria acervuline*; APGA: Antígenos de gametocitos purificados por afinidad; ETRHO1: Gen romboidal de *Eimeria tenella*; CMA: Arteria mesentérica craneal; AS03®: Emulsión de aceite en agua; EgTrp y EgA31: Proteínas recombinantes de *Ancylostoma caninum* adulto; EgM4, EgM9 y EgM123: Proteínas de fusión solubles purificadas recombinantes de *Echinococcus granulosus*; rTcVcan y rTcCad: proteínas recombinantes de *Toxocara canis*; APC: Células presentadoras de antígeno; HMC: Complejo mayor de histocompatibilidad; HMC II: Complejo mayor de histocompatibilidad clase II; IgE: Inmunoglobulina clase E; IgG1: Inmunoglobulina subclase G1; IgG4: Inmunoglobulina subclase G4.

Introducción

La iniciativa de desarrollar y administrar vacunas que proporcionen una inmunidad adecuada al hospedero y así abordar el control de helmintos ha sido uno de los principales objetivos de la investigación en inmunología durante las últimas décadas (Hein & Harrison, 2005). Es importante supervisar las enfermedades parasitarias y la resistencia que han adquirido estos organismos, debido a su tratamiento farmacológico habitual, utilizado para reducir los riesgos de aparición de enfermedades zoonóticas como: cisticercosis, equinococosis, anquilostomiasis (Bethony et al., 2011), además de toxocariasis (Jaramillo et al., 2020). Por ello, la vacunación se ha convertido en una de las formas más eficaces y sostenibles de controlar las enfermedades parasitarias y en una herramienta clave para salvaguardar la salud animal y humana (Bagnoli et al., 2011).

Los parásitos gastrointestinales como *Haemonchus contortus*, *Echinococcus granulosus*, *Taenia solium* y *Eimeria spp.*, afectan a más de la mitad de la población mundial, causando importantes enfermedades y discapacidades (Jourdan et al., 2018), evidenciando que estas enfermedades parasitarias desatendidas afectan la economía potencial a través de su efecto debilitante en la salud humana y animal (Hotez et al., 2009). Debido a esto, se ha generado la necesidad de desarrollar vacunas para prevenir o erradicar estas infecciones. Si bien para todas las infecciones parasitarias existen diferentes alternativas de tratamiento definidas, constantemente se presentan problemas que hacen aplicaciones fallidas de estos tratamientos, provocando efectos secundarios como baja protección, resistencia a los antiparasitarios por uso repetido y reinfección. Por las razones mencionadas anteriormente, los desarrollos en el campo de la inmunología han estado enfocados en originar vacunas antiparasitarias que cumplen todos

los requisitos y provoquen una respuesta inmune bien definida (Versteeg et al., 2019). Sin embargo, a pesar de las múltiples investigaciones realizadas en las últimas décadas, son pocas las vacunas parasitarias disponibles hasta la fecha en el campo de la Medicina Veterinaria (Morrison & Tomley, 2016), situación revisada sistemática y actualmente por nuestro grupo de investigación (Vargas et al., 2022).

Las generaciones de vacunas establecen criterios de desarrollo técnico-científico en torno a la metodología utilizada para la obtención de la formulación vacunal, la cual puede ser utilizando el agente infeccioso, una parte o un subproducto de este, normalmente luego de ser inactivado o muerto (Loukas & Good, 2013), siendo este el caso de las vacunas de primera generación. Sin embargo, en los últimos años, ha habido una mayor innovación en la tecnología aplicada a los procesos biológicos y la capacidad de secuenciar el genoma de patógenos, incluidos los parásitos gastrointestinales. Se han utilizado métodos y patrones bioinformáticos para predecir la localización de antígenos, siendo estas tecnologías prometedoras para el descubrimiento de vacunas recombinantes, que se han aplicado con éxito para inmunizar contra enfermedades en Medicina Veterinaria; este método se conoce como vacunología inversa (Jorge & Dellagostin, 2017), siendo este el caso de las vacunas de segunda generación.

Algunos software gratuitos en línea permiten realizar análisis bioinformáticos prácticos y aplicables a esta metodología, ejemplo: BLASTX (<http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>), PSORT (<http://www.psort.org/>), TMHMM (<http://www.cbs.dtu.dk/services/TMHMM-2.0/>), SOSUI (<http://bp.nuap.nagoyau.ac.jp/sosui/>), ScanPROSITE (<http://au.expasy.org/prosite/>), entre otros; todos son particularmente apli-

cables a ciertos momentos de la metodología de vacunología inversa, desde la identificación de epítomos y sus secuencias de nucleótidos hasta la identificación de péptidos señal relacionados con el respectivo péptido prometedor vacunal. Este enfoque reduce el tiempo requerido para el reconocimiento de vacunas promisorias y brinda opciones viables para aquellas vacunas que han sido difíciles de desarrollar (Seib et al., 2012; Unnikrishnan et al., 2012).

Con base en los desarrollos de la OMICS, la generación de vacunas que contengan plásmidos de ADN o ARN, caso de las vacunas de tercera generación, las cuales codifican un gen proteico del agente infeccioso, el cual tiene capacidad inmunogénica para el control del agente infeccioso respectivo (Dhama et al., 2008). Estas vacunas son económicas y tecnológicamente sustentables para ser fabricadas, así como su respuesta inmune no interfiere con los anticuerpos maternos (Krieg, 2002). Su manejo es estable a temperatura ambiente, en la mayoría de ellas. Aun así, tienen una gran desventaja biológica frente a las vacunas de primera generación, y es su inmunogenicidad, la cual es mucho menor y necesitan ser formuladas con potentes adyuvantes específicos de la respuesta inmune (Wedrychowicz, 2015). Una respuesta inmunitaria eficaz contra un antígeno requiere la adición de un adyuvante en el desarrollo de vacunas (Harrison et al., 1999). Estas sustancias se han utilizado para mejorar la eficacia de las vacunas desde la década de 1920 (Cox & Coulter, 1997), debido a su papel en la optimización de la respuesta inmunitaria específica a los antígenos de las vacunas, sobre todo para las vacunas parasitarias, mediante la mejora selectiva de diferentes mecanismos de respuesta del sistema inmunológico direccionando la activación del sistema inmunitario del hospedero (Bomford, 1989).

Por otro lado, todos están en la expectativa del gran ensayo clínico de uso de vacunas de tercera generación en el control de la pandemia por SARS-CoV-2, dado que existen hipótesis de efectos indeseables como la integración en el genoma de la especie inoculada, activación de proto-oncogenes, inactivación de genes supresores de tumores y la posibilidad de generar anticuerpos antinucleares (Dunham, 2002). Estas hipótesis serán aceptadas o descartadas en unos años, dada la vacunación a base de biológicos de ADN o ARN que actualmente se utilizan en el mundo para el control de la enfermedad COVID-19 (Krammer, 2020).

El tratamiento con fármacos antihelmínticos no ha sido eficaz en el control de parásitos gastrointestinales en los sistemas de producción animal (ej. ganaderías), principalmente por la rápida reinfección que se produce tras el tratamiento y la baja eficacia por el uso repetido de estos fármacos (Boska et al., 2013). Esta situación genera la necesidad de producir vacunas eficientes y seguras contra estos parásitos (McVey & Shi, 2010), llevando el uso de vacunas en Medicina Veterinaria a convertirse en una práctica común, garantizando el control y/o eliminación de diversas enfermedades parasitarias (Knox & Smith, 2001). El objetivo de esta revisión es aportar información sobre las vacunas comercializadas en la actualidad para el control de determinados parásitos gastrointestinales, de interés para la salud pública, en animales de producción y animales de compañía. Así como presentar de manera general una serie de estudios clínicos experimentales de biológicos promisorios para el control de parásitos gastrointestinales en animales, que podrían formar parte del arsenal terapéutico en la práctica de la Medicina Veterinaria en el futuro.

Algunos antígenos prometedores para la inmunoprofilaxis de parásitos gastrointestinales en animales

Los ensayos clínicos experimentales realizados en los últimos años han servido para generar un gran avance en la búsqueda de antígenos que sirvan para minimizar el impacto que estos parásitos generan en los animales de producción y de compañía. En los rumiantes, el primero se denominó contortina, un polímero extracelular intestinal obtenido del estado adulto del *Haemonchus contortus* (enfermedad: *haemonchosis*). El uso de este antígeno produjo una disminución de las cargas parasitarias de este nematodo hasta un 78% en las ovejas inmunizadas (Munn et al., 1987; Newton & Munn, 1999). En otro estudio clínico, se inmunizaron terneros con WGH de *Haemonchus placei*; no se observó una reducción significativa en el número total de nematodos obtenidos del abomaso, pero sí se redujo significativamente el número de hembras adultas y FEC, lo que indica una alta protección contra las hembras de estos nematodos y un posible efecto inmunoprolifático sobre el ciclo de vida de este parásito (Siefker y Rickard, 2000).

Otro parásito que afecta al ganado bovino es el nematodo *Oesophagostomum spp.* este es un parásito importante que también infecta a humanos y tiene un amplio potencial zoonótico debido a su gran distribución (Li et al., 2017); pertenece a la superfamilia Strongyloidea y es un nematodo de gran importancia económica a nivel mundial (Tyagi et al., 2015). Se han inmunizado terneros con diferentes dosis de extracto soluble de larvas de *Oesophagostomum radiatum* cultivadas in vitro, con esta metodología se observó una reducción del 81% y 99% en la carga de nematodos adultos en intestino, y disminuciones en FEC en un 75% y 100%, a dosis bajas o altas de este extracto, respectivamente (East et al., 1988). Si bien existen grandes avances científicos, a lo largo de los años, sus-

tentados en estudios clínicos de vacunas experimentales para el control de las principales parasitosis gastrointestinales en grandes y pequeños rumiantes; existen pocos resultados concretos en la actualidad de la aplicabilidad de procesos inmunoprolifáticos o inmunoterapéuticos soportados en vacunas desarrolladas en este campo dentro de la medicina veterinaria, específicamente para el control de la haemonchosis (Bassetto et al., 2014; OMS, 2020). Estos tiempos y terrenos han ganado estos parásitos, llegando a impactar gravemente indicadores de producción y profundizando la crisis de salud pública tanto en países industrializados como en vías de desarrollo, donde los grandes y pequeños rumiantes son fuente de diversos alimentos básicos para el consumo mundial.

Se han llevado a cabo varios estudios clínicos de experimentación de vacunas en cerdos para estudiar la inmunoprofilaxis como estrategia de control de *Ascaris suum*. En uno de los estudios se probó AsHb purificada junto con el adyuvante Quil-A®, donde se generó una protección considerable en los cerdos que fueron inmunizados con esta vacuna, siendo esta un posible candidato vacunal (Vlaminck et al., 2011). Por otro lado, se estudió el desarrollo de inmunidad a *Ascaris suum* en cerdos inmunizados con fragmentos de cutícula aislados de larvas de diferentes estadios (L2/L3) de *Ascaris suum*, lo que resultó en una reducción del 44% al 49% en el número de larvas aisladas de los tejidos de cerdos inmunizados (Hill et al., 1994). Asimismo, otro estudio donde se inmunizó cerdos con el antígeno recombinante TSOL16, demostró que este antígeno puede proporcionar niveles adecuados de protección frente al desafío con huevos de *Taenia solium* (Gauci et al., 2012).

En este camino de innovación científica con tendencia a la evolución de las técnicas de generación de vacunas, en la industria de pollos de engorde, se creó una vacuna experimental de ADN que agrupa la proteína *Eimeria maxima* Gam56 (pcDNA-Gam56), la cual indujo un aumento significativo en la propagación de linfocitos y se observó una disminución en la eliminación de ooquistes del 53,7% en pollos de engorde inoculados (Xu et al., 2013). En la misma línea de desarrollo de vacunas, se desarrolló otro biológico experimental para el control de *Eimeria spp.* a partir de ADN recombinante pcDNA-TA4-IL-2 que expresa el antígeno TA4 de *Eimeria tenella* e IL-2 de pollo de engorde, donde se observó una reducción promedio de ooquistes de 72.6% (Song et al., 2009). Otro ejemplo de desarrollo de vacunas para el control de *Eimeria spp.*, es la elaboración de tres plásmidos vacunales: pVAX-LDH, pVAX-LDH-IFN-y pVAX-LDH-IL-2, donde la interacción anticoccidial de los grupos pVAX-LDH-LDH-IFN-y pVAX-LDH-IL-2 fueron más altos que el grupo control, mostrando una reducción significativa de *Eimeria acervulina* de 56.82% y 57.59%, respectivamente, en aves inmunizadas (Song et al., 2010).

Además de estos estudios que vinculan la última tecnología en generación de vacunas, previamente se habían realizado otros importantes estudios clínicos en el control de la coccidiosis aviar, un ejemplo de estos es la administración de antígenos de gametocitos purificados por afinidad (APGA) de *Eimeria maxima*, emulsionado en adyuvante de Freund, donde hubo una reducción en la producción total de ooquistes de este protozoo en un 45-63% (Wallach et al., 1995). En otro estudio clínico, se inoculó a pollos de engorde con una proteína recombinante de ETRHO1 de *Eimeria tenella*, donde se demostró que ETRHO1 podía proporcionar una protección del 77,3 % en los pollos de engorde inoculados (Li et al., 2012).

En equinos los helmintos son los parásitos más importantes en los países industrializados (Klei, 2000). Entre estos se encuentra *Strongylus vulgaris*, el cual provoca afectaciones en su hospedero, migrando por todo el organismo durante su ciclo biológico, donde estos parásitos se fijan en la CMA durante la migración larval (Swiderski et al., 1999). Si bien esta zona anatómica no es la ubicación definitiva de las larvas de *Strongylus vulgaris*, es probablemente el lugar donde causa las mayores lesiones y genera la mayor acumulación de larvas, caracterizada por grandes émbolos dentro de la luz vascular, generando inflamación de la capa media y significativa aumento de la CMA. Esta patología se conoce como arteritis verminosa (Reinemeyer & Nielsen, 2009). Hay pocos estudios sobre el desarrollo de vacunas antiparasitarias gastrointestinales en equinos. En uno de ellos, se realizó un estudio en ponis inoculados con larvas de *Strongylus vulgaris* (L3) atenuadas por radiación asociada a un adyuvante: Sigma Adjuvant System®; donde esta formulación vacunal demostró una reducción del 91,8% de larvas migratorias de *S. vulgaris* en ponis inoculados (Monahan et al., 1994). Por otra parte, un estudio posterior en ponis inoculados por vía oral con larvas de *Strongylus vulgaris* (L3) irradiadas a dosis de 70 Kr, 100 Kr, 130 Kr; generó una disminución del 50 al 82% en el número de nematodos adultos extraídos de los intestinos de ponis previamente inmunizados (Klei et al., 1989).

Se han realizado estudios en animales de compañía utilizando como antígeno inmunoprotector en caninos el Ac-16, un antígeno inmunodominante de *Ancylostoma caninum* combinado con el adyuvante AS03®, que promovió respuestas inmunes humorales y celulares desarrollando una protección parcial significativa contra la infección por *Ancylostoma caninum* (Fujiwara et al., 2007). Por otro lado, en ensayos con un candidato vacunal oral con dos proteí-

nas recombinantes de la fase adulta de este parásito: EgTrp, que es una tropomiosina y EgA31, que es una proteína análoga a la paramiosina. Los caninos inoculados con EgTrp y EgA31 exhibieron una disminución en la carga parasitaria de un 70% a un 80%, mostrando una alta eficiencia para reducir la transmisión humano-animal (Petavy et al., 2008). Asimismo, en otro estudio con antígenos recombinantes EgM4, EgM9 y EgM123 utilizados para la protección de caninos frente a la exposición a este cestodo, se promovió un nivel de protección notablemente alto, en torno al 97-100% (Zhang et al., 2006).

Nuestro grupo de investigación está trabajando actualmente en el desarrollo de una vacuna para controlar *Toxocara canis*, el principal nematodo canino con importantes impactos en

la salud pública. Los ensayos clínicos se realizaron en cachorros infectados experimentalmente en condiciones controladas de laboratorio e infectados naturalmente (transmisión transplacentaria), a partir del uso de dos proteínas recombinantes rTcVcan y rTcCad producidas bajo la metodología de vacunología inversa con resultados prometedores en el control de la toxocariasis en el modelo murino (Salazar Garces et al., 2020), añadido a un adyuvante de inducción de respuesta Th1/Th2 mixto, Quil-A®. En este primer ensayo clínico, los caninos inoculados con rTcVcan + QuilA® redujeron FEC en un 95%, además se evidenció la reducción de los huevos obtenidos del útero de hembras adultas expulsadas farmacológicamente (58,38%) (Jaramillo-Hernández et al., 2022).

Principios de vacunación y desarrollo de vacunas: vacunas contra parásitos gastrointestinales utilizadas en Medicina Veterinaria

El sistema inmunitario se puede dividir en dos sistemas: el innato y el adaptativo, que se relacionan entre sí para crear una fuerte respuesta inmunitaria (Clem, 201). Las vacunas intervienen en la generación de respuestas inmunitarias innatas y aceleran la aparición de APC, estimulando así una respuesta inmunitaria adaptativa protectora frente a un patógeno (Di Pasquale et al., 2015). Si se trata de un antígeno bacteriano o parasitario, se acoplará a la proteína mediante el HMC II principal y las APC lo presentarán a una célula CD4+ que posiblemente desencadenará inmunidad provocada por anticuerpos (Meeusen et al., 2007). A diferencia del sistema inmunitario innato, el modo de acción del sistema inmunitario adaptativo es específico del patógeno. Esta respuesta innata tendrá más tiempo para ocurrir (Clem, 2011). Sin embargo, el sistema inmunitario adaptativo tiene memoria, las células T se multiplican a lo largo de la infección,

formando células de memoria de larga duración que se ajustan a la expansión secundaria después de una exposición constante al mismo patógeno (Sun et al., 2009).

Los helmintos tienen moléculas de interacción con diversos receptores de reconocimiento de patrones moleculares de patógenos de células del sistema inmune, la mayoría de estas interacciones se ejecutan con el fin de evadir la respuesta del mismo sistema, tanto innato como adaptativo, por ejemplo, induciendo una respuesta inmunitaria modificada por Th2 con la producción de células reguladoras y citocinas (Marciani, 2017). Hasta la fecha, se ha avanzado mucho en la determinación de las células y las citocinas involucradas en la generación de la inmunidad tipo 2, que generalmente brinda protección contra la infección por helmintos (Maizels et al., 2012). Las citoquinas son intermediarias de la respuesta

inmune innata, por lo que funcionan como inductores y efectores en todas las etapas durante la infección por helmintos, dentro de la reacción Th2 se incluyen interleucinas (IL): IL-4, IL-5, IL-9, IL-13, IL-21 (Meeusen et al., 2005). Las células CD4+ estimulan una serie de componentes antiparasitarios tipo 2, incluidos anticuerpos compensadores, células de defensa y leucocitos, así como inmunoglobulina (Ig) G1 (IgG1), IgG4 e IgE; además, poblaciones expandidas de eosinófilos, basófilos, mastocitos, células linfoides tipo 2 innatas y macrófagos altamente activados. Determinados efectos de estas vías anulan y deshabilitan las acciones del sistema inmune sobre los parásitos, los cuales en teoría finalmente conducirían a su expulsión (Maizels et al., 2012; Babu & Nutman, 2019).

Los antígenos de las vacunas deben estimular componentes protectores como los generados en la inmunidad natural. La tipificación de estos mecanismos se convierte en un requisito previo para el diseño inteligente de la formulación y administración de una vacuna (Emery et al., 1993). Los estudios han descrito que estos nematodos provocan respuestas inmunes dominantes Th2 y proliferación en la mucosa intestinal de mastocitos y eosinófilos (Foster et al., 2012), en contraste con las respuestas Th1, que promueven respuestas mediadas por células que involucran macrófagos y se consideran más importantes en la protección contra agentes protozoarios (Dalton & Mulcahy, 2001). Ejemplo de estas condiciones hacen referencia al desarrollo de vacunas en sistemas de producción aviar, las vacunas anti-*Eimeria* existentes consisten en organismos completamente virulentos o vivos atenuados (Dalton & Mulcahy, 2001). Estas vacunas provocan una fuerte respuesta celular y de anticuerpos que generalmente producirá inmunidad durante un período considerable con solo una o dos inmunizaciones. En algunos casos, es

posible atenuar los microorganismos de tal manera que pierden su potencial para causar daño al individuo inoculado, pero conservan la capacidad de reproducirse espontáneamente dentro del huésped (Goldsby et al., 2007).

Las vacunas de primera generación incluyen: A. Vacunas con patógeno vivo, que tienen el atributo de expresar una amplia gama de antígenos patógenos. Esto es importante ya que los antígenos pueden expresarse de manera diferente en las diferentes etapas de su vida (Chambers et al., 2016). Es el caso de las vacunas contra la coccidiosis aviar (*Eimeria spp.*): CocciVac® e Immucox®, compuestas por organismos vivos; y Paracox® y Livacox® compuestas de organismos vivos atenuados (Dalton & Mulcahy, 2001). B. Vacuna con organismos inactivados o muertos, este es otro método de inmunización, en el que se desactiva el microorganismo patógeno, una subunidad del mismo o sus toxinas tras la exposición a altas temperaturas o productos químicos, entre otras formas de inactivación (Goldsby et al., 2007); son menos variables y no representan un riesgo de retorno a la patogenicidad, pero su incapacidad para infectar células y activar las células T citotóxicas las hace menos efectivas para proteger a los huéspedes (Meeusen et al., 2007). Por ello, requieren varias inmunizaciones y la introducción de adyuvantes para preservar una adecuada defensa (Chambers et al., 2016). Este es el caso de la vacuna comercial GiardiaVax™ que fue indicada para su uso en caninos para combatir el protozooario *Giardia lamblia* (Figura 1), donde la vacuna actúa principalmente generando una respuesta humoral y celular específica contra el parásito (Meeusen et al., 2007) (vacuna fuera del mercado desde unos años atrás), y la vacuna Barbervax® para el control del nematodo *Haemonchus contortus* en ovinos y CoxAbic® para el control de la coccidiosis aviar.



Figura 1. Gardiavax®, vacuna comercializada utilizada para el control de *Giardia lamblia* en perros, Gardiavax® es una vacuna de primera generación que contiene un concentrado de *Giardia lamblia* ($\geq 1,2 \times 10^8$ organismos/mL) inactivo.

Las vacunas de segunda generación están representadas por vacunas recombinantes (figura 2), que contienen partículas seleccionadas de un determinado microorganismo que pueden ser proteínas, polisacáridos o partículas similares a virus (Vetter et al., 2018). Incluyen solo determinantes antigénicos frente a los cuales los anticuerpos o las células T se registran, ensamblan y estimulan el sistema inmunitario más fácilmente (Clem, 2011); son vacunas seguras y generan menos reacciones adversas. Sin embargo, los antígenos ocultos suelen provocar una inmunidad protectora incompleta; estas vacunas generalmente requieren inoculaciones repetidas con la adición de adyuvantes que generan fuertes respuestas, haciéndolas menos efectivas y competitivas (Meeusen et al., 2007). Entre las vacunas de proteínas recombinantes, se encuentra la vacuna Providean® Hydatil EG95 y la vacuna Cysvax™, para el control de *Echinococcus granulosus* en sus hospederos intermedios (mamíferos ungulados) y *Taenia solium* en cerdos, respectivamente.

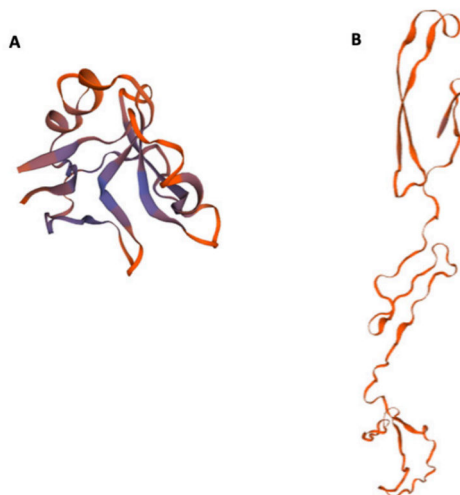


Figura 2. Proteínas recombinantes utilizadas en la primera investigación clínica de una vacuna para el control de *Toxocara canis* en caninos; ejemplo de una posible vacuna de segunda generación para el control de las principales geohelminthiasis zoonótica del mundo. A. Proteína recombinante homóloga al canal de potasio de *T. canis* (rTcVcan); B. Proteína recombinante homóloga a la cadherina de *T. canis* (rTcCad). Imágenes de las proteínas recombinantes creadas en el software <https://swissmodel.expasy.org/>. Este ensayo clínico es uno de los experimentos designados bajo la patente de invención BR 10 2019 0215119 “Método para la producción de proteínas recombinantes de *Toxocara canis* utilizadas como vacuna para el control de la toxocariasis canina”. El cual pertenece a la Universidad Federal de Bahía, registrado en el Ministerio de Industria de Brasil, cuyos autores son: Alcantara-Neves NM., Salazar-Gárces LF., Pinheiro C., Pacheco L., Santiago L., Santos SP., Jaramillo -Hernández DA. 2019.

Las vacunas de tercera generación son las vacunas de ADN o ARN, que se basan en la capacidad de expresión de un vector inyectado, ya sea en células musculares o cutáneas, para exponer antígenos vacunales en el tejido del huésped inmunizado, lo que estimula la presentación de antígenos. llevando a una fuerte respuesta inmunoló-

gica (Chambers et al., 2016; Vetter et al., 2018). Una vez que se administra la vacuna de ADN, el antígeno codificado se manifiesta en las células del hospedero y es presentado por las células dendríticas (tipo de APC). Esto es más probable que ocurra en los ganglios linfáticos que tienen la función de drenaje, provocando respuestas inmunitarias tanto humorales como celulares (Coban et al., 2008). Estas vacunas actuales ofrecen mayores ventajas sobre las vacunas tradicionales, en términos de facilidad de producción, persistencia y valorización (Dunham, 2002). Si bien las vacunas vivas se destacan para el control de la coccidiosis, las vacunas

de ADN han sido una buena opción, ya que se inducirá una respuesta inmune completa y constante sin riesgo de generar la enfermedad. Un claro ejemplo es Gam56, que es un antígeno derivado del estadio de gametocito de *Eimeria maxima*, que tiene una muy buena capacidad para activar el sistema inmunitario, induciendo una respuesta inmunitaria (Xu et al., 2013); hasta el momento, el campo de la medicina veterinaria a nivel mundial carece de vacunas comerciales para el control de los parásitos gastrointestinales estudiados en este manuscrito clasificados dentro de las vacunas de tercera generación.

Conclusión

La vacunación es sin duda el método más seguro y factible para la prevención, control y erradicación de enfermedades infecciosas (Calamante, 2018). Generar vacunas contra los parásitos gastrointestinales es un desafío asumido por la ciencia con un propósito claro: generar una protección adecuada para la población que está constantemente expuesta a los parásitos y minimizar los riesgos que se pueden presentar durante una posible infección parasitaria (Rodríguez & Olivares, 2019). Los recientes avances en genómica permiten desarrollar, mediante técnicas bioinformáticas, pronósticos sobre la eficacia de determinados antígenos y su capacidad de respuesta inmunogénica, lo que se espera reduzca los tiempos y estudios para seleccionar los mejores antígenos para el desarrollo de vacunas biológicas contra parásitos gastrointestinales (Cruz et al., 2017).

Además de estos desarrollos de OMICS, la implementación de nuevos adyuvantes que dirijan una respuesta inmune favorable para el antígeno seleccionado permitiría generar procesos de producción biológica de antiparasitarios altamente eficientes (Rodríguez & Olivares, 2019). Sin embargo, deja en claro que existe la necesidad de continuar investigando métodos terapéuticos que sean seguros para los animales y el medio ambiente, debido al avance que se ha generado en temas de resistencia parasitaria (Murray, 1989). Los estudios descritos en esta revisión indican que las perspectivas a corto plazo para obtener agentes vacunales prometedores, tanto en términos de eficacia como de composición, contra los parásitos gastrointestinales presentes en los animales de producción y de compañía son muy alentadoras.

Referencias

1. Babu S, & Nutman T.B. (2019). Immune Responses to Helminth Infection. *Clinical Immunology*, 437-447. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-7020-6896-6.00031-4>.
2. Bagnoli, F., Baudner, B., Mishra, R. P., Bartolini, E., Fiaschi, L., Mariotti, P., Nardi-Dei, V., Boucher, P., & Rappuoli, R. (2011). Designing the next generation of vaccines for global public health. *Omics : a journal of integrative biology*, 15(9), 545-566. DOI: <https://doi.org/10.1089/omi.2010.0127>
3. Baska, P., Wisniewski, M., Krzyzowska, M., Długosz, E., Zygmier, W., Górski, P., & Wędrychowicz, H. (2013). Molecular cloning and characterisation of in vitro immune response against astacin-like metalloprotease Ace-MTP-2 from *Ancylostoma ceylanicum*. *Experimental parasitology*, 133(4), 472-482. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.exppara.2013.01.006>
4. Bassetto, C. C., Picharillo, M. É., Newlands, G. F., Smith, W. D., Fernandes, S., Siqueira, E. R., & Amarante, A. F. (2014). Attempts to vaccinate ewes and their lambs against natural infection with *Haemonchus contortus* in a tropical environment. *International journal for parasitology*, 44(14), 1049-1054. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2014.07.007>
5. Bethony, J. M., Cole, R. N., Guo, X., Kamhawi, S., Lightowers, M. W., Loukas, A., Petri, W., Reed, S., Valenzuela, J. G., & Hotez, P. J. (2011). Vaccines to combat the neglected tropical diseases. *Immunological reviews*, 239(1), 237-270. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1600-065X.2010.00976.x>
6. Bomford R. (1989). Adjuvants for anti-parasite vaccines. *Parasitology today (Personal ed.)*, 5(2), 41-46. DOI: [https://doi.org/10.1016/0169-4758\(89\)90190-7](https://doi.org/10.1016/0169-4758(89)90190-7)
7. Calamante, G. (2018). Desarrollo de vacunas de nueva generación Desarrollo de vacunas de nueva generación, <http://ria.inta.gov.ar/contenido/desarrollo-de-vacunas-de-nueva-generacion-para-uso-veterinario?l=es> [accessed March 22, 2021].
8. Chambers, M. A., Graham, S. P., & La Razione, R. M. (2016). Challenges in Veterinary Vaccine Development and Immunization. *Methods in molecular biology (Clifton, N.J.)*, 1404, 3-35. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4939-3389-1_1
9. Clem A. S. (2011). Fundamentals of vaccine immunology. *Journal of global infectious diseases*, 3(1), 73-78. DOI: <https://doi.org/10.4103/0974-777X.77299>
10. Coban, C., Koyama, S., Takeshita, F., Akira, S., & Ishii, K. J. (2008). Molecular and cellular mechanisms of DNA vaccines. *Human vaccines*, 4(6), 453-456. DOI: <https://doi.org/10.4161/hv.4.6.6200>
11. Cox, J. C., & Coulter, A. R. (1997). Adjuvants--a classification and review of their modes of action. *Vaccine*, 15(3), 248-256. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0264-410x\(96\)00183-1](https://doi.org/10.1016/s0264-410x(96)00183-1)
12. Cruz, J.V., Rosado M.E., Dumonteil, E. (2017). Desarrollo de vacunas contra parásitos. *Revista Ciencia*, 68(1):81-85. https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/68_1/PDF/desarrollo_vacunas.pdf
13. Dalton, J. P., & Mulcahy, G. (2001). Parasite vaccines--a reality?. *Veterinary parasitology*, 98(1-3), 149-167. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0304-4017\(01\)00430-7](https://doi.org/10.1016/s0304-4017(01)00430-7)
14. Dhama, K., Mahendran, M., Gupta, P. K., & Rai, A. (2008). DNA vaccines and their applications in veterinary practice: current perspectives. *Veterinary research communications*, 32(5), 341-356. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11259-008-9040-3>
15. Di Pasquale, A., Preiss, S., Tavares Da Silva, F., & Garçon, N. (2015). Vaccine Adjuvants: from 1920 to 2015 and Beyond. *Vaccines*, 3(2), 320-343. DOI: <https://doi.org/10.3390/vaccines3020320>
16. Dunham S. P. (2002). The application of nucleic acid vaccines in veterinary medicine. *Research in veterinary science*, 73(1), 9-16. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0034-5288\(02\)00032-2](https://doi.org/10.1016/s0034-5288(02)00032-2)

17. Dunham, S. P. (2002). The application of nucleic acid vaccines in veterinary medicine. *Research in veterinary science*, 73(1), 9-16. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0034-5288\(02\)00032-2](https://doi.org/10.1016/s0034-5288(02)00032-2)
18. East, I. J., Berrie, D. A., & Fitzgerald, C. J. (1988). Oesophagostomum radiatum: successful vaccination of calves with an extract of in vitro cultured larvae. *International journal for parasitology*, 18(1), 125-127. DOI: [https://doi.org/10.1016/0020-7519\(88\)90047-1](https://doi.org/10.1016/0020-7519(88)90047-1)
19. Emery, D. L., McClure, S. J., & Wagland, B. M. (1993). Production of vaccines against gastrointestinal nematodes of livestock. *Immunology and cell biology*, 71 (Pt 5), 463-472. DOI: <https://doi.org/10.1038/icb.1993.52>
20. Foster, N., Berndt, A., Lalmanach, A. C., Methner, U., Pasquali, P., Rychlik, I., Velge, P., Zhou, X., & Barrow, P. (2012). Emergency and therapeutic vaccination--is stimulating innate immunity an option?. *Research in veterinary science*, 93(1), 7-12. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2011.05.018>
21. Fujiwara, R. T., Zhan, B., Mendez, S., Loukas, A., Bueno, L. L., Wang, Y., Plieskatt, J., Oksov, Y., Lustigman, S., Bottazzi, M. E., Hotez, P., & Bethony, J. M. (2007). Reduction of worm fecundity and canine host blood loss mediates protection against hookworm infection elicited by vaccination with recombinant Ac-16. *Clinical and vaccine immunology : CVI*, 14(3), 281-287. DOI: <https://doi.org/10.1128/0950-2688-01403-06>
22. Gauci, C. G., Jayashi, C. M., Gonzalez, A. E., Lackenby, J., & Lightowlers, M. W. (2012). Protection of pigs against *Taenia solium* cysticercosis by immunization with novel recombinant antigens. *Vaccine*, 30(26), 3824-3828. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2012.04.019>
23. Goldsby, R. A., Kindt, T.J., Osborne, B.A., Kuby, J. vaccines. In: Mc Graw Hill, editors. *Kuby Immunology*, 6th edition, New York: E.Publishing Inc; 2007, p. 475-490.
24. Harrison, G. B., Shakes, T. R., Robinson, C. M., Lawrence, S. B., Heath, D. D., Dempster, R. P., Lightowlers, M. W., & Rickard, M. D. (1999). Duration of immunity, efficacy and safety in sheep of a recombinant *Taenia ovis* vaccine formulated with saponin or selected adjuvants. *Veterinary immunology and immunopathology*, 70(3-4), 161-172. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0165-2427\(99\)00039-2](https://doi.org/10.1016/s0165-2427(99)00039-2)
25. Hein, W. R., & Harrison, G. B. (2005). Vaccines against veterinary helminths. *Veterinary parasitology*, 132(3-4), 217-222. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2005.07.006>
26. Hill, D. E., Fetterer, R. H., Romanowski, R. D., & Urban, J. F., Jr (1994). The effect of immunization of pigs with *Ascaris suum* cuticle components on the development of resistance to parenteral migration during a challenge infection. *Veterinary immunology and immunopathology*, 42(2), 161-169. DOI: [https://doi.org/10.1016/0165-2427\(94\)90005-1](https://doi.org/10.1016/0165-2427(94)90005-1)
27. Hotez, P. J., Fenwick, A., Savioli, L., & Molyneux, D. H. (2009). Rescuing the bottom billion through control of neglected tropical diseases. *Lancet (London, England)*, 373(9674), 1570-1575. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(09\)60233-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(09)60233-6)
28. Jaramillo-Hernández D. A., Salazar L.F., Baquero M.M., Pinheiro C.S., Alcantara-Neves N.M. (2020). Toxocariasis and *Toxocara* vaccine: a review. *Orinoquia* 24, 79-95. DOI: <https://doi.org/10.22579/20112629.631>
29. Jaramillo-Hernández D. A., Salazar Garcés, L. F., Pacheco, L. G. C., Pinheiro, C. S., & Alcantara-Neves, N. M. (2022). Protective response mediated by immunization with recombinant proteins in a murine model of toxocariasis and canine infection by *Toxocara canis*. *Vaccine*, 40(6), 912-923. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2021.12.052>
30. Jorge, S., & Dellagostin, O. A. (2017). The development of veterinary vaccines: a review of traditional methods and modern

biotechnology approaches. *Biotechnology Research and Innovation*, 1(1), 6–13. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biori.2017.10.001>

31. Jourdan PM, Lamberton PHL, Fenwick A, Addiss DG. (2018). Soil-transmitted helminth infections. *Lancet*. 2018;391(10117):252-265. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)31930-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)31930-X)
32. Klei T. R. (2000). Equine immunity to parasites. *The Veterinary clinics of North America. Equine practice*, 16(1), 69–vi. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0749-0739\(17\)30119-0](https://doi.org/10.1016/s0749-0739(17)30119-0)
33. Klei, T. R., French, D. D., Chapman, M. R., McClure, J. R., Dennis, V. A., Taylor, H. W., & Hutchinson, G. W. (1989). Protection of yearling ponies against *Strongylus vulgaris* by foalhood vaccination. *Equine veterinary journal. Supplement*, (7), 2–7. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1989.tb05645.x>
34. Knox, D. P., & Smith, W. D. (2001). Vaccination against gastrointestinal nematode parasites of ruminants using gut-expressed antigens. *Veterinary parasitology*, 100(1-2), 21–32. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0304-4017\(01\)00480-0](https://doi.org/10.1016/s0304-4017(01)00480-0)
35. Krammer, F. (2020). SARS-CoV-2 vaccines in development. *Nature*, 586(7830), 516-527. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2798-3>
36. Krieg, A. M. (2002). CpG motifs in bacterial DNA and their immune effects. *Annual review of immunology*, 20(1), 709-760. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.immunol.20.100301.064842>
37. Li, J., Zheng, J., Gong, P., & Zhang, X. (2012). Efficacy of *Eimeria tenella* rhomboid-like protein as a subunit vaccine in protective immunity against homologous challenge. *Parasitology research*, 110(3), 1139–1145. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00436-011-2603-1>
38. Li, K., Lan, Y., Luo, H., Shahzad, M., Zhang, H., Wang, L., Zhang, L., Liu, D., Liu, X., Hao, Y., Sizhu, S., & Li, J. (2017). Prevalence of three *Oesophagostomum* spp. from Tibetan Pigs analyzed by Genetic Markers of nad1, cox3 and ITS1. *Acta parasitologica*, 62(1), 90–96. DOI: <https://doi.org/10.1515/ap-2017-0010>
39. Loukas, A., & Good, M. F. (2013). Back to the future for antiparasite vaccines?. *Expert review of vaccines*, 12(1), 1-4. DOI: <https://doi.org/10.1586/erv.12.136>
40. Maizels, R. M., Hewitson, J. P., & Smith, K. A. (2012). Susceptibility and immunity to helminth parasites. *Current opinion in immunology*, 24(4), 459–466. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.coi.2012.06.003>
41. Marciani D. J. (2017). Effects of immunomodulators on the response induced by vaccines against autoimmune diseases. *Autoimmunity*, 50(7), 393–402. DOI: <https://doi.org/10.1080/08916934.2017.1373766>
42. McVey, S., & Shi, J. (2010). Vaccines in veterinary medicine: a brief review of history and technology. *The Veterinary clinics of North America. Small animal practice*, 40(3), 381–392. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2010.02.001>
43. Meeusen, E. N., Balic, A., & Bowles, V. (2005). Cells, cytokines and other molecules associated with rejection of gastrointestinal nematode parasites. *Veterinary immunology and immunopathology*, 108(1-2), 121–125. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2005.07.002>
44. Meeusen, E. N., Walker, J., Peters, A., Pastoret, P. P., & Jungersen, G. (2007). Current status of veterinary vaccines. *Clinical microbiology reviews*, 20(3), 489–510. DOI: <https://doi.org/10.1128/CMR.00005-07>
45. Monahan, C. M., Taylor, H. W., Chapman, M. R., & Klei, T. R. (1994). Experimental immunization of ponies with *Strongylus vulgaris* radiation-attenuated larvae or crude soluble somatic extracts from larval or adult stages. *The Journal of parasitology*, 80(6), 911–923. DOI: <https://doi.org/10.2307/3283440>

46. Morrison, W. I., & Tomley, F. (2016). Development of vaccines for parasitic diseases of animals: Challenges and opportunities. *Parasite immunology*, 38(12), 707–708. DOI: <https://doi.org/10.1111/pim.12398>
47. Munn, E. A., Greenwood, C. A., & Coadwell, W. J. (1987). Vaccination of young lambs by means of a protein fraction extracted from adult *Haemonchus contortus*. *Parasitology*, 94 (Pt2), 385–397. DOI: <https://doi.org/10.1017/s0031182000054032>
48. Murray P. K. (1989). Molecular vaccines against animal parasites. *Vaccine*, 7(4), 291–299. DOI: [https://doi.org/10.1016/0264-410x\(89\)90188-6](https://doi.org/10.1016/0264-410x(89)90188-6)
49. Newton, S. E., & Munn, E. A. (1999). The development of vaccines against gastrointestinal nematode parasites, particularly *Haemonchus contortus*. *Parasitology today* (Personal ed.), 15(3), 116–122. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0169-4758\(99\)01399-x](https://doi.org/10.1016/s0169-4758(99)01399-x)
50. Petavy, A. F., Hormaeche, C., Lahmar, S., Ouhelli, H., Chabalgoity, A., Marchal, T., Azzouz, S., Schreiber, F., Alvite, G., Sarciron, M. E., Maskell, D., Esteves, A., & Bosquet, G. (2008). An oral recombinant vaccine in dogs against *Echinococcus granulosus*, the causative agent of human hydatid disease: a pilot study. *PLoS neglected tropical diseases*, 2(1), e125. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0000125>
51. Reinemeyer, C. R., & Nielsen, M. K. (2009). Parasitism and colic. *The Veterinary clinics of North America. Equine practice*, 25(2), 233–245. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cveq.2009.04.003>
52. Rodríguez, J. G., & Olivares, J. L. (2019). Vacunas parasitarias: un recuento bibliográfico. *Revista de Salud Animal*, 41(3), e08. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-570X2019000300009&lng=es&tlng=pt.
53. Salazar Garcés, L. F., Santiago, L. F., Santos, S., Jaramillo-Hernández, D. A., da Silva, M. B., Alves, V., Silveira, E. F., Barrouin-Melo, S. M., Cooper, P. J., Pacheco, L., Pinheiro, C., & Alcantara-Neves, N. M. (2020). Immunogenicity and protection induced by recombinant *Toxocara canis* proteins in a murine model of toxocarosis. *Vaccine*, 38(30), 4762–4772. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2020.04.072>
54. Seib, K. L., Zhao, X., & Rappuoli, R. (2012). Developing vaccines in the era of genomics: a decade of reverse vaccinology. *Clinical microbiology and infection : the official publication of the European Society of Clinical Microbiology and Infectious Diseases*, 18 Suppl 5, 109–116. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-0691.2012.03939.x>
55. Siefker, C., & Rickard, L. G. (2000). Vaccination of calves with *Haemonchus placei* intestinal homogenate. *Veterinary parasitology*, 88(3-4), 249–260. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0304-4017\(99\)00208-3](https://doi.org/10.1016/s0304-4017(99)00208-3)
56. Song, H., Yan, R., Xu, L., Song, X., Shah, M. A., Zhu, H., & Li, X. (2010). Efficacy of DNA vaccines carrying *Eimeria acervulina* lactate dehydrogenase antigen gene against coccidiosis. *Experimental parasitology*, 126(2), 224–231. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.exppara.2010.05.015>
57. Song, X., Xu, L., Yan, R., Huang, X., Shah, M. A., & Li, X. (2009). The optimal immunization procedure of DNA vaccine pcDNA-TA4-IL-2 of *Eimeria tenella* and its cross-immunity to *Eimeria necatrix* and *Eimeria acervulina*. *Veterinary parasitology*, 159(1), 30–36. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2008.10.015>
58. Sun, J. C., Beilke, J. N., & Lanier, L. L. (2009). Adaptive immune features of natural killer cells. *Nature*, 457(7229), 557–561. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature07665>
59. Swiderski, C. E., Klei, T. R., Folsom, R. W., Pourciau, S. S., Chapman, A., Chapman, M. R., Moore, R. M., McClure, J. R., Taylor, H. W., & Horohov, D. W. (1999). Vaccination against *Strongylus vulgaris* in ponies: comparison of the humoral and cytokine responses of vaccinates and nonvaccinates. *Advances in veterinary medicine*, 41, 389–404. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0065-3519\(99\)80029-9](https://doi.org/10.1016/s0065-3519(99)80029-9)

60. Tyagi, R., Joachim, A., Ruttkowski, B., Rosa, B. A., Martin, J. C., Hallsworth-Pepin, K., Zhang, X., Ozersky, P., Wilson, R. K., Ranganathan, S., Sternberg, P. W., Gasser, R. B., & Mitreva, M. (2015). Cracking the nodule worm code advances knowledge of parasite biology and biotechnology to tackle major diseases of livestock. *Biotechnology advances*, 33(6 Pt 1), 980–991. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2015.05.004>
61. Unnikrishnan, M., Rappuoli, R., & Serruto, D. (2012). Recombinant bacterial vaccines. *Current opinion in immunology*, 24(3), 337–342. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.coi.2012.03.013>
62. Vargas, L. M., Prieto, L. D., Baquero, M. M., Corredor, W., Alcantara-Neves, N. M., & Jaramillo-Hernández, D. A. (2022). Vaccines for gastrointestinal parasites, a pillar of preventive medicine in veterinary practice: Systematic review. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 13(1), 221–251. DOI: <https://doi.org/10.22490/21456453.4544>
63. Versteeg, L., Almutairi, M. M., Hotez, P. J., & Pollet, J. (2019). Enlisting the mRNA Vaccine Platform to Combat Parasitic Infections. *Vaccines*, 7(4), 122. DOI: <https://doi.org/10.3390/vaccines7040122>
64. Vetter, V., Denizer, G., Friedland, L. R., Krishnan, J., & Shapiro, M. (2018). Understanding modern-day vaccines: what you need to know. *Annals of medicine*, 50(2), 110–120. DOI: <https://doi.org/10.1080/07853890.2017.1407035>
65. Vlaminck, J., Martinez-Valladares, M., Dewilde, S., Moens, L., Tilleman, K., Deforce, D., Urban, J., Claerebout, E., Vercruyse, J., & Geldhof, P. (2011). Immunizing pigs with *Ascaris suum* haemoglobin increases the inflammatory response in the liver but fails to induce a protective immunity. *Parasite immunology*, 33(4), 250–254. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3024.2010.01274.x>
67. Wallach, M., Smith, N. C., Petracca, M., Miller, C. M., Eckert, J., & Braun, R. (1995). *Eimeria maxima* gametocyte antigens: potential use in a subunit maternal vaccine against coccidiosis in chickens. *Vaccine*, 13(4), 347–354. DOI: [https://doi.org/10.1016/0264-410x\(95\)98255-9](https://doi.org/10.1016/0264-410x(95)98255-9)
68. Wedrychowicz, H. (2015). Antiparasitic DNA vaccines in 21st century. *Acta Parasitologica*, 60(2), 179–189. DOI: <https://doi.org/10.1515/ap-2015-0026>
69. World Health Organization (WHO), Echinococcosis fact sheet, <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/echinococcosis/2020> [accessed 23 March 2020]
70. Xu, J., Zhang, Y., & Tao, J. (2013). Efficacy of a DNA vaccine carrying *Eimeria maxima* Gam56 antigen gene against coccidiosis in chickens. *The Korean journal of parasitology*, 51(2), 147–154. DOI: <https://doi.org/10.3347/kjp.2013.51.2.147>
71. Zhang, W., Zhang, Z., Shi, B., Li, J., You, H., Tulson, G., Dang, X., Song, Y., Yimiti, T., Wang, J., Jones, M. K., & McManus, D. P. (2006). Vaccination of dogs against *Echinococcus granulosus*, the cause of cystic hydatid disease in humans. *The Journal of infectious diseases*, 194(7), 966–974. DOI: <https://doi.org/10.1086/506622>

CRÓNICAS DE LA ACADEMIA

PALABRAS DE BIENVENIDA

Los Académicos que han sido investidos en la Ceremonia de Sesión Solemne celebrada en junio de 2022, introducen en el panorama de la Academia una nueva luz para el cumplimiento de la misión de esta organización. Varios puntos sobresalientes son de especial atención e incentivan a la articulación de conocimientos y experiencias y a las interrelaciones interdisciplinarias, considerando uno de los principios más importantes de la Academia ACCV ¿cuál es el desarrollo de una mentalidad pluralista, con un enfoque sistémico y una estrategia que genere procesos en espacios amplios de pensamiento con capacidad de abrir senderos que permitan proyectar la construcción de ideas y propuestas que apunten a responder a las necesidades de Colombia en la Soberanía Alimentaria, cimentar la calidad de los procesos sociales, económicos y ambientales en todos los niveles de la organización humana, con puntos firmes en la cultura, en lo institucional, en lo público, en lo territorial y en lo ambiental?. Gran esperanza tenemos en el trabajo en equipo, en la educación-acción participativa en los ecosistemas, con una gran ampliación de conciencia en torno a la cual forjemos capacidad para lograr efectos que impacten y generen calidad de bienestar.

Los profesores Leyson Jimmy Lugo Perea, Julia Teresa Bedoya y Lacides Serrano Vega, investidos como Académicos, representan la dedicación a la investigación, a la educación y al emprendimiento de proyectos y tareas en el complejo mundo de la educación en los ejes tripartitos de la formación universitaria, el desarrollo de la investigación en ecosistemas y en las potencialidades terapéuticas de los principios de la botánica que tendrán amplios escenarios para el fomento de innovaciones de la salud integral de los seres vivos, las alternativas para la producción de bienes esenciales, la bioinformática y la holística para la comprensión de la vida.

Para esta edición se ha decidido, transcribir algunos ensayos del libro Medicina Veterinaria y Zootecnia siglo XX y proyecciones al siglo XXI, editores: Luis Guillermo Parra López y Henry García, como respuesta a jóvenes egresados y estudiantes que comunicaron no haber tenido acceso al libro de la referencia. Estos corresponden a principios de la soberanía alimentaria, a la genómica y la proteómica, bioinformática, a la Diversidad y la Bioética. Esperamos que su lectura sea gratificante y que den a conocer a la Academia sus conceptos.

Con nuestra Atención,

Academia Colombiana de Ciencias Veterinarias ACCV



Presentación de la Doctora Julia Teresa Bedoya Mashuth

Considerando sus méritos como investigadora y docente, su dedicación al desarrollo institucional universitario, su liderazgo en la gestión de proyectos de amplio espectro económico y social y en la formulación y desarrollo de programas de extensión a comunidades y jóvenes orientados al cuidado ambiental y la producción de alimentos. La actitud de compromiso para incentivar núcleos de estudiosos en la comprensión y acción en situaciones complejas, su confiabilidad y don de gentes.

- Médica veterinaria Zootecnista de la Universidad de los Llanos Orientales, Especialista en Didáctica Universitaria, Magister en Desarrollo sostenible y Medio Ambiente.
- Dedicación a la planificación y gestión de la Educación Universitaria.
- Educación; Docencia e Investigación en todos los procesos institucionales.
- Decana Nacional de las Facultades de Medicina Veterinaria y Zootecnia que integran la Universidad Cooperativa de Colombia. Ubicadas en las Ciudades de Bucaramanga, Villavicencio, Ibagué y Arauca.
- Vicepresidenta de la Asociación de Facultades de Medicina Veterinaria y Zootecnia ASFAMEVEZ.
- Presidenta de ASFAMEVEZ. En el Período Actual.
- Representante del sistema educativo profesional del Comité Interinstitucional de Protección y Bienestar Animal de Bucaramanga. Actual.
- Exconsejera del Consejo Profesional de Medicina veterinaria y Zootecnia (COMVEZCOL).
- Para Académico del Ministerio de Educación Nacional Intersectorial. (Intersectorial).
- Comisión Nacional Intersectorial De Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior (CONACES).
- Para Académico del Consejo Nacional de Acreditación (CNA).
- Secretaría Federación Panamericana de escuelas y Facultades de Ciencias Veterinarias (FPEFCV) Actual.
- Par Evaluador de Proyectos del Ministerio de Ciencia, tecnología e Innovación (MINCIENCIAS)
- Integrante del Comité Organizador, Científico y Evaluador del XV Encuentro nacional VII Internacional y IX de Investigadores de Ciencias Agropecuarias.
- Para la Presentación ante la Academia fue designado el Académico de Número César Augusto Lobo Arias quien con gran orgullo felicitó a la reciente Académica Correspondiente y le deseó grandes éxitos.

Actividades Actuales

Universidad Cooperativa de Colombia – Decana Nacional de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia Desde agosto de 2013 – Actual.

ASFAMEVEZ Presidenta – marzo de 2021 – Actual.

Federación Panamericana de Escuelas y Facultades en Ciencias Veterinarias – Secretaría FPEFCV – noviembre 2021- Actual.

Comité Interinstitucional de Protección y Bienestar Animal de Bucaramanga – Representante por la Academia – enero 2021 – Actual.

En todas estas importantes actividades la doctora Bedoya ha generado un clima de dinamismo, lealtad y seguridad en los programas y decisiones que realiza.





Presentación del Doctor Leyson Jimmy Lugo Perea

Ingeniero Agroecólogo, MsC en Desarrollo Rural, Especialista y MsC en Filosofía contemporánea. Dedicado a la Investigación y docencia.

El Doctor Lugo Perea, se ha distinguido como investigador, docente y generador de pensamiento crítico en estudios sobresalientes en el campo de la agroecología en proyectos investigación participativa y su compromiso con la protección de los sistemas hidrogeológicos. Se destaca en su trayectoria de vida por su dedicación al desarrollo pedagógico, su confiabilidad, transparencia y don de gentes.

Reconocimiento por la creación del programa de Ingeniería en Agroecología en la universidad del Tolima año 2019.

Mención de honor por la obtención de excelentes resultados en evaluación docente durante el periodo académico A-2021. otorgado por el Instituto de Educación a Distancia –IDEAD de la universidad del Tolima.

Mención de honor por la obtención de excelentes resultados en evaluación docente durante el periodo académico A-2020. otorgado por el Instituto de Educación a Distancia –IDEAD de la universidad del Tolima.

Publicaciones

Autor de los Libros:

- Agroecología y Pensamiento Decolonial. Las Agroecologías otras interepistémicas.
- Agroecología. Otra mirada. Críticas, ideas y aproximaciones.
- Plantaciones de caucho en Caquetá. Protegiendo el Planeta. Guía práctica para estimar el conocimiento campesino local sobre los recursos naturales y la agricultura en sistemas productivos tradicionales amazónicos. La extensión rural desde un enfoque agroecológico.
- Estudio sobre la incidencia del Proyecto Mujeres Ahorradoras en Acción.

- Conocimiento campesino local sobre los recursos naturales y la agricultura en sistemas productivos tradicionales amazónicos. ISBN:

Coautor de los Libros:

- Agroecología y estilo de vida: una lectura en diálogo con familias campesinas en el Líbano, Tolima (Colombia).
- Perturbando el texto agroecológico: anotaciones para una (urgente) descolonización de la agroecología. Notas para una fuga de: La Epistemología ambiental al Pensamiento ambiental.
- La investigación formativa como estrategia didáctica pedagógica en la educación a distancia. pp. 76-85.

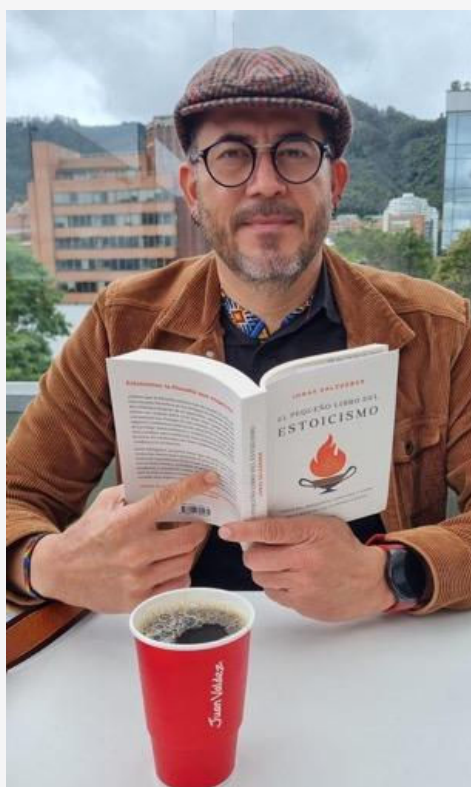
Artículos Científicos y de Reflexión:

- El Giro otro de la Agroecología: Las Agroecologías otras Interepistémicas y los Mundos Agrícolas.
- El paisaje arracachero en los entramados del poder colonial en Cajamarca (Tolima).
- El agroecosistema ¿Objeto de estudio de la agroecología o de la agronomía ecológica? Anotaciones para una tensión epistémica.
- El ambiente como enfoque territorial para la paz.: Revista El Salmón. Revista de Expresión Cultural..
- El papel de la universidad en un nuevo saber ambiental.

Artículos Científicos

- Conflictos Sociales y Ambientales Presentes en el Humedal San Luis, Florencia, Caquetá Colombia.
- Efectos Sociales en la Agricultura Urbana, UNA EXPERIENCIA SIGNIFICATIVA.
- Imaginarios rurales y Agropecuarios: Políticas Agrarias en el Departamento del Caquetá Colombia.
- Enfoque de medios de vida rural en la vereda Balcanes, Florencia, Caquetá, Colombia.
- Extensión Rural, asistencia técnica y participación comunitaria en un municipio amazónico colombiano
- Evolución y transformación del servicio de extensión rural durante el periodo 1998-2007 en Florencia (Caquetá, Colombia).

Autor de la reseña: The role of agroforestry-based practices in shaping policies and programs for licit smallholder livelihoods in the Colombian Amazon. En: World Congress of Agroforestry 2009. Agroforestry – The Future of Global Land Use. Book of Abstracts. Session 28. Agroforestry-based livelihood strategies for smallholders in the Amazon. Nairobi, Kenya, Africa. August, 2009. Se puede consultar en http://www.worldagroforestry.org/wca2009/world_congress_agroforestry_brochure.pdf Pág. 228





Presentación del Doctor Lacides Serrano Vega

Doctor en Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional de Colombia. DMVZ, Doctorado en Farmacología en el Royal veterinary Colleague de la Universidad de Londres.

El Doctor Serrano, ha tenido un papel definitivo en su trayectoria de vida como Docente, Investigador, Gestor de Proyectos para el desarrollo de profesionales especialistas en las áreas de toxicología y farmacología. Estudioso de principios activos terapéuticos, innovador con diversas metodologías de experimentación con componentes asociados y procesos de refinamientos adecuados para la prevención, curación y rehabilitación de problemas alérgicos, parasitarios y toxicológicos.

- Ha desarrollado proyectos económicos y ha sido asesor en el ministerio de Salud y en el Ministerio de Agricultura en aspectos concernientes al control de calidad y características de la base farmacológica y toxicológica de los medicamentos para humanos y para los animales.
- Director del departamento de Fisiología en la Facultad de medicina Veterinaria y de Zootecnia de la Universidad Nacional de Colombia, Ministerios de salud y en el Agropecuario.
- La dedicación a la docencia y a la investigación en diferentes Universidades ubicadas en las regiones de Colombia y en otras de países suramericanos como catedrático visitante.
- Director de los departamentos técnicos de Empresas Farmacéuticas Internacionales, Director Científico de laboratorios Kirovet y Director de Investigación e innovación de Farvet.
- El Doctor Serrano estuvo como miembro de los Comités de regulación de medicamentos del Ministerio de Salud por varios años y del Comité de medicamentos veterinarios del Instituto Colombiano.
- Ha sido participante como Ponente, Organizador y Evaluador de numerosos Congresos, Seminarios y Simposios en eventos de las diferentes áreas de la producción animal en los diferentes países de América.
- El Doctor Serrano ha dicertado magistralmente sobre: Farmacodinamia, Terapéutica, Toxicología en aspectos de residualidad, resistencia, uso y abuso de antimicrobianos y de sustancias que por hiperconsumo son generadoras de desbalances fisiológicos.
- Importantes reconocimientos ha recibido el profesor Serrano otorgados por las universidades, las facultades de formación de pregrado y posgrado en programas de formación profesional en ciencias de la salud, en ciencias agrarias y en las facultades de Medicina Veterinaria y Zootecnia.
- Las Asociaciones de profesionales, las organizaciones de egresados y las de especialistas han homenajeado al profesor Lacides Serrano Vega.
- El cuerpo Académico de la Academia Colombiana de Ciencias Veterinarias y de la Asociación de Academias de Ciencias Veterinarias de Iberoamérica expresan su orgullo por la investidura al profesor Serrano como Miembro de Número 24 de la ACCV.

La genómica, la proteómica y la bioinformática en el desarrollo de las ciencias veterinarias y animales en el siglo XXI

Hernando Duque Jaramillo ®
Jose del C. Barrera Velandia © ©Correo Ejbarrerv@Netscape.Net

Introducción

La medicina veterinaria y la zootecnia son disciplinas dinámicas de gran proyección, que comprenden desde la medicina pura y experimental, practicada principalmente en los pequeños animales, hasta la profilaxis y el control de las enfermedades parasitarias e infecciosas, el control de zoonosis y el manejo de epizootias. Incluyen también la de alimentación animal y la producción de alimentos humanos, la selección y el mejoramiento animal, el manejo de la economía y las finanzas de las explotaciones, el bienestar animal y la ecología, entre otros. Por esta razón, este capítulo enfoca temas muy diversos y solo pretende difundir una de información general acerca de las bases que soportan la tecnología futura en estas áreas. En esta forma se pretende ampliar la visión prospectiva sobre los sorprendentes avances de la práctica profesional y, se busca también, el desarrollo de una actitud mental permeable al cambio y al aprendizaje constantes. En el mundo actual, la universidad solamente imparte la iniciación en una práctica, que promueve el aprendizaje y la innovación permanentes, con la participación individual y colectiva de los profesionales en estos procesos.

Solo el futuro podrá juzgar el acierto de los temas expuestos en este capítulo. El avance de la ciencia es tan rápido en esta época, que predecir lo que veremos en el final del siglo XXI, es prácticamente imposible. Aquí se mencionan solo algunos de los adelantos que se

esperan en los primeros años del siglo, puesto que el acontecer posterior es impredecible, y dependerá de los descubrimientos claves que se hagan en los próximos años.

Como homenaje al talento y la trayectoria de los profesionales colombianos que desde el siglo XIX, se dedicaron a salvaguardar la salud humana y animal, hemos aceptado la misión, por cierto, difícil de tratar de predecir lo que nos deparan los albores del siglo XXI, en los campos de la salud, la ciencia y la tecnología.

Perspectiva histórica

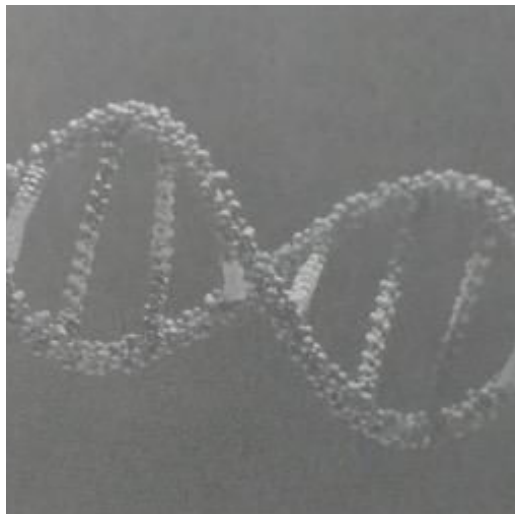
Se podrán apreciar mejor los alcances futuros de las nuevas tecnologías que se aplicarán, tanto a la salud humana como al animal, durante el Siglo XXI, si partimos de una proyección prospectiva de algunos de los avances teóricos realizados durante dos últimos siglos. El progreso ha sido vertiginoso, y el acervo científico adquirido durante este periodo, constituye la base para los nuevos adelantos en el estudio y control de las enfermedades, y para el diseño de animales mejorados, que produzcan más, que tengan propiedades y utilidades especiales y con mayor resistencia a las enfermedades.

Como punto de partida de nuestra era genómica podría situarse a Juan Gregorio Mendel. Su trabajo sobre Los mecanismos de la herencia, que fue

publicado en 1866, pasó desapercibido por la falta de preparación de la comunidad científica para entender las implicaciones novedosas de su investigación, a pesar de haber sido publicado y distribuido a más de 115 bibliotecas e instituciones científicas europeas.

Los trabajos de Mendel los redescubrieron en 1900, otros tres científicos que estudiaban los mismos temas y adelantaban experimentos semejantes. A partir de allí, el progreso para encontrar las bases moleculares del concepto de gene desarrollado por Mendel ha sido continuo, aunque lleno de polémicas y dificultades. En 1957 se conocían todas las vías biosintéticas de los carbohidratos, las grasas, los ácidos nucleicos, los aminoácidos y las vitaminas, pero se desconocía la forma de ensamble de los aminoácidos en las cadenas proteicas, aunque ya se tenía el concepto de ‘un gene-una proteína’. Solo hasta 1966 vino a descifrarse el código genético y se completó el rompecabezas que se demoró un siglo en ser armado. En esta forma, se clarificaron los conceptos del flujo de la información genética: el DNA es el material genético que pasa la información de padres a hijos, y contiene un código genético que se transcribe en RNA antes de su traducción en proteínas que son las bases catalíticas de la vida. Desde este momento el progreso ha sido exponencial; se entró a la era de la ingeniería genética, con avances.

Significativos en el estudio de la inmunología, las enfermedades infecciosas y parasitarias, las enfermedades metabólicas y el cáncer. Ahora estamos pasando a las eras genómica y postgenómica que tienen como meta la se-



cuenciación de los genomas del hombre y de los animales, lo mismo que la interpretación, comparación y utilización de la información adquirida. Podemos decir que en el Siglo XX se recogió en práctica dicha información.

Esta perspectiva histórica nos permite dilucidar que, si el avance científico continúa al mismo ritmo nuestra imaginación estaría limitada para vaticinar los adelantos posibles del presente siglo. Como en el caso de la genética, existen otros ejemplos en todos los campos relacionados con la salud. Este progreso rápido se puede apreciar también en el corto tiempo transcurrido desde el descubrimiento de las bacterias y los virus, hasta la elucidación de muchas de las relaciones patógeno hospedero, la secuenciación completa de genomas bacterianos, la determinación cristalográfica de la estructura de los virus y el estudio de la patogénesis y de la epidemiología molecular, entre otros.

GENOMAS Y BIOINGENIERÍA Secuenciación y mapeo de los genomas de los animales domésticos

Los avances realizados en la secuenciación de los genomas son notables. Gran cantidad de genomas de bacterias, levaduras, virus parásitos animales y plantas, ha sido secuenciada en su totalidad, o se encuentra en proceso de secuenciación. El mayor éxito se logró con la publicación preliminar de la secuencia del genoma humano en febrero del año 2001, que fue posible gracias al progreso rápido en las técnicas de secuenciación.

El método de la degradación química de Maxam y Gilbert de los años 1970, se reemplazó por el de dideoxy de Sanger, entre los años 1980 y 1995; actualmente por el de ciclos térmicos y terminación con colorantes, que permite leer un número mucho mayor de nucleótidos por prueba. Además, hace posible la obtención automática de los datos, al reducir el tiempo y el error de la lectura manual, con la ventaja de que los datos salen organizados en un formato apto para el análisis computarizado. Pero, el avance no para ahí.

No sería posible estudiar los mecanismos de regulación, y el control de expresión y la interrelación de los genes en el humano, si no se hubiera tenido antes como modelos las bacterias, las levaduras, la mosca *Drosophila melanogaster*, el gusanito *Caenorhabditis elegans*, la rana *Xenopus laevis*, el pez cebra *Danio rerio* y todas las cepas diferentes de ratón de laboratorio, que por su simplicidad, tamaño y fácil manejo permiten una disección más adecuada de los fenómenos biológicos.

Los genomas de los animales y el hombre poseen un alto grado de homología, por lo que una extensa información se puede obtener de la comparación de los genes y de las Características o defectos que ellos confieren. En algunos campos, la investi-

gación se encuentra más avanzada en animales, debido a que ellos se utilizan como modelos para extrapolar más tarde los hallazgos al humano. Lo contrario, podría suceder en el caso del genoma humano. Los genomas de numerosos animales se podrán comparar con el genoma humano, y la gran cantidad de información de enfermedades genéticas que se conocen en los humanos podrían ser investigadas en los animales. El genoma de los animales superiores lo conforman cadenas que suman aproximadamente tres mil millones de pares de bases. La secuencia en sí, o sea el orden en que las cuatro bases se alternan en estas cadenas, solamente sirve cuando la información se relaciona con las proteínas por las cuales los genes codifican y con los defectos que se generan con la mutación de estos genes.

La era genómica en la medicina veterinaria se encuentra en pleno desarrollo. En la actualidad, grupos de investigadores participan en proyectos de secuenciación y mapeo de genomas de bovinos, equinos, cerdos, aves, perros y gatos. A manera de ejemplo se cita el proyecto del genoma canino, cuyos principales objetivos son la localización de los genes que causan enfermedad y controlan la morfología y el comportamiento. En los caninos el rango de variación morfológica es muy amplio y excede al de las otras especies. El estudio del genoma del perro puede ser muy importante para el descubrimiento de las causas genéticas que dominan el desarrollo morfológico de los mamíferos, lo mismo que su comportamiento. En los animales de granja, los objetivos principales son los genes que determinan la producción de carne, leche, huevos o lana.

La duración de la vida de las mascotas es por regla general más corta que la de sus dueños. Los avances en el cam-

po del clonaje permitirán el reemplazo de una mascota, por un animal con la misma dotación genética (un gemelo idéntico).

Aunque los estudios en envejecimiento están más orientados a prolongar la vida de los seres humanos, los animales han sido claves para la confirmación de los determinantes genéticos de la duración y la expectativa de vida, lo mismo que las causas moleculares del envejecimiento. Además, debido a limitaciones éticas que se tienen en la reproducción humana, será más fácil y menos controversial implementar en las mascotas, los cambios genéticos que conlleven una vida más prolongada y a una vejez más saludable. El estudio de estos temas no es fácil y aunque ya se tienen ideas muy claras de algunas de las causas de la senectud, todavía pasará algún tiempo para que se pueda hacer una integración global y lógica de los estudios, y, aún más, para que se puedan proponer terapias que prolonguen la vida y favorezcan una vejez saludable. Aquí mencionaremos algunos de los campos en los cuales se está investigando. Los estudios en levaduras, gusanos y moscas, han evidenciado la existencia de genes que controlan el envejecimiento y la duración de la vida. Cuando se utilizan agentes mutagénicos en el gusano *C. elegans*, las mutaciones se producen al azar en cualquiera de los genes.

La mayoría de las mutaciones tendrán efectos contraproducentes y, en general, producen fallas letales, o animales con defectos que mueren rápido, pero unas cuantas mutaciones producen una prolongación significativa de la vida del gusano mutante comparada con la expectativa de vida de los gusanos normales. La influencia de los genes en la duración de la vida, ha sido muy estudiada en humanos durante los últimos años. Investigaciones realizadas en mellizos, han llevado a concluir que aproximadamente el 25% de

las causas que determinan la duración de la vida tienen un componente genético.

En un estudio reciente en humanos, se estudiaron 137 familias con 308 individuos, y entre ellos había grupos de hermanos de edad avanzada, en los que por lo menos, uno tenía 98 años y ninguno menos de 90. La investigación utilizó marcadores genéticos para estudiar la totalidad del genoma de los individuos y analizar cuales marcadores eran comunes a la mayoría de estas personas casi centenarias, y se encontró una región común en el cromosoma 4 para la cual existía evidencia de ligación. Este estudio muestra que los humanos poseen genes relacionados con la longevidad, por lo que el análisis detallado de esta región del cromosoma 4 podría determinar los genes claves en esta región y los procesos celulares que regulan. Pero, con seguridad, son varios los genes que aportan al fenotipo de larga vida, y sucesivas investigaciones como éstas los irán descubriendo.

Mutaciones en ratones han determinado que los animales afectados pueden vivir hasta 58% más que los hermanos que se sometieron a mutación. Se han identificado varios grupos de genes del ratón, causantes de la prolongación de la vida, pero además de aumentar la expectativa de la misma, también producen enanismo a retardo de crecimiento, pubertad retardada y fertilidad reducida.

En el caso de perros, las razas pequeñas son más longevas, aunque en general se acepta una correlación positiva entre el tamaño de la especie animal y la longevidad, es decir un elefante vive más que un ratón.

El tamaño del cuerpo dentro de una especie determinada puede estar correlacionado negativamente con la duración de la vida: un maltes vive más que un gran danés.

Se cree que la relación inversa del tamaño con la duración de la vida, puede ser el resultado de posibles limitaciones del sistema cardiovascular que es más eficiente en individuos pequeños.

No obstante, el envejecimiento no solo lo regulan factores genéticos. También es un proceso multifactorial en el que intervienen factores ambientales y daños de la maquinaria celular. A nivel celular, el envejecimiento lo producen daños en el DNA nuclear y mitocondrial causados por los radicales de oxígeno y por el acortamiento de los telómeros. Otras macromoléculas que resultan alteradas por estos radicales, además del DNA nuclear y mitocondrial, son los lípidos y las proteínas. Los daños en el DNA se producen al azar en cualquier región de la macromolécula, y los ocasionan moléculas reactivas pequeñas, principalmente especies reactivas de oxígeno, que se forman durante el metabolismo normal y participan en funciones importantes de las células.

El daño del DNA produce inestabilidad en la célula y, finalmente, la muerte de la misma. En algunos tejidos la célula muerta puede ser resultado reemplazada por la división mitótica de una célula vecina, pero la capacidad de regeneración la limita el acortamiento de los telómeros durante la replicación del DNA. Por esta razón, el envejecimiento se traduce en una pérdida de masa celular en tejidos y órganos.

Cuando se reduce la producción de radicales oxidativos, se mejora la capacidad antioxidante de la célula, y se disminuye el daño del DNA. De esta manera se podría reducir también el número de divisiones, con el objeto de mantener suficientes células funcionales en los tejidos y, en consecuencia, retardar el envejecimiento.

Los telómeros son estructuras especializadas situadas al final de los cromosomas y están compuestos por repeticiones en línea de la secuencia

(TTAGGG)_n y por proteínas asociadas. Los telómeros impiden la degradación y la fusión de las puntas de los cromosomas.

Los telómeros se producen por un mecanismo diferente a la replicación del DNA. La telomerasa es la enzima que sintetiza los telómeros, está compuesta por una transcriptasa reversa y un RNA que le sirve de molde para sintetizar la cadena repetida en la punta de los cromosomas. Si la telomerasa permanece activa, la célula es prácticamente inmortal. Esta es una de las modificaciones que ocurren en las células cancerosas. La telomerasa, generalmente se encuentra reprimida en la mayoría de los tejidos somáticos normales, y solo se expresa en plena actividad en ciertos tejidos que se autorrenovan y tienen un potencial de regeneración alto como en el caso de las mucosas normales. El desarrollo de un mecanismo que permita la elongación regulada de los telómeros en las células de ciertos tejidos, sin inducir procesos cancerosos, será clave para conservar la capacidad de regeneración, la salud y la juventud de los órganos.

Otro componente del envejecimiento es la disminución de la función mitocondrial y la acumulación de mutaciones en el DNA mitocondrial, por causa de la edad. Los daños mitocondriales afectan la cadena respiratoria disminuyen la síntesis de ATP y aumentan la producción de radicales de oxígeno, que a su vez producen más daño en las macromoléculas.

Una dieta basada en restricción calórica es el único tratamiento actual confiable para retardar el envejecimiento y prolongar la duración de la vida en ratones y en otras especies mamíferas y no mamíferas. Para que el tratamiento sea más efectivo, se requiere empezar la restricción calórica en una edad temprana del animal.

La integración de todos estos factores y su importancia no se conocen completamente, pero con las nuevas metodologías de estudio, los mecanismos que producen el envejecimiento no tardarán en dilucidarse, y con tratamientos combinados que apunten a la genética, dieta, factores antioxidantes, estimulación de la telomerasa, ejercicio y medio ambiente, la vida de las mascotas y la de sus dueños podrá prolongarse significativamente.

Clonación

El método se demostró por primera vez en un mamífero, con la clonación de la oveja "Dolly", a partir de una célula de un individuo adulto, en el año de 1977. En este caso específico, las células que donaron el núcleo (la información genética) se tomaron de la glándula mamaria de una oveja con tres y medio meses de preñez. En esta fase de la preñez las células de la glándula mamaria presentan un crecimiento muy activo, contienen un número estable de cromosomas y pueden cultivarse in vitro.

Durante la transferencia nuclear debe colectarse un óvulo no fertilizado, inmediatamente después de la ovulación. Trabajando con un microscopio de alto poder, el óvulo se inmoviliza con un mecanismo de vacío, y con una pipeta fina se le retiran los cromosomas, que en este estado del óvulo, no están organizados en el núcleo; después de este proceso, la célula donante se fusiona con el óvulo recipiente. Algunas de las células fusionadas se empiezan a desarrollar como un huevo normal y producen un embrión cuando se implantan en el útero preparado de hembras receptoras de la misma especie. El producto será equivalente a un gemelo idéntico al individuo donante del núcleo. Ya se han producido clones de bovino, cerdo y ratón en otros laboratorios, con el uso de cultivos de células, y llegó a lograrse la clonación de una especie ovina en peligro de extinción

(*Ovis orientalis musimon*), a partir de tejidos de un individuo que había muerto.

La producción de animales clonados a partir de células cultivadas facilita en gran parte la obtención de animales transgénicos. Los animales transgénicos se producen generalmente por microinyección de óvulos fertilizados con el DNA que codifica el gene que se quiere introducir. Este proceso es muy ineficiente ya que se tienen que inyectar muchos huevos fertilizados para lograr que uno o unos pocos sobrevivan y expresen el transgene. Con la nueva posibilidad de clonar animales a partir de células cultivadas, el transgene (DNA) se introduce en la célula cultivada mediante un tratamiento químico y sólo las células en las que se compruebe la presencia del gene foráneo se emplean como donantes para producir clones transgénicos.

Control genético de la encefalitis espongiiforme Bovina

La Clonación que se ha propuesto recientemente, podría explorarse para el control definitivo de la encefalitis espongiiforme bovina o enfermedad de la vaca loca. El agente infeccioso de esta enfermedad no es convencional, debido a que no contiene ácido nucleico como otros agentes parasitarios bacterianos virales. En este caso, la enfermedad la causa la alteración de una proteína normal (Prp normal), codificada por el mismo hospedero, que al modificar su conformación se vuelve infecciosa (Prp alterada). Las proteínas de conformación en las proteínas normales, que por esta razón se convierten en proteínas infecciosas.

Las proteínas alteradas son muy resistentes a la degradación por proteasas y, aparentemente, aunque se producen en diversos tejidos, la acumulación en el cerebro de la forma alterada de la proteína es la responsable de la patología. Estas proteínas infecciosas se han

denominado priones. Se han reportado otras enfermedades causadas por priones que afectan a los animales, como scrapie y la encefalitis transmisible del visón.

El scrapie reproducido en ratones por inoculación experimental, les ocasiona la enfermedad. Los ratones a los cuales se les elimina la secuencia codificadora de la proteína normal (knockout) se vuelven resistente y no sufren la enfermedad causada por la inoculación experimental del agente causante del scrapie. Los knockouts se producen por un método similar al de los animales transgénicos, pero en lugar de introducir un gene, se altera este último, o parte de la secuencia que codifica por una proteína para que ésta no se produzca o de producirse, no sea funcional.

Transgenes y Transgénicos

En consecuencia, las referidas metodologías se perfeccionaran en el Siglo XXI, para permitir la inserción del gene extranjero en sitios determinados del genoma animal (inserción dirigida) donde no interfieran con la expresión de otros genes, y lograr así la expresión de las proteínas en los sitios y tejidos seleccionados. De la misma manera, la producción de la proteína podrá regularse o suspenderse cuando se requiera, o llevarse a cabo solamente en determinadas células, tejidos u órganos.

Para producir un animal transgénico, los genes que se desean transferir se insertan en vectores o plásmidos, y se inyectan dentro del huevo fertilizado. Algunas de estas secuencias a van a las células germinales y pueden pasar a la descendencia. De esta manera, se dispondrá de animales que actuarán como biorreactores para producir proteínas de otros organismos en la sangre o la leche, lo que facilita la recolección, la separación y la purificación. Con la misma tecnología se podrá manipular el contenido de colesterol de los huevos y producir leche con proteína de mejor

digestibilidad. Con esta tecnología se podrán producir, por ejemplo, animales resistentes a la infección induciéndolos a generar de manera permanente o constitutiva, anticuerpos contra los agentes infecciosos más comunes de la especie.

Una de las limitaciones en el campo trasplante de órganos en humanos consiste en la escasez de donantes. Esta escasez se piensa solucionar con el uso de órganos animales (xenotransplantes; xenos= extranjero). Se está trabajando en el diseño de cerdos transgénicos que no expresen ciertas proteínas porcinas, y a su vez expresen la forma humana de otras, y evitar así el rechazo inmunológico del trasplante.

Las bacterias y las plantas transgénicas van a tener mayores aplicaciones en el campo de la medicina veterinaria y en la alimentación animal. Ya se están utilizando microorganismos transgénicos en la producción de fármacos como la hormona de crecimiento recombinante bovina; también van a ser muy comunes las vacunas y antígenos recombinantes producidos en bacterias, y también las plantas transgénicas con propiedades nutricionales especiales, que contienen una concentración mayor de un aminoácido o una vitamina, que disponen de características mejores de crecimiento, o que poseen genes de resistencia a plagas (toxina del Bacillus thuringiensis) o a herbicidas.

Existe una evidente preocupación en el público por las consecuencias adversas que puedan sobrevenir con la liberación y uso a campo abierto de organismos transgénicos o modificados genéticamente, o con el empleo de sustancias recombinantes en animales.

Se debe tener una mente abierta a los nuevos cambios, pero antes de aprobar el uso de un producto recombinante o de liberar un organismo transgénico en el país, los riesgos potenciales deben evaluarse de manera satisfactoria,

por parte de las autoridades sanitarias y de la comunidad, teniendo en cuenta las regulaciones, las experiencias y los problemas que han tenido otros países, donde ya se ha transitado el camino que empezamos a recorrer.

Identificación Animal

A raíz de los problemas surgidos en Europa con la encefalitis espongiforme bovina, los países desarrollados han visto la necesidad de disponer de mecanismos seguros de identificación de los animales, a prueba de adulteración, que ayuden en la aplicación de las políticas pecuarias y permitan rastrear animales en casos de contaminación, epidemias animales, movilizaciones, extravíos, seguros de animales, y que faciliten el control de fraudes, entre otros. Según el mecanismo de identificación utilizado, también se puede rastrear la carne del animal, desde el matadero hasta el consumidor.

Cada animal debe tener su número de identificación única, que además de servir a nivel oficial, la puede utilizar el ganadero para coleccionar información de producción.

Estos mecanismos de identificación podrían ser de gran utilidad en Colombia, para realizar censos actualizados de la población pecuaria, y un mejor control en las campañas de erradicación de enfermedades como la aftosa, la brucelosis y la tuberculosis, al tiempo que ayudarían en el control del abigeato.

Se han estudiado numerosos mecanismos de identificación. Entre ellos la emisión de pasaportes, los chips electrónicos, la huella de DNA del animal y la imagen de la retina. La emisión de pasaportes para identificar animales, ya se está usando en Europa, a raíz de la epidemia de encefalitis espongiforme bovina. La Federación Ecuéstre Internacional dispone de un pasaporte para equinos que asisten a eventos internacionales. En el pasaporte, además del

nombre, de la fecha de nacimiento y otros datos morfométricos, debe constar la descripción detallada del caballo, practicada por un veterinario reconocido por la Federación.

Los chips electrónicos se denominan "transponders" y algunas de sus modalidades son las orejas electrónicas, los chips electrónicos inyectables en la base de la oreja, y los bolos ruminales electrónicos. El número de identificación de los dispositivos se obtiene mediante el uso de lectores portátiles o estáticos. Cuando se activa el lector, se emite un campo de activación electromagnética. Al estar el lector cerca del "transponder", el campo magnético generado por el lector induce suficiente voltaje en la espiral del transponder para activar el microchip que transmite de esta manera el código de identificación programado en su memoria. Los "transponders" no necesitan baterías y deben funcionar durante toda la vida del animal, y podrían servir en un futuro como mecanismos de monitoreo del estado de salud del animal, mediante la transmisión automática al computador de la temperatura y otras constantes fisiológicas del animal.

La imagen de la retina es un método biométrico de identificación que usa la red de vasos sanguíneos de la retina para producir una imagen única que no cambia con el envejecimiento del animal. En el momento tiene como limitaciones, el requerimiento de lectores, computadores y software para analizar y comparar las imágenes.

Los marcadores genéticos, a los que se hizo referencia anteriormente, son otros sistemas de identificación que han tenido gran aplicación en el soporte de casos legales.

Los marcadores moleculares para la identificación animal, ya se están aplicando en algunas localidades europeas. Allí, los dueños de los perros deben depositar una muestra de DNA de la

mascota al momento del registro, con el propósito de conservar una huella de identificación del animal. De esta manera, cuando un ciudadano descuidado no recoge las materias fecales del perro de los espacios públicos, las autoridades policiales podrán identificar al animal por el examen del DNA, con base en los pelos y células intestinales presentes en los excrementos, y de esta manera sancionar la falta de espíritu cívico del amo. Esta huella de DNA también puede servir para localizar perros extraviados, y para solucionar disputas judiciales relacionadas con la propiedad de los animales.

Resistencia Genética a Enfermedades

La resistencia natural se define como la capacidad inherente de un individuo para contrarrestar una enfermedad, sin previa exposición o inmunización al agente etiológico. Esta característica es heredable y transmitida establemente de los padres a la prole.

La genética de la resistencia a enfermedades se ha enfocado hacia dos objetivos principales: el primero como inquietud científica para aumentar el conocimiento y entendimiento del fenómeno y, el segundo, como proyección de aplicación útil en los sistemas de producción animal.

En bovinos, es evidente que la variación en la resistencia a enfermedades es muy amplia y, por lo tanto, su importancia económica también es variable.

A pesar de los objetivos indicados anteriormente, durante el siglo pasado este campo tuvo un desarrollo lento, debido a otras opciones tomadas para el control de enfermedades, como cambios en manejo, tratamiento, planes de vacunación, control de vectores, control del movimiento de animales, análisis de laboratorio y de sacrificio de animales, procedimientos de aislamiento y cuarentenas.

La resistencia del huésped puede operar en diferentes niveles. El primero tiene que ver con el mecanismo de invasión de los patógenos, que deben enfrentar inicialmente barreras físicas como la epidermis y las superficies de mucosas o serosas. Luego deben afrontar las respuestas innata o adquirida, y la falta de receptores sobre la membrana celular, para aquellos agentes intracelulares o mecanismos de procesamiento celular incompatible. Otro nivel es el de los agentes patógenos que pueden establecerse en el organismo, pero no causan la enfermedad en forma significativa. En este sentido, se citan como ejemplos las infecciones producidas por algunas especies de tripanosomas.

El efecto de las infecciones en poblaciones también está dado por la disminución en la carga de los estados infecciosos de parásitos, asociados con los individuos más resistentes de la misma población.

Otro aspecto importante, ha sido también desarrollo de herramientas para identificación y selección de animales resistentes a enfermedades o a infecciones. Además de las observaciones directas in vivo sobre animales que en particular muestran alguna señal de resistencia, como por ejemplo a la infestación por garrapatas o a los holoparásitos, se han tratado de diseñar sistemas in vitro que permitan realizar el tamizado de un número alto de individuos en una población determinada.

Con relación a la fiebre aftosa, Colombia ha avanzado en la exploración de resistencia de especies animales de importancia económica, con más de cuatro siglos de adaptación a los ecosistemas tropicales y en los que se tiene evidencia circunstancial de la baja susceptibilidad o mayor resistencia a esta enfermedad, comparada con otras razas de más reciente introducción al trópico colombiano.

Los resultados iniciales han sugerido grados variables de resistencia y susceptibilidad en distintas razas de ganado bovino criollo, evaluadas mediante pruebas de infección in vitro de fibroblastos con los serotipos A y O del virus de la fiebre aftosa. Se han logrado algunos avances importantes en la comprensión de la interacción de este virus con las células del huésped. En el proceso de infección, con el estudio de receptores celulares, se han determinado, principalmente, moléculas de integrinas avb3 y, posiblemente, otras utilizadas por el virus para su penetración que favorecerían su adsorción y penetración. Con los avances que se dieron en el Siglo XX y los que se darán en el Siglo XXI, y con los sistemas de clonado y expresión in vitro de estos receptores, se podrá establecer su papel en la interacción virus-célula.

La generación de anticuerpos contra las diversas integrinas permitirá establecer de manera precisa su concentración, su distribución en la superficie celular y su procesamiento intracelular (microscopía confocal) y, a la vez, relacionar más acertadamente la característica de resistencia y susceptibilidad a la enfermedad.

Alternativamente, se podrá amplificar y cuantificar el nivel de expresión de ARN mensajeros para estas integrinas, utilizando PCR en tiempo real, cuyo procedimiento se describe más adelante.

En avicultura, se conocen diferencias en la susceptibilidad de numerosos patógenos. A pesar del uso de vacunas convencionales para la prevención y control de enfermedades, el surgimiento de variantes de microorganismos y las diferencias genéticas en la respuesta a las mismas, representan un obstáculo para lograr la efectividad de los planes de control.

Con el desarrollo de mapas genéticos del pollo, se ofrecerán en los próxi-

mos años posibilidades para ampliar la identificación de otros genes asociados y, así mismo, manipular la genética con fines de mejoramiento.

Las bacterias intracelulares han permitido mayores avances en los sistemas de detección de bovinos con resistencia natural a brucelosis salmonelosis y tuberculosis.

Estos sistemas se basan en el análisis de polimorfismos tipo microsatélites (secuencias repetitivas de nucleótidos en la cadena de ADN), en los genes que codifican por proteínas bovinas de resistencia natural asociadas a macrófagos (Nramp1).

La tipificación de animales mediante el análisis de los polimorfismos conformacionales de cadena sencilla (ssCP), identifican animales con características de resistencia a la enfermedad.

A través de la selección y cruzamiento de animales portadores de estos alelos, se tendrá un potencial invaluable para generar poblaciones animales más resistentes.

Con respecto a la brucelosis, los animales resistentes presentan restricción del crecimiento intracelular de los microorganismos; en los macrófagos la fusión de fagolisosomas es mayor, los niveles de seroconversión son bajos, no presentan abortos y la eliminación del agente en secreciones vaginales, o a través del semen, es mínima o nula.

La opción para incrementar la resistencia genética a enfermedades infecciosas tendría grandes ventajas por ser ambientalmente sostenible, disminuyendo por lo tanto el uso de insecticidas, antibióticos y vacunas.

Por otra parte, un aspecto limitante, es el relacionado con características sobresalientes de productividad, resultado de muchos años de selección, susceptibles de alterarse, tales como

productividad (fertilidad), resistencia a condiciones medio ambientales difíciles, y eficiencia en la utilización de nutrientes de baja calidad, entre otros.

Sin embargo, en la medida que se comprendan mejor las interacciones huéspedpatógeno en el campo molecular, se contribuirá de una manera más efectiva al desarrollo de estrategias de prevención y control de enfermedades en las especies animales de importancia económica.

Vacunas y diagnóstico

Los objetivos perseguidos con las nuevas vacunas son el establecimiento de una inmunidad sólida y amplia en el sitio en que se necesita, y con un riesgo mínimo de complicaciones. Dependiendo de la respuesta inmune más efectiva contra el patógeno, se está tratando de orientar la respuesta inmune, o bien hacia una inmunidad celular o hacia una inmunidad humoral (anticuerpos). A medida que se esclarezcan el papel y la interrelación de todas las citocinas, la interacción específica del parásito y la respuesta inmune más adecuada, será posible estimular las subpoblaciones de células adecuadas en los microambientes adecuados del organismo, para tener una respuesta inmune efectiva en el sitio que se necesita. Para este proyecto se están ensayando nuevos adyuvantes entre ellos las citocinas.

Vacunas

En el campo de las vacunas los nuevos desarrollos los podemos agrupar en tres frentes diferentes: el inmunógeno, los adyuvantes y las metodologías de aplicación.

Entre los inmunógenos se encuentran las nuevas vacunas atenuadas, las vacunas sub unitarias como proteínas de los patógenos producidas en bacterias o plantas -mencionadas en la parte de transgénicos-, los péptidos sintéticos y las vacunas de polinucleótidos (DNA

o RNA). En cuanto a los nuevos adyuvantes tenemos principalmente las citocinas y las secuencias inmunoestimuladoras.

El Inmunógeno

Nuevas vacunas virales atenuadas.

Las vacunas vivas atenuadas han sido una gran herramienta en la lucha contra las enfermedades infecciosas. La erradicación de la viruela humana y el control de la poliomielitis se logró con el uso de vacunas inactivadas, aunque algunas de ellas han presentado problemas por la gran capacidad de mutación de los virus, con la consecuente reversión a la virulencia, y por el riesgo de contaminación con agentes adventicios.

Algunas de estas vacunas vivas se producen con virus antigénicamente relacionados, que no son patógenos en la especie en las que se aplican, como en el caso de la cepa de herpes de pavo usada para la enfermedad de Marek. Otras vacunas se producen a partir de virus modificados por los métodos convencionales de atenuación, que en general han consistido en la selección de variantes con virulencia reducida durante pasajes seriados en cultivos de células, huevos embrionados o animales, y que son la consecuencia de mutaciones al azar a lo largo del genoma viral.

La atenuación de estos virus puede ser inestable. La vacuna oral de polio desarrollada por Sabin en 1955, y que aún se usa en las campañas de numerosos países, incluye los tres tipos de virus atenuados. Los cambios en el genoma del virus del polio, que producen la atenuación son muy escasos y, por esta razón, con una frecuencia baja, el virus revierte a la forma virulenta y puede producir casos de polio paralítico en los niños vacunados o en sus contactos.

Las nuevas técnicas de DNA recombinante permiten un diseño racional de atenuación por mutaciones dirigidas a múltiples partes del genoma que hacen muy improbable la reversión a la viru-

lencia. Algunos de estos diseños incluyen la alteración del orden de los genes en el genoma de los virus RNA negativos, la delación de proteínas no necesarias para la replicación del virus en cultivos celulares, la inclusión de mutaciones en varios codones de varias proteínas, que individualmente producen fenotipos de atenuación y el cambio de más de una de las tres bases que conforman los codones de atenuación. Todos estos cambios reducen en conjunto, la probabilidad de reversión. También se está considerando el uso de replicones (ver vacunas polinucleotídicas).

Las vacunas de péptidos sintéticos. Despertaron mucha expectativa hacia 1980, pero el interés ha decaído por cuanto éstas han conferido una protección reducida. En Colombia se ha seguido la evolución de estas vacunas cuyo desarrollo fue liderado por el doctor Elkin Patarroyo y un equipo de científicos.

En estas vacunas, el inmunógeno se produce sintéticamente y consiste en cadenas peptídicas muy cortas, correspondientes a epítopes o determinantes antigénicos lineales reconocidos por células B y T.

Hasta el momento no se dispone de una manera de sintetizar péptidos que imiten una conformación tridimensional. Cuando esto sea posible, los péptidos sintéticos serán el método de preferencia para generar respuesta inmune contra patógenos, para los cuales esté dada principalmente por anticuerpos, y no requiera como componente mayor, una respuesta de células citotóxicas.

Vacunas polinucleotídicas (DNA o RNA) o vacunas de tercera generación. Estas vacunas corresponden a preparaciones de polinucleótidos: DNA o RNA altamente purificados en las que el ácido nucleico codifica por la proteína para la cual se espera una respuesta inmune.

En la historia de las vacunas de polinucleótidos se menciona a Pascú Atanasiu como la primera persona que reportó en el año 1962, la transfección de células in vivo con DNA purificado, que el ilustre doctor Atanasiu, después de su labor en el Instituto Pasteur, estuvo vinculado a Colombia y específicamente a VECOL, donde lideró el desarrollo de vacunas antirrábicas durante los años 80.

Las vacunas de DNA son en general plásmidos bacterianos. Un plásmido es una cadena circular de DNA que se replica independientemente del cromosoma bacteriano y, por lo tanto, cada bacteria puede tener muchas copias. Fuera de todas las secuencias requeridas para la replicación en bacterias, estos plásmidos tienen la secuencia que codifica por el antígeno bajo el control de un promotor mamífero. Este promotor permite que la proteína o antígeno se produzca en el animal vacunado.

Las vacunas de RNA son en general genomas virales recortados, con capacidad de autorreplicarse. En este caso, las secuencias del genoma viral que no se necesitan para la replicación del RNA, se reemplazan por la secuencia que codifica por el antígeno.

Uno de los problemas principales en la aplicación de estas vacunas es la introducción del polinucleótido dentro de la célula. Más del 90% del plásmido o RNA que se inyecta, no entra a la célula, y se degrada en corto tiempo. Hasta ahora, para la administración de las vacunas de polinucleótidos se emplean los siguientes métodos: a) mecánico por inyección intramuscular del polinucleótido en un líquido acuoso. En este método, el ácido nucleico, lo toman las células musculares que producen la proteína a partir de la información genética codificada en el mismo. b) por disparo de partículas recubiertas con el ácido nucleico mediante una "pistola de genes". En este caso se busca que

el DNA llegue a las células dendríticas de la piel que producirían la proteína. Las células dendríticas son muy buenas presentadoras de antígeno, por lo que este método induce una excelente respuesta inmune. c) inyección o aplicación en un vehículo químico en el que el DNA se combina con liposomas que facilitan la penetración del DNA en las células. d) otros como electroforesis y microinyección dentro de la célula.

Las vacunas de polinucleótidos tienen muchas ventajas con relación a las vacunas convencionales. Por ser subunitarias son más seguras, el patógeno no está completo, y solo se utilizan las partes que inducen una respuesta inmune protectora. Desarrollan una inmunidad más sólida, al igual que en el caso de las vacunas con base en virus atenuados; las proteínas se producen intracelularmente y estimulan las vías de CMH-I y CMH-II que se parecen más a una infección natural y generan una respuesta más balanceada.

El inmunógeno al ser elaborado directamente por las células del animal posee todas las modificaciones post-traducción producidas por las células eucarióticas, lo que no acontece con vacunas subunitarias producidas en bacterias. Estas vacunas no inducen reacción en el sitio de la aplicación como sucede con las vacunas inactivadas o las subunitarias mezcladas con adyuvantes, son termoestables; y no requieren de cadena de frío, sus costos producción y administración son bajos, y pueden ser polivalentes.

Los adyuvantes. Los adyuvantes. son sustancias que se administran con los antígenos para modular o regular la respuesta inmune; se aplican generalmente con las vacunas inactivadas, las vacunas subunitarias y los péptidos sintéticos para potenciar la respuesta inmune. Dentro de la categoría de adyuvantes las se encuentran compues-

tos muy heterogéneos que inducen o aumentan la respuesta inmune con el uso de mecanismos diversos. Todavía se desconoce un número apreciable de mecanismos de acción de los adyuvantes, aunque se ha realizado algún progreso. A continuación enumeramos algunas de las formas como actúan estos adyuvantes: a) aumentan la atracción de células dendríticas al sitio de inyección; b) liberan lentamente los antígenos, produciendo una estimulación prolongada de las células del sistema inmune; c) mejoran el transporte de los antígenos desde el sitio de inyección hasta el ganglio linfático de drenaje o al bazo; d) limitan los efectos de estructuras microbianas como los péptidos derivados de micobacterias, lipopolisacárido, lípido A, CpGs, y las toxinas del cólera. Estas sustancias son identificadas por receptores de reconocimiento de patógenos (PRR), que se expresan de manera permanente en las células del sistema inmune innato; e) causan reacciones locales como el hidróxido de aluminio, el fosfato de calcio y los aceites minerales que ocasionan irritación local en los tejidos y estimulan la liberación de señales que activan las células presentadoras de antígeno en los tejidos periféricos, f) estimulan la producción de citocinas inflamatorias como el hidróxido de aluminio, el di péptido de muramil y la saponina que inducen la producción de interleucina -1; g) estimulan de manera directa las células del sistema inmune para producir la respuesta deseada como sucede con la administración de antígenos con citocinas o quimosinas. En este caso se aplica directamente la sustancia cuya producción está estimulando los adyuvantes clásicos; h) polarizan la respuesta para producir resultados preferenciales de tipo Th1 o Th2.

A continuación, se hará énfasis en dos tipos de adyuvantes: las secuencias inmunoestimulantes y las citocinas.

Secuencias inmunoestimulantes (cpgs) los dinucleótidos CpG no metilados y flanqueados en sus dos extremos por ciertas bases particulares, producen un efecto inmunoestimulante directo sobre los linfocitos B, los monocitos, los macrófagos y las células dendríticas, y actúa como adyuvante cuando se inyecta acompañado de un antígeno. Las secuencias son relativamente comunes en el genoma de bacterias y virus, pero, contrariamente, la presencia de dinucleótidos CpG no metilados en el genoma de los mamíferos es muy poco frecuente. El desarrollo de esta respuesta inmune innata apareció como adaptación evolutiva en contra de patógenos intracelulares reconocidos por esta diferencia.

Las secuencias inmunoestimulantes reconocidas por las distintas especies animales difieren en apariencia; las más conocidas son las que estimulan los sistemas inmunes del humano y el ratón, y solo tienen en común la presencia de los dinucleótidos CpG no metilados.

Las secuencias inmunoestimulantes pueden producirse como oligonucleótidos sintéticos; además de la química normal se pueden producir con modificaciones (fosfotioladas) que las hacen resistentes a las nucleasas producidas por el organismo. Dichas secuencias se pueden conjugar directamente con antígenos proteicos o incluirse en los plásmidos de las vacunas de ácidos nucleicos.

Citocinas

Las citocinas son proteínas reguladoras liberadas por algunas células. Actúan a manera de señales de comunicación intercelular en gran variedad de respuestas celulares, principalmente durante la embriogénesis, el estrés, la inflamación, la generación de la respuesta inmune y reparación de tejidos. Su peso molecular varía entre 6 y 70 kDa, la mayoría contienen carbo-

hidratos y uniones disulfuro intramoleculares. Debido a que estas proteínas se secretan en muy pequeñas cantidades, su actividad puede aparecer muy localizada alrededor de las células que las producen. Se ha establecido que la unión de ligandos a receptores sobre la membrana celular es suficiente para activar las vías intracelulares para su producción.

Las citocinas generan una gran variedad de células dendríticas, macrófagos, linfocitos y células endoteliales, entre otras. Una citosina puede estimular o inhibir la producción de otras, dando lugar a complejas interacciones de sinergismo o inhibición.

El interferón gamma (IFN- γ), por ejemplo, presenta actividad antiviral igual que el factor de necrosis tumoral (TNF), estimulando también la expresión de moléculas del complejo mayor de histocompatibilidad (MHC) la cual es una actividad compartida por otros interferones.

El descubrimiento del desarrollo diferencial de las células T ayudadoras (Th) con fenotipos productores de citocinas de acción antagónica, ha permitido ampliar el conocimiento sobre la inmunidad mediada por células (CMI) y la inmunidad mediada por anticuerpos. También se destaca la importancia del microambiente en la acción de las citocinas sobre la calidad y magnitud del inicio y continuidad de la respuesta inmune tanto in vivo como in vitro.

Las citocinas regulan la cinética y el tipo de respuesta inmune generada y, por lo tanto, pueden emplearse para acelerar o redirigir la respuesta inmune.

La vida media de las citocinas es muy corta, razón por la cual su uso es limitado, lo mismo que por sus problemas de aplicación, pero de manera alternativa se pueden administrar en plásmidos que contengan el gene que codifique por ellas. Los genes de cito-

cinas más usados son la IL-2, IL-6, IL-7, Ti-d2) IRN=ay Y, GM- CSF. Dichas citocinas incrementan la respuesta inmune, elevando el nivel de inmunidad, o dirigiendo la respuesta inmune hacia una respuesta Th1 o Th2 y, en algunos casos, aumentando el número de animales que responden a un inmunógeno.

En bovinos, la modulación de la respuesta inmune se ha logrado con el uso de la citocina IL-1b, asociada con vacunas vivas Y de subunidades, contra la rinotraqueitis infecciosa bovina, observándose un incremento tanto en la respuesta celular como en la humoral. Lo anterior, es muy importante en poblaciones abiertas, donde se requiere la ampliación de las respuestas inmunes.

En los próximos años se espera que mediante el uso de sistemas de ADN recombinante y amplificación enzimática de secuencias específicas por PCR, se desarrollen sistemas de detección y análisis de perfiles de citosinas correlacionados con problemas infecciosos, fisiológicos y metabólicos.

Aplicación de Vacunas. Además de las vías tradicionales, se están buscando otras rutas para la aplicación de vacunas en animales, las cuales no se abre la diferencian mucho de las que se están investigando en humanos. Se tratarán de administrar las vacunas en las mucosas para inducir inmunidad local.

La aplicación oral de vacunas mezclables con los alimentos es muy conveniente en animales, puesto que disminuye los costos de aplicación, y eliminan problemas de manejo y de estrés en los animales; al tiempo que reducen el dolor y el riesgo de transmisión de enfermedades causado por la reutilización y contaminación de las agujas. Se dispone de investigación activa en nuevas formulaciones que protegen el antígeno de las condiciones adversas del tracto gastrointestinal, y que mejoran la unión y toma de las partículas de antígeno por parte de las

células de los micropliegues o células M de las placas de Peyer, con el fin de inducir una respuesta inmune satisfactoria. Hasta el momento, la toma del antígeno por parte de estas células es muy ineficiente, y la cantidad de antígeno que se tiene que administrar por vía oral hace excesivo el costo de esta ruta. Las citadas vacunas inducen inmunidad local a nivel de mucosas, mediada principalmente por anticuerpos IAS, creando barreras en los tractos gastrointestinal, respiratorio y urogenital, que pueden bloquear la infección en la puerta de los microorganismos.

Diagnóstico de Enfermedades Infecciosas

Reacción en cadena de la polimerasa PCR. En general, el progreso científico se da en pasos pequeños pero constantes, producto del trabajo paciente y metódico de miles de científicos que se dedican al estudio meticuloso de fenómenos, al tiempo que comprueban la efectividad de las nuevas formas químicas o de los nuevos tratamientos. Sin embargo, de vez en cuando, algunos descubrimientos permiten avances vertiginosos que abren el panorama general de la ciencia. Así aconteció con el desarrollo de la reacción en cadena de la polimerasa o PCR, una técnica genérica de amplificación de ácidos nucleicos que ha revolucionado la biología molecular. La desarrollo Kay Mullis en 1983, y ha tenido numerosas aplicaciones que van a marcar la práctica de la medicina humana y veterinaria en los años por venir.

La PCR produce una amplificación exponencial del DNA, a partir de unas pocas moléculas molde, y tiene su mayor aplicación médica en el diagnóstico de enfermedades infecciosas. La PCR es una prueba muy sencilla y es casi genérica en su concepción, pues no requiere de estandarizaciones difíciles, ni de la producción complicada de reactivos biológicos como antígenos y anticuerpos. El equipo básico y

los reactivos para cualquier diagnóstico por PCR son los mismos, Y solo se requiere la producción de dos fragmentos muy pequeños de DNA llamados primeros o iniciadores, que tienen que ser específicos para el microorganismo que se quiere diagnosticar. La secuencia de estos primeros se puede obtener fácilmente a través del Internet, consultando las bases de datos de secuencias de DNA como GenBank. Durante la prueba en sí, se amplifica exponencialmente una concentración muy baja de la muestra que contenga DNA del microorganismo, por medio de una enzima termoestable que replica el DNA en una máquina que alterna ciclos de temperatura. A partir de una molécula de DNA se pueden obtener millones de copias de un segmento del mismo, que son fácilmente visualizables en una prueba sencilla de electroforesis. Esta prueba constituye probablemente la técnica de diagnóstico más sensible, y otras de sus ventajas son la rapidez y la facilidad de operación. El costo de los equipos y reactivos, aunque es alto en la actualidad, tiende a disminuir rápidamente.

La PCR es la técnica más usada hoy en día en los laboratorios de biología molecular. Se puede emplear también en estudios de patogénesis. Con la PCR es factible detectar concentraciones muy bajas de patógenos en el suelo y en el agua. Es muy útil en estudios de genética y de evolución, lo mismo que en medicina legal.

PCR en tiempo real. Recientemente se ha desarrollado una variación denominada PCR en tiempo real, que se ha utilizado principalmente, en los diagnósticos rápidos de fiebre aftosa y peste porcina clásica. La reacción en cadena de la polimerasa para cuantificación en tiempo real es un método preciso para la determinación de los niveles de secuencias específicas de ADN o ARN en muestras de tejidos. El principio de la técnica se basa en la detección de una señal fluorescente que

se produce de manera proporcional a la amplificación de un producto de PCR. En este caso, se diseña una sonda para que se complemente con una secuencia blanco-localizada entre los dos primeros, sentido y antisentido. Esta sonda se marca en su extremo 5' con un fluorocromo reportero (usualmente 6-carboxifluoresceína [6-FAM] y un fluorocromo "quencher" o extintor (generalmente 6-carboxitetrametil-rodamina [TAMRA] adicionado en el extremo 3'. La sonda posee además una temperatura de disociación (T_m) más alta que la de los primeros, y durante la fase de extensión, debe hibridar en un 100% para que la prueba tenga éxito. Debido a que ambos fluorocromos están en la sonda, la molécula extintora apaga la fluorescencia de la molécula reportera. Sin embargo, en la medida que la enzima Taq polimerasa extiende el primer, su actividad intrínseca de nucleasa 5'-3' degrada la sonda y libera el fluorocromo reportero. La cantidad de fluorescencia liberada durante cada ciclo de amplificación es proporcional a la cantidad del producto generado.

Las técnicas para la detección de la emisión de fluorescencia utilizan sistemas complejos de termocicladores conectados a sistemas láser y ópticos, con capacidad para aportar datos que se analizan por medio de programas de computador. La sensibilidad en la detección permite la adquisición de datos cuando la amplificación de los productos está aun en la fase exponencial. El sistema identifica el ciclo en el cual la intensidad de la emisión de fluorescencia por el fluorocromo reportero rebasa el nivel de fondo; el mencionado ciclo se denomina ciclo umbral (Threshold cycle-Ct), y es inversamente proporcional al número de copias de la secuencia blanco, es decir, entre más alto sea la concentración de moléculas blanco, más bajo es el ciclo umbral-Ct obtenido.

A pesar del costo de los equipos actuales, dicha tecnología reporta numerosas ventajas para la cuantificación de

secuencias de genes. Por su sensibilidad, precisión y rapidez, es posible analizar numerosas muestras en un día, obviándose el uso de sistemas de electroforesis para la detección de productos y, por lo tanto, los problemas inherentes de contaminación y obtención de falsos positivos.

Diagnósticos con microarrays. Uno de los últimos avances tecnológicos que aportará grandes progresos al diagnóstico y la investigación, es el desarrollo de los microarrays¹. El gran impacto de los microarrays se basará en su diseño para la evaluación simultánea de miles de genes, y en que su capacidad para utilizar las secuencias de los genes, aunque se desconozca su función. La técnica emplea 5 numerosas secuencias de los genomas del hombre y de los animales, las cuales se están obteniendo en la actualidad. Además, podrá aplicarse de numerosas y diferentes maneras, que permitirán determinar la respuesta y el estado de la totalidad del organismo, o de un órgano o tejido en particular. Debido a su impacto, los microarrays van a cambiar el curso de la investigación. En el pasado, la investigación empezaba con la formulación de una hipótesis, pero actualmente, con la posibilidad de explorar la expresión de miles de genes de manera simultánea y rápida, la hipótesis ha dado paso a la búsqueda del resultado. La expresión de los genes puede cambiar durante las enfermedades, traumas, infecciones, procesos neoplásicos, intoxicaciones y tratamientos, entre otros. Los microarrays se concibieron para investigar la magnitud de expresión de un apreciable número de los genes; también pueden emplearse en diagnóstico, análisis de secuencias, inmunología y genotipificación. Con este sistema se alcanza un nivel de sensibilidad que permite detectar diferencias en un nucleótido, por lo que pueden usarse para la determinación de polimorfismos. De igual forma, sirven simultáneamente para la detección, identificación, genotipificación y diagnóstico diferencial de

patógenos, lo mismo que para acelerar el descubrimiento de nuevas medicinas, más específicas, que no presenten efectos colaterales indeseables. Al igual que con otras técnicas mencionadas en este capítulo, los microarrays empezarán a popularizarse en la medicina humana, y a medida que el costo de los equipos y reactivos baje, su aplicación se extenderá gradualmente al campo animal.

La prueba de microarrays es en esencia una prueba de hibridación, y se basa en que dos moléculas de ácido nucleico de cadena simple y de secuencias complementarias, se hibridizan por formación de puentes de hidrógeno entre las bases complementarias a todo lo largo de la molécula. En los microarrays, la hibridación se realizará entre sondas de DNA de secuencia conocida que están adheridas a una superficie sólida y cadenas de DNA en solución, presentes en la muestra que se va a analizar.

Un microarray es una lámina de vidrio, silicona u otro material en la que se ligan o imprimen numerosas secuencias conocidas de DNA (sondas), que tienen una distribución determinada, en la que cada secuencia individual ocupa un pequeño punto en el tablero del microarray. Una lámina de 1 cm x 1 cm (1 cm²) puede contener entre 20.000 y 30.000 de diferentes fragmentos impresos de DNA; cada uno de ellos puede ser un gene completo o un fragmento del mismo. El DNA usado para imprimir o ligar en las láminas, generalmente se produce por PCR, y proviene de librerías de bacterias transformadas con plásmidos que contienen genes conocidos del animal o de un patógeno, los cuales pueden estar parcialmente caracterizados, aunque su función sea desconocida. Las láminas con el DNA ya impreso, se podrán conseguir comercialmente y variaran en complejidad o número de genes impresos, de acuerdo con la enfermedad que se quiere diagnosticar.

Recordemos que en general todas las células tienen la misma información genética, pero dentro de ellas, no todos los genes se transcriben en RNA. Aunque algunos genes se transcriben permanentemente o de manera constitutiva, la mayoría de ellos presenta una transcripción muy regulada que en ocasiones obedece a señales externas percibidas por proteínas receptoras localizadas en la membrana celular. Las señales desencadenan una serie de reacciones que terminan en la combinación apropiada de factores específicos de transcripción que reconocen a su vez señales en el DNA y desencadenan la transcripción de los genes. En la transcripción se producirá RNA mensajero que pasa al citoplasma en donde los ribosomas lo traducen en proteína.

El proceso se repite para la producción de una hormona, un anticuerpo, una enzima o un receptor, entre otros. En cada enfermedad, en estado fisiológico o patológico, las células sanguíneas, los tejidos o los órganos tendrán una composición específica de especies de RNA. Este perfil o composición de especies de RNA, podrá estudiarse para cada enfermedad y dentro de muy poco tiempo se constituirá en el método diagnóstico más preciso. Se dispondrá de bases de datos que contengan los perfiles o patrones de expresión de RNA para las enfermedades de cada especie, que permitirán el análisis computarizado de los resultados y la emisión de un diagnóstico.

En una prueba típica que se establezca para determinar la expresión de los genes, la muestra para analizar procederá de células sanguíneas o biopsias de tejidos enfermos o sanos. Se extraerá el RNA total de estos tejidos. Por medio de la enzima transcriptasa reversa, se producirá DNA complementario marcado con sustancias fluorescentes, de tal manera, que se obtenga una representación de todos los genes que se transcriban en los tejidos. Esta población de moléculas de DNA comple-

mentario (cDNA) marcado con la sustancia fluorescente, se coloca sobre la lámina de microarray.

Los cDNA de la muestra hibridarán en los puntos donde exista un DNA de secuencia complementaria, y la lectura la hará un lector computarizado que registrará los puntos de fluorescencia en la lámina. Dependiendo de la transcripción cualitativa y cuantitativa de los diferentes genes será posible establecer el diagnóstico. De esta manera, podrá llevarse a cabo el diagnóstico diferencial de enfermedades complejas. Por ejemplo, en el caso de artritis reumatoidea, un gran número de tipos diferentes de células como macrófagos, linfocitos, células plasmáticas, neutrófilos, sinoviocitos y condrocitos, expresan genes que son proinflamatorios.

En muestras de pacientes con artritis reumatoidea, los genes que se encontraron transcripcionalmente activos fueron IL-3, IL-6, IL-8, ICE, HME, TIMP, Groa, MIP, MIF, VCAM y RANTES. Aunque algunos de los genes expresados en diferentes enfermedades inflamatorias son comunes, la expresión de algunos de ellos permite hacer el diagnóstico diferencial.

Otras pruebas diagnósticas. Las pruebas de antígeno anticuerpo seguirán empleándose en diagnósticos etiológicos por detección de antígenos en animales enfermos, o para determinar seroprevalencias por detección del nivel de anticuerpos en una población. Aunque, básicamente, las pruebas permanecerán iguales si habrá una revolución en los formatos y los mecanismos que se tengan para detectar la reacción antígeno anticuerpo.

Gran cantidad de las pruebas diagnósticas de laboratorio se basan en la reacción de dos moléculas. Lo que cambia es el mecanismo que se usa para confirmar la ocurrencia de la reacción. De este mecanismo dependerá la sensibilidad, rapidez y facilidad de la prue-

ba. Por ejemplo, las pruebas de hemoaglutinación son de sensibilidad baja y necesitan concentraciones altas de virus y glóbulos rojos. En una prueba de ELISA, el anticuerpo está marcado con una enzima, presentándose solamente unas pocas enzimas disponibles. La prueba no se presta para detectar varios antígenos en forma simultánea en un mismo pozuelo, y el número de fluorocromos que se pueden utilizar en una prueba de anticuerpos fluorescentes es también limitado.

A continuación, mencionaremos como ejemplo de un nuevo formato, la prueba de la tira cromatográfica, y como nuevos procedimientos de detección de la reacción, la fluorescencia polarizada, la amplificación óptica con cristales líquidos y los dots cuánticos. Estos mecanismos servirán para detectar la unión de dos moléculas de proteína, dos ácidos nucleicos, un ácido nucleico y una proteína o una proteína y su ligando. Vale la pena mencionar, que, aunque la prueba de ELISA seguirá dominando el panorama del diagnóstico durante muchos años, tenderá a ser reemplazada por las nuevas metodologías que permitirán un diagnóstico más rápido, más específico, y a la vez diferencial y simultáneo dentro de una misma prueba (multiplex).

Prueba de la tira cromatografía. La aplicación más conocida de este tipo de prueba es la determinación del embarazo en la mujer, pero ya se han desarrollado varias pruebas similares para el diagnóstico de enfermedades animales tales como aftosa, rinderpest y parvovirus felino. Las ventajas de esta prueba consisten en que es aplicable directamente en el campo, y sus resultados se aprecian en un tiempo muy corto. Se conocen varias modalidades de prueba, pero a manera de ejemplo, se describe uno de los formatos más comunes que utiliza cámaras pequeñas, que tienen en su interior una membrana de nitrocelulosa o nylon.

La cámara tiene dos ventanas y un sitio de aplicación de la muestra. La posición de las ventanas corresponde a los sitios en que se encuentran anticuerpos inmovilizados que forman una línea en la membrana. En una de las ventanas se visualiza el resultado de la prueba, y en la otra se determina el funcionamiento correcto de la prueba (ventana control). Dentro de la cámara se encuentran tres tipos de anticuerpos. El primero contra el antígeno, recubre en forma de monocapa unas microesferas coloreadas que se encuentran en el lugar donde se aplica la muestra. El segundo anticuerpo también contra el antígeno aparece inmovilizado en la nitrocelulosa debajo de la ventana de visualización de la prueba, y el tercero es un anticuerpo contra especie, inmovilizado bajo la ventana control. Estos anticuerpos deben ser estables en ausencia de humedad y permanecer activos al ser rehidratados. Cuando se aplica la muestra en la cámara, las microesferas se rehidratan y el antígeno que pueda estar presente en la muestra se unirá al anticuerpo que las recubre. El complejo microesfera-anticuerpo-antígeno migra por acción capilar en la membrana y es atrapado por la primera línea de anticuerpos inmovilizados que también reaccionan con el antígeno. El complejo atrapado produce una línea coloreada en la ventana de la prueba. El exceso de microesferas continúa migrando en la membrana y cuando llegan a la línea de anticuerpos contra especie, producirán una segunda banda coloreada, lo cual indica que las microesferas se Resuspendieron y migraron en la membrana y que la prueba funcionó correctamente.

En la prueba de la tira cromatográfica desarrollada recientemente contra la aftosa, la muestra utilizada fue un extracto de macerado de lesiones o de hisopados nasales de los animales enfermos.

Fluorescencia polarizada. La fluorescencia polarizada permite la medición directa de la proporción entre los ligan-

dos marcados que estén libres y los que estén unidos a su molécula correspondiente en una solución, sin necesidad de un procedimiento de separación.

La aplicación de este método de detección permitirá la reducción del tiempo de análisis. Además, con el uso de platos de microtitulación se podrá probar simultáneamente un gran número de compuestos (high-throughput), una de las características que se está buscando en muchas pruebas.

La fluorescencia polarizada se describió en 1926, pero solo hasta ahora se está aplicando. Según esta técnica, cuando la luz polarizada excita un fluoróforo, la luz emitida por este también será polarizada, pero el ángulo entre el plano de la luz de excitación y el de la luz emitida, dependerá del movimiento molecular del fluoróforo.

La unión de una sonda fluorescente a una molécula de mayor peso molecular produce una rotación molecular más lenta, y disminuye el ángulo del plano de la luz emitida. La medición del ángulo permitirá determinar si la reacción ocurrió sin necesidad de separar las moléculas. Esta técnica permitirá la determinación precisa y rápida de interacciones moleculares, y podrá utilizarse para medir interacciones de DNA/proteína, proteína/proteína, proteína/ligando y actividades enzimáticas.

Amplificación con cristales líquidos. Las propiedades de los cristales líquidos se usan en la actualidad en numerosos aparatos electrónicos como las pantallas planas de los computadores, pero también pueden utilizarse como indicadores para determinar que un antígeno se ha unido a un anticuerpo, o que una proteína se ha unido a su ligando. Los cristales líquidos los conforman moléculas cilíndricas pequeñas que se orientan y comunican o inducen la misma orientación a las moléculas vecinas en otras regiones del fluido, hasta una distancia de 100 nm. La orientación

que toman los cristales líquidos cerca de las superficies refleja la estructura y topografía de la superficie que los soporta. Las moléculas de anticuerpos u otros ligandos pueden adherirse a una superficie (por ejemplo, vidrio), de una manera relativamente uniforme. El recubrimiento produce diferencias topográficas mínimas (en el rango de los nanómetros), para que cuando a la superficie se le adicionen los cristales líquidos, éstos se organicen con una orientación también uniforme.

La reacción del anticuerpo con su antígeno altera la topografía de la superficie de tal manera que las moléculas en la película de cristales líquidos cambian su orientación en el sitio de la alteración y, a su vez, se producen cambios locales de las propiedades ópticas. De esta forma, la unión de un antígeno a una superficie, especialmente recubierta de anticuerpo, puede detectarse mediante la amplificación de una señal óptica producida por los cristales líquidos, la cual es visible a ojo desnudo con la luz natural.

El formato de la prueba lo conforma una cámara donde el anticuerpo permanece unido de una manera especial a una de las superficies de esta. La muestra que consiste en secreciones nasales, homogenizados de tejido, sangre o suero, se incuban en la cámara, y después se le adiciona el cristal líquido.

Esta prueba no exige equipos especializados para su realización, tiene un bajo número de pasos, no necesita reactivos lábiles: conjugados y sustratos, y facilita su reutilización en el campo. Pero se requiere un laboratorio muy especializado para la producción de los kits.

Dots cuánticos o nanocristales semiconductores. Los dots cuánticos son nanocristales semiconductores formados por unos pocos cientos de átomos de materiales tales como silicio, germanio o selenio de cadmio, que tie-

nen confinados un número discreto de electrones no asociados a las moléculas que los conforman, responden muy eficientemente a luz de determinadas longitudes de onda y emiten fluorescencia de diferentes colores.

Los dots cuánticos son muy pequeños, y se encuentran en el rango de los nanómetros, razón por la cual pueden acoplarse a macromoléculas del tamaño de las proteínas y los ácidos nucleicos. Estos cristales semiconductores tienen características especiales porque los materiales inorgánicos normalmente no se encuentran formando partículas tan pequeñas.

Los dots cuánticos se están desarrollando en la forma de fluoróforos para pruebas antígeno anticuerpo y otras pruebas de ligandos proteicos e hibridaciones de DNA, tal como se utilizan ahora los fluorocromos orgánicos. Se están desarrollando dos modalidades: la de dots cuánticos solubles en agua y la de las microesferas con códigos de colores e intensidades dados por los dots cuánticos con que se puede rellenar. Se podrán generar miles o millones de unas microesferas distintas, para lo cual solo se requiere rellenarlas con dots de diferentes colores e intensidades de una manera controlada. Los dots cuánticos o las microesferas se acoplan químicamente a macromoléculas tales como anticuerpos y otro tipo de proteínas que reaccionen bimolecularmente.

El tamaño del dot cuántico da la longitud de onda y el color de su fluorescencia. Mientras más pequeño sea el dot, mayor será la energía y la intensidad de luz emitida. Se puede lograr todo el espectro visible con solo cambiar el tamaño o el material del dot. Una partícula de 2nm va a producir un brillo de color verde, una de 5nm emite longitudes de onda más larga que se perciben de color rojo. Las moléculas acopladas a estos nanocristales emiten un brillo de color fuerte cuando se observan al microscopio.

Los dots cuánticos tendrán muchas ventajas en comparación con los fluorocromos orgánicos usados en la actua-

lidad, para los que se requiere un fluorocromo diferente para cada color y un láser del color correspondiente para su detección. Por ejemplo, un láser verde para un fluorocromo verde. Los colores emitidos por los fluorocromos orgánicos tienden a difundirse y el uso de una combinación de rayos láser es muy difícil de manejar. Estas limitaciones de los fluorocromos orgánicos hacen que solo se puedan detectar unas pocas biomoléculas al tiempo. Además, los colores se desvanecen rápidamente.

Los dots cuánticos no tendrán ninguna de estas desventajas, y se podrán hacer de colores definidos, solamente variando el material y el tamaño de la nanopartícula; todos los colores serán visibles iluminando la muestra con luz blanca o con un láser de un solo color que tarda mucho más tiempo en desvanecerse. Las posibilidades de producir sondas marcadas con dots de muchos colores distintos, y de usar una sola luz, permitirán la detección simultánea de numerosas biomoléculas en una misma prueba (multiplex).

Por ejemplo, anticuerpos contra numerosos patógenos conjugados con dots cuánticos de diferentes colores, podrán enfrentarse a una sola muestra para llegar a un diagnóstico diferencial o a varios diagnósticos simultáneos.

También tendrán aplicaciones en áreas diferentes al diagnóstico de enfermedades infecciosas, como es el caso de grupos por particulares de proteínas que son indicadoras de un ataque cardíaco. Con los dots cuánticos se podrían detectar todas estas proteínas al tiempo, lo cual permitirá el monitoreo de cambios celulares complejos.

Varias compañías están involucradas en el desarrollo de dots cuánticos para su uso en ciencias biológicas, y aunque su uso no está generalizado, ya están apareciendo publicaciones que reportan sus ventajas y aplicaciones. En un futuro no muy lejano, serán de uso común.

Las biotecnologías productoras de alimentos y sus impactos ético-culturales

Académico ACCV Gilberto Cely Galindo S.J

A modo de prólogo y con una mirada bioética quiero acercarme a las biotecnologías contemporáneas que ofrece su parte a poner en mantel más y mejores alimentos a la comunidad humana.

Me referiré necesariamente a los organismos modificados genéticamente OMG.

Haré también énfasis en las biotecnologías vegetales y microbianas, que son un complemento ineludible de las ciencias veterinarias y su articulación sistemática con ciencias afines y complementarias.

Los avances de las ciencias contemporáneas especialmente aquellos referidos a las llamadas tecnologías de punta, representan nuevas condiciones de progreso evidente – también de altos riesgos si no se les normatiza rigurosamente y se ejerce control sobre ellas-, y abren un sinnúmero de posibilidades en diferentes ramas del quehacer humano. Entre todas las ciencias sujetas a este acelerado cambio, resalta la biotecnología con el más maravilloso producto del ingenio humano, como la reina de las tecnociencias, por sus notables adelantos cualitativos, especialmente en los dominios fundamentales de aplicación, tales como la agricultura, la salud humana, la industria y el ambiente.

La biotecnología es una disciplina aplicada que agrupa a un conjunto de metodologías y técnicas derivadas de la bioquímica, la genética, la biología general y molecular- y productos bioquí-

micos beneficios para la sociedad, que empleen o modifiquen sistemas vivos, o compuestos derivados de organismos vivientes, para satisfacer necesidades humanas o del entorno.

Algunas de las vertientes de la biotecnología moderna utilizan material genético, portador de información transmisible a la descendencia propia o ala de la otra especie, contenido en ADN, en ARN, tanto de origen natural como sintético y semisintético, manipulándolo por ingeniería, fuera de sus células de origen para transferirlo y multiplicarlo en otras células- que pueden ser de otro reino -. En este sentido, la biotecnología tiene la intención de alterar la dotación genética de los organismos vivos de los cinco reinos de la naturaleza (animal, vegetal, fúngico, protista y monera) e incluso de las especies de clasificación de reproducir o transmitir material hereditario. Esta es la ingeniería genética, a la cual le apuestan la economía y la política sus más ambiciosos intereses. Al respecto dice Javier Gafo.

...la nueva tecnología permite intervenir directamente en el genoma de los seres vivos. Posibilitando el trasplante de genes de unas especies a otras. La enorme variedad de las especies biológicas es el resultado de una historia evolutiva que comenzó hace 3.500 millones de años. ¿Es lícito interferir en la dinámica del proceso evolutivo, cuyos mecanismos no son aun plenamente conocidos, y destruir las barreras que serán las especies biológicas? ¿Qué riesgos pueden surgir de la creación de las que han sido llamadas, con bastan-

te exageración, “nuevas formas de vida”, microorganismos o especies superiores genéticamente manipuladas? Y, sobre todo, ¿Qué consecuencias antropológicas y sociales pueden sobrevivir al mismo ser humano?

Debemos agradecerles a los científicos y tecnólogos todas las cosas maravillosas que hacen a favor de la humanidad. Estoy por la tecnociencia, creo que suma de las cosas más maravillosas que la inteligencia humana ha estado produciendo y producirá; estoy con ella y pido que la hagamos bien, con conciencia, con responsabilidad, por ensayo y error, cómo es todo proceso humano. Es cierto que las tecnociencias comportan riesgos, pero no hay que llenarse de temores sino de abordarlos con criterio ético y esperanzador. Existen muchos tipos de ellas; en el caso que tratamos, nos ubicamos en el debate ético de aquellas biotecnologías que ofrecen modificar artificialmente los genomas de productos agroalimentarios, tema apasionante para la imaginación creativa de los científicos que desean hacer sus aportes al problema del hambre, desnutrición, salud humana, salud ambiental y conflictos demográficos.

Los alimentos transgénicos, uno de los logros de la biotecnología

Los transgénicos, aquellos organismos a los cuales se les ha transferido un gen extraño a su carga genética se han convertido en un tesoro muy apreciado por las ciencias biológicas, aunque todavía son mirados con un poco de recelo por la ecología, por los posibles impactos negativos, a futuro, en los ecosistemas. Los transgénicos –microorganismos, semillas o animales– que sean liberados al ambiente entrarán en competencia con los endógenos, que sin que se pueda predecir con exactitud si para bien o para mal, y sin poderse, tampoco, establecer a priori mecanismos de control. Tan es así, que las empresas, multinacionales que los fabrican y comercializan, además

de negarse a etiquetarlos como tales, no asumen responsabilidad alguna de lo que pueda generar, en el ambiente o en la salud humana, el uso de sus productos. Por otra parte, la Sociedad Internacional Protectora de Animales no muestra satisfacción con la producción, cada vez mayor, de animales obtenidos mediante esta técnica para uso experimental, en laboratorios biotecnológicos, como es el caso del “on corretón”, porque saben que a dichas criaturas se les modifica favorablemente para hacerlas más vulnerables a las acciones patógenas que se quieran estudiar.

A partir de la década de los años cincuenta del pasado siglo, el debate sobre escasez de alimentos se centró en la llamada Revolución Verde, a la cual nos comprometimos si mayor reflexión ética sobre las consecuencias nefastas del uso de abonos, herbicidas e insecticidas químicos en la producción agrícola industrial. Cincuenta años después, estamos cayendo en cuenta de los daños severos ocasionados al ambiente y a la salud humana por su causa: deterioro de la calidad de los suelos por erosión y desequilibrio químico, acidificación, desertización, pérdida de millones hectáreas forestales, disminución y contaminación de las aguas dulces, ruina de las aguas freáticas por contaminación con los fosfatos y los nitratos de los fertilizantes, pérdida de diversidad biológica por homogeneización de la agricultura industrial y de la ganadería moderna, que aportan la polución ambiental al 25% del dióxido de carbono, como también emisiones de gas metano producto de los arrozales y de la digestión de los rumiantes, a la vez que óxidos nitrosos provenientes de los fertilizantes.

En el aspecto político-social, la Revolución Verde también ocasiono mayor dependencia económica de los países altamente industrializados, propietarios de más de seis mil bancos de germoplasma con unos seis millones de muestra sustraídas de manera, non

sancta a las naciones de alta diversidad biológica. Estos mismos países avanzados son fabricantes de los agroquímicos, las semillas seleccionadas, la mecanización del campo, las políticas financieras, la industria que genera valor agregado y los mecanismos comerciales internacionales. Es cierto que la Revolución Verde produjo suficientes alimentos, sin los cuales no tendríamos los 6mil millones de habitantes que actualmente pueblan el mundo. Debemos a ella variedades mejoradas de semillas y de razas animales, a la vez que el incremento de la imaginación creativa de los científicos para atender necesidades humanas y velar por el desarrollo de las tecnologías de biorremediación necesarias para saldar los daños que las tecnologías ocasionaron al ambiente.

Con el avance vertiginoso de la ingeniería genética entramos, desde la última década del Siglo XX, a la producción de alimentos genéticamente modificados y de sus derivados, asumiendo estos riesgos sin mayores miramientos éticos, y con debilidad para comprender y aplicar el “Principio de Precaución” exigido internacionalmente por el protocolo de Bioseguridad de Cartagena, finalmente firmado el 29 de enero de 2000 en Montreal.

Hoy podemos escoger otra alternativa, diferente a la Revolución Verde y al cultivo de transgénicos: la agricultura orgánica, o biológica, o ecológica, o limpia, llamada así por muchos autores. Esta agricultura responde al avance de biotecnologías amigables, con la naturaleza, y con la salud, y las necesidades básicas humanas, de cara a las presentes y futuras generaciones; esta elección es de mayor razonabilidad ética. Pero, quizás no se trata de hacer opciones radicales por una o por otra tecnología. Podemos tomar decisiones eclécticas, escogiendo lo mejor

de cada una y rechazando lo malo que contenga. Hoy, además de descubrir el genoma humano y prepararnos para intervenirlo con la clonación, hemos accedido también al conocimiento de los genomas de 6.000 virus y viroides, 207 plásmidos, 193 orgánulos, 31 eubacterias, 7 arqueobacterias, un hongo, dos animales y una planta. Ya sabemos que los humanos no tenemos más allá de 40.000 genes (contra los 120 mil estimados al comienzo del Proyecto Genoma Humano PGH), que la levadura posee 6.000 genes, la mosca del vinagre 13.000, el gusano *C. elegans* 18.000 y la planta mostaza 26.000.

Dice AEDENAT, institución española que mantiene una oposición radical a los productos transgénicos, posición que no comparto por ser tan extrema:

La nueva tecnología genética se nos “vende” como la tecnología <del futuro>, pero se nos impone, hoy, sin haber dado tiempo al tiempo para evaluar sus peligros, y sin siquiera darnos opción a opinar.

¿Qué hay de cierto en las grandes promesas de la industria sobre cultivos milagrosos, alimentos más sanos, y cuidado del medio?

La cruda realidad es que los alimentos manipulados genéticamente no son más baratos, ni más sanos, ni solucionan los grandes problemas de la humanidad. Muy al contrario, la práctica totalidad de los nuevos cultivos han sido diseñados exclusivamente con el objetivo de aumentar las ganancias y el control del mercado mundial de alimentos por la industria agroquímica transnacional, que controla el gran negocio mundial de los herbicidas y plaguicidas químicos, y que recientemente se ha fusionado con las grandes casas mundiales de semillas.

¿Qué sabemos de los transgénicos?

Precisemos el concepto de transgénesis como: obtención artificial de organismos o células con genes extraños a su especie.

1. Las principales técnicas de ingeniería genética que se aplican para realizar actividades transgénicas son:
2. Técnicas de ADN recombinante que utilizan sistemas de vectores apropiados, Técnicas que suponen la incorporación directa, en un organismo, de material genético preparado fuera del organismo, incluidas la microinyección y la microencapsulación, y
3. Técnicas de hibridación o fusión celular, incluyendo la fusión de protoplastos. Con ellas se han obtenido microorganismos, plantas y animales, transgénicos.

Objetivos de la actividad transgénica

- Mejoramiento de calidad de vida humana
- Resistencia a enfermedades de plantas y animales
- Resistencia a plagas
- Resistencia a plaguicidas
- Resistencia a condiciones climáticas adversas
- Precocidad en la obtención de cosechas
- Mayor conversión de biomasa
- Mayor rendimiento económico por área cultivada
- Si se logra producción de alimentos en menos área, habrá entonces dis-

minución de áreas de cultivo, lo cual incide en la protección del medio ambiente, puesto que toda actividad agroindustrial lesiona de alguna manera el medio ambiente

- Producción de excedentes alimentarios para prever tiempos de escasez y para alimentar a la población que padece desnutrición o etapas de hambre.
- Producción de moléculas potencialmente utilizables en industria o biomedicina.

Un ejemplo clásico es el de la clonación del gen de la insulina en bacterias. Fue el primer experimento de transgénesis que se hizo utilizando directamente la bacteria *E. coli*. Beneficios como éste, para los diabéticos, como todos los de la lista anterior y los que mencionaremos más adelante, ameritan tomar muy en serio las ventajas de la ingeniería genética.

Procedimientos básicos:

- Extracción de ADN de las células donadoras
- Aislamiento del gen
- Clonación del gen en un vector
- Introducción del gen en las células del nuevo organismo (cigoto o embriones). Transformación.
- Verificación de la expresión del gen

Existen varios mecanismos y procedimientos para incorporar un gen extraño en un organismo o célula. Por ejemplo, la microinyección del gen o genes en células, plantas o también en oocitos fertilizados de ratones o ratas; la electroporación. La implementación de células transformadas, en blastocistos de embriones. También la biobalística.

Acerca de microorganismos y animales modificados genéticamente

Tendríamos que comenzar por mencionar los microorganismos que se usan en las industrias láctea, cárnica, cervecera, vitícola, petrolera, entre otros, que ha sido mejorados genéticamente para tales efectos. Pero, cuando microorganismos reconocidos como patógenos son manipulados genéticamente para agregarles mayor virulencia y usarlos como armas biológicas (caso del ántrax) estamos ante una actitud perversa que merece todo rechazo ético. También es perversa, por ejemplo, la modificación genética del *Fusarium oxisporum*, hongo fitopatógeno, prevista para destruir plantaciones ilícitas de coca y amapola, puesto que una vez liberado el microorganismo en un ecosistema no hay modo alguno de controlarlo y se convierte en potencial destructor de cuantas plantas hospederas encuentre a su paso.

Existe ya una larga lista de ratones de laboratorio a los cuales se les han hecho modificaciones genéticas para efectos de experimentación científica. La primera camada de ratones transgénicos fue lograda en 1982 por dos grupos de investigadores norteamericanos: uno, de la Universidad de Pensilvania, dirigido por R. Brinster, de la Universidad de Washington a cargo de R. Palmiter. Se obtuvieron ratones gigantes mediante inyección del gen de la hormona del crecimiento de la rata en óvulos recién fecundados. Este tipo de manipulación genética ya se había realizado en levaduras y bacterias.

Cerca de cuatro millones de animales de experimentación se sacrifican anualmente en el mundo y se calcula que el cincuenta por ciento de ellos ya habían sido modificados genéticamente en función de lograr especificidad investigativa en enfermedades como cáncer, alzhéimer y párkinson. Se ha intervenido el genoma de gallinas, cerdos y vacas para adaptarnos a mayor

rendimiento industrial de huevos, carne y leche, respectivamente; también se manipula el ADN de otros organismos vivos para que produzcan proteínas de uso terapéutico; por ejemplo, antibióticos y antígenos. Y sea llegado a utilizar los animales como biorreactores vivos para usos industriales.

En lo que más se ha trabajado es en hormonas de crecimiento, para acelerar e incrementar la conversación de biomasa. En cuanto al mejoramiento de razas, el área de inseminación artificial ha involucrado esfuerzos muy grandes de la ingeniería genética.

El genoma de varias especies de peces ha sido manipulado para obtener un crecimiento precoz y producir, con mayores rendimientos económicos, carne para el consumo humano; tal es el caso del salmón desarrollado por A/F protein, en Massachussets.

En bovinos y en ovinos se ha introducido genes humanos para conseguir que su leche sea inocua para las personas que tienen problemas con la digestión de la lactosa. Con respecto a los xenotrasplantes, se ha descubierto que el cerdo tiene órganos muy similares a los nuestros, razón por la cual se le va a convertir en donador de órganos que se trasplantarán a los seres humanos que padezcan deficiencias; se prevé que basta con incorporarle el cerdo algunos genes específicos de la persona receptora, para evitar el rechazo inmunológico, como también habría que prevenir la transmisión, a esta, de las enfermedades propias del cerdo, en los órganos trasplantados.

Acerca de los vegetales transgénicos

Unas 20 plantas modificadas genéticamente se comercializan a nivel mundial para uso en la alimentación humana y animal. Hay otras 35 en proceso de desarrollo o en fase experimental de campo y existen en el mundo unas 40 millones de hectáreas de agricultura transgénica, en su mayoría

para alimento, a pesar del rechazo a la introducción y al consumo de dichos productos en la Comunidad Europea, en Brasil y en otros países.

En Colombia tenemos ofertas de introducir semillas genéticamente modificadas para su cultivo industrial: algodón, arroz, soya, maíz, claveles y otras más.

Lo que se propone la ingeniería genética es producir variedades de todas las especies vegetales, animales y de microorganismos, útiles en alimentación, industria y biomedicina.

Los supermercados ya están inundados de subproductos o derivados de plantas transgénicas, que forman parte de galletería, grasas, aceites, salsas, sopas, chocolates y bebidas, entre otros. Un tomate transgénico de larga vida, por ejemplo, desarrollado por el profesor Don Grierson y comercializado como salsa por Astrazenec, no ha gozado de mucha aceptación por los consumidores y ha tenido problemas comerciales.

¿En qué alimentos podemos encontrar productos transgénicos?

El maíz y la soya son manipulados genéticamente, así como sus subproductos, han sido introducidos y comercializados con fuerza en muchos países, la mayor parte de las veces en forma indirecta; generalmente los venden mezclados con otros granos o con productos naturales de su misma especie para que los consumidores no se enteren. Los subproductos de dichos transgénicos entran al país camuflados en la industria alimentaria, de muchas maneras:

- Los transformados de soya y maíz se incorporan como ingredientes en aproximadamente un 60% de los alimentos elaborados industrialmente: productos de repostería, chocolates,

pan de molde, conservas, comidas congeladas, potitos, helados, aperitivos, productos dietéticos, mermeladas, margarinas, aceites vegetales, etc.

- La forma en que suelen presentar tales ingredientes derivados de la soya son: aceite, margarinas de mesa, grasa vegetal, lecitinas, harinas, emulsionantes, espesantes, proteínas, etc. Algunos de los alimentos que vienen enlatados con aceite vegetal (como las sardinas y otros frutos del mar), han logrado reducir costos y rebajar precios al introducirles derivados de soya transgénica.
- El maíz, aunque es de menor medida que la soya, es un ingrediente de variedad de alimentos preparados industrialmente. Destaca su participación en forma de harina, almidón, aceite, maltodextrina, dextrosa, jarabe (sirope) de glucosa, etc.
- El rechazo que ha tenido el tomate transgénico de larga vida, por parte de los consumidores, no ha logrado evitar que nos venga empacado en pasta de tomate, en tomates enlatados, etc., a precios bajos que entusiasman a consumidores incautos.

Ante la ausencia de adecuadas y oportunas legislaciones internacionales y nacionales, se teme que las empresas de alcance universal puedan utilizar los países en desarrollo como lugares de prueba de los OMG. También es muy difícil que los consumidores puedan saber que productos contienen OMG o sus derivados, pues no los venden etiquetados como tales; por lo tanto, no los pueden elegir o descartar libremente de sus dietas. Por otra parte, las aprobaciones pertinentes de la OMS de la FAO, de la Convención Internacional de Protección fitosanitaria (CIPF), de la Comisión del Codex Alimentarius y el reconocimiento por parte de la OMC y de las legislaciones nacionales, van a la

zaga de la producción y comercialización de los alimentos transgénicos citando el número 36 de la FAO – Comité de Agricultura.

Otra preocupación en relación con los OMG es la posible producción inadvertida de toxinas y alérgenos. En 1962 se creó la Comisión del Codex Alimentarius para aplicar el Programa Conjunto FAO/OMS sobre normas alimentarias cuya finalidad es proteger la salud de los consumidores y asegurar prácticas equitativas en el comercio de productos alimenticios las normas directrices y otras recomendaciones del Codex se reconocen expresamente en el acuerdo sobre la aplicación de medidas sanitarias y fitosanitarias de la OMC, y también se les considera como “normas internacionales” en el acuerdo sobre Obstáculos Técnicos al Comercio. La Comisión del Codex Alimentarius está estudiando la elaboración de una norma general para la aplicación de las disciplinas básicas de la inocuidad y el control de los alimentos a los productos alimenticios obtenidos mediante biotecnología.

El asesoramiento de anteriores consultas de expertos de la FAO/OMS en este sector se utilizará como orientación para las condiciones que se requieren en el caso de los alimentos preparados por medio de biotecnología. Ante todo, están los aspectos de la posible alergenicidad, la posible transferencia de genes procedentes de OMG la patogenicidad derivada del organismo utilizado, los aspectos nutricionales y el etiquetado.

La bioética en la discusión de lo bueno y lo malo de los OMG

Para hacer un debate de los OMG es muy importante detenernos previamente en unas consideraciones que nos introduzcan al tema. Primeramente, no podemos hablar de bioética sin los más objetivos, rigurosos

y serios datos de las ciencias, pues se incurriría en un juicio de valor errado, sesgado, o equivoco. La bioética se mueve en el campo de los saberes científicos, de manera interdisciplinarias, para hacerles compañía en pos de emitir juicios de valor moral, a favor del cuidado responsable de la vida en todas sus manifestaciones.

El tema de transgénicos que nos convoca, cuenta con un amplio margen de incertidumbre, parte de la cual proviene de falta de suficientes datos comprobados científicamente, sobre la incidencia del consumo de alimentos transgénicos (o de sus derivados) en la salud humana, en el medio ambiente, en los sistemas culturales, en la economía de los países, etc. La opinión pública y las instituciones que normalizan el uso de estos productos viven dicha situación. La bioética ofrece su aporte a sabiendas de que ella tampoco tiene certeza y de que puede ser un factor adicional de perturbación y de enrarecimiento del debate sobre el tema. Con cautela, hablaremos de “posibles riesgos” y no de certeza. Con el solo hecho de advertir discretamente sobre los riesgos posibles no se están haciendo afirmaciones calumniosas contra los OMG. Tampoco es cerrarse obcecadamente al uso de dichas biotecnologías. Cualquier cosa que se diga en torno a ellas debe partir del uso normal y no de abusos ni de aplicaciones indebidas.

El neologismo “bioética”, compuesto de dos palabras griegas bios y ethos fue creado en 1970 por Doctor Van Rensselaer Potter, bioquímico de la Universidad de Wisconsin, investigador de cáncer. Como científico, el Doctor Potter demandó de las ciencias y las humanidades un diálogo a favor de una nueva ética para la sociedad de conocimiento, involucrada en posibilidades de causar daños severos e irreversibles al planeta y a todos sus habitantes, solicitud esta para que la ciencia se haga con conciencia, o lo que la ciencia se haga con conciencia, o lo que es lo

mismo, para que se lleve con sabiduría a favor de la supervivencia del hombre y de todo el planeta Tierra. Esta nueva ética se ocupa de acompañar solidariamente el desarrollo de la ciencia y de la tecnología, en procura de que el desarrollo tecnocientífico cuide el ethos vital. Es una ética en el sentido de que la vieja ética tradicional dominante en Occidente se ocupaba de declarar, de manera casi dogmática, que era bueno y que era malo, sin que los datos de las ciencias fuesen una exigencia previa para el juicio moral.

La Bioética - ética de la vida - ofrece instancias de discernimiento práctico moral para los momentos de incertidumbre cultura como el actual, justamente ocasionada por las novedades tecnocientíficas que intervienen y desarticulan permanentemente los sistemas éticos, jurídicos y culturales. La vieja ética, de tipo filosófico y/o teológica moral, tenía una visión substancialista del ser humano, exageradamente trascendental, todo lo veían en blanco y negro y se pensaba a sí mismo como la ordenadora por antonomasia de la actividad humana, presumiendo de que la sabía todo y de que todos lo determinaba en virtud de que existiese una "ley natural" evidente e inquebrantable, a la cual había que recurrir siempre para no equivocarse en la toma de decisiones. Hoy poca gente acepta la creencia de la ley natural. La bioética, que no se ve las cosas en blanco y negro, si ve una gran gama de grises y de colores; en consecuencia, es muy cautelosa de pronunciar su juicio de valor si no acopia primeramente datos son muy rigurosos de tipo científico y humanístico, los evalúa interdisciplinariamente a la luz de posibilidades de riesgo para el hombre y la naturaleza, prevé las consecuencias de la acción y las asumir responsablemente a favor de las generaciones futuras.

Otra consideración preliminar es que la bioética no debe confundirse con región alguna, en virtud de que

es una disciplina aconfesional, tanto en su estatuto teórico como metodológico. Queremos decir que por aconfesional que la bioética no habla a favor de región, partido político, etnia, raza, cultura o grupo alguno en particular. Tampoco habla en contra. No se afilia a ninguna de estas actividades humanas con exclusividad, pero sí reconoce y respeta sus voces en el diálogo interdisciplinario. La actitud de las doctrinas religiosas, por ejemplo, tan habituadas al monólogo y a la docencia de la moral, sería mejor acogida por las otras disciplinas y pasasen a ser discentes y discretas en sus aportes.

Indudablemente que la bioética es subsidiaria de la ética, o también llamada "filosofía moral" pero no se identifica totalmente con esta. No es subsidiaria de la teología moral, llamada por muchos "ética teológica", porque es intramundana y no referida a datos alguno de revelación divina. Con el propósito de articular las ciencias positivo - analítico - experimentales (especialmente las ciencias biológicas o ciencias de la vida) con las ciencias históricohermenéuticas (especialmente aquellas que dan buena cuenta de los valores morales y de su sentido) el Dr. Van Rensselaer Potter convocó a la comunidad científica y a los ciudadanos a pie a pensar bioética mente como condición a de supervivencia. Por la década de los años sesenta, competían por el liderazgo dos teorías éticas: es de ontologismo de corte kantiano y el utilitarismo de raíz benthamiana. Las propuestas filosóficas y teológicas de la moralidad, de larga tradición escolástica en Occidente, ya había dado de sí lo suficiente. Los nuevos dilemas Morales surgían desde el interior de las ciencias y tecnologías que enfría el orden natural de la bioseguridad de la vida humana, de la biota toda Jesús soporte abiótico. En consecuencia, a problemas nuevos, soluciones nuevas. Así nace la ética nueva e interdisciplinaria, que se ocupa de saber la profundidad que es la vida con los datos de las ciencias bio-

lógicas, cómo proteger la vida en búsqueda de calidad, y cómo apropiarse de sentido existencial en una sociedad cada vez más tecnocientífica, globalizada, pluralista y democrática – literal.

Objetivos de la actividad transgénica

- ¿Representan los animales, plantas y microorganismos transgénicos algún peligro para la salud humana y para la naturaleza?
- ¿Representan los microorganismos y plantas transgénicas algún peligro para los animales que se alimentan de ellos y, para los humanos que luego se alimentarán, a su vez, de estos últimos?
- ¿Es éticamente aceptable crear animales genéticamente modificados?
- ¿Existe alguna especie de derechos de los animales, más allá de los consignados en los protocolos para su manejo en experimentación científica?
- Desde la mirada propia de las regiones, ¿Juegan los científicos a ser dioses al intervenir la naturaleza y “crear” novedad que pueden ir en contra vía de la voluntad del Creador? ¿ No es esta una actitud arrogante e insolente del ser humano que puede pararle castigos insospechados? Los mismos reveses de la guía que producen tanto daño, al decir de las regiones y ciertas culturas ¿No son ya evidencias de castigos divinos?
- ¿Hay seguridad en el consumo humano de medicamentos y derivados de origen transgénico?
- ¿Puede ser que los alimentos de origen transgénico ofrezcan mayor valor nutricional y menor costo que los organismos naturales endógenos, en razón de la cual se prefieren las transgénicos y se produzcan un cambio

de cultivos tal que modifican sustancialmente la economía agropecuaria, a riesgo de la diversidad biológica endógena y cultural? Recordemos que existe una íntima relación entre naturaleza y cultura, de tal manera que la pérdida de diversidad natural trae consigo pérdida de diversidad cultural, especialmente de aquellas etnias íntimamente ligadas al medio ambiente.

- ¿En las decisiones sobre utilización de productos transgénicos participan las más directamente afectados: los consumidores, los campesinos, las etnias, los pequeños agricultores, etc., ¿o se les ignora? son conscientes estos personajes de los posibles riesgos de sus economías al sustituir sus cultivos tradicionales por transgénicos?
- ¿Por qué se niegan los productores de transgénicos etiquetarlos como tales, negándole a los consumidores el derecho a la correcta información?
- ¿Por qué las multinacionales evaden responsabilidades civiles y penales sobre las posibles consecuencias negativas de esos productos transgénicos?

Recordemos que como decía el filósofo Heidegger: “el hombre es lo que el hombre come”. Esto no significa de manera grosera que el ser humano sea trigo, plátano, maíz, arroz, pollo, huevos, vacas, etc., por alimentarse de ellos. Tampoco significa que el genoma de cada alimento vaya a parar como tal a la carga genética de quién lo consume, pues los modos de cocción, de preparación y de conservación de los alimentos, más los ácidos gástricos y el sistema metabólico humanos rompen y transforman las cadenas de ADN ingeridas convirtiéndolas en micronutrientes energéticos. Digo esto porque he escuchado ataques absurdos a los alimentos transgénicos bajo el criterio falso de que sus genomas harán daño

al nuestro. Lo que asimilamos de los alimentos en su energía libre y disponible a modo de nutrientes químicos esenciales que le permiten a la célula la formación y degradación de moléculas de ATP, adenosín trifosfato, una molécula formada por una base nitrogenada (adenosina) y tres grupos fosfóricos que se caracterizan por su gran capacidad de establecer y mantener (aunque es una molécula de alto recambio biológico a escala celular) enlaces altamente energéticos en los que participa principalmente el fósforo.”

Un poco más de “800 millones de personas de todo el mundo, en particular de los países en desarrollo, no disponen de alimentos suficientes para satisfacer sus necesidades nutricionales básicas”, según el informe de la cumbre de Roma (noviembre de 1996). Pero las cifras y estadísticas son únicamente indicadores globales y simbólicos de los problemas reales de hambre y desnutrición y no nos dicen mucho acerca de las causas y las soluciones. Los números no nos hablan de las injusticias en la distribución y la tenencia de las tierras agrícolamente productivas, de la falta de apoyo estatal a las actividades agrícolas con una correcta transferencia de tecnología que no destruya la sabiduría ancestral de los indígenas y labriegos, de la incidencia nefasta de la universalización de la economía en el sector agropecuario, de la pérdida progresiva recursos genéticos de aquellos países ricos en ellos pero pobres en legislación para hacer respetar el derecho sus recursos; hay un silencio aterrador en dichos números respecto a las comunidades indígenas y campesinas desplazadas violentamente de sus pequeñas parcelas y lanzadas a rumiar el hambre y la desesperanza en las calles de las grandes ciudades.

Las cifras globales sobre la extensión del hambre y la desnutrición de poco sirven a la hora de encontrar soluciones, pero demuestran que generalmente no es suficiente para buscar causas en

el área de técnicas y cantidades de producción. Desde el punto de vista de las estadísticas globales, se evidencia que se produce suficientemente alimentos para todos y que el problema real tiene que ver con un modelo de desarrollo sustentado en la concentración y monopolización de los recursos naturaleza y materiales. El hambre y la desnutrición son ante todos consecuencia de la pobreza. (fían, 1994).

Si bien hay hambre en el mundo, el problema no radica en que los animales están mal distribuidos y muchos de ellos son arrojados a la mar o identificados para mantener los precios internacionales. Al concepto político de “desarrollo sostenible” definido desde la ecología por la comisión BBRUNTLAND, como “el desarrollo que busca satisfacer las necesidades de las presentes generaciones, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades”, se vincula hoy el de “seguridad alimentaria” propuesta por la FAO, como “acceso de todos en todo momento a los alimentos necesarios para una vida sana y activa”. Más allá de lo que originalmente fue ecológico en el documento “nuestro futuro común (1987) de la comisión mundial del desarrollo y medio ambiente que dio origen a la formación del desarrollo sostenible, hoy en día su comprensión abarca tres dimensiones entrelazadas y con o profundidad: lo ambiental, lo ecológico y lo social. Dimensiones que impactan también la definición de seguridad alimentaria, con un énfasis radical de la pobreza y la necesidad de velar por la justicia distributiva en la búsqueda de las relaciones de equidad entre los pueblos. Quienes argumentan que los alimentos transgénicos son la solución a la escases alimentarios al mundo de los pobre, en otras palabras que son “alimento para pobres”, tienen que comenzar a responder la pregunta ética de porque seguir arrojando al mar i incinerando los excedentes de granos producidos en los países altamente desarrollados, porque

ese pagan internacionalmente precios Injustos Por las mercancía de los países pobres y, porque no se les condonan a estos sus onerosas deudas externas o se les intercambian por protección y conservación de las selvas. Quizás, cuando la comunidad europea y Brasil rechazaron los alimentos transgénicos ¿estarían pensando en que, siendo estos “comida para pobres”, no respondería a su nivel de vida? ¿o hay algo mas que lleve a sospechas de los transgénicos? Europa prefiere hoy mismo “alimentación limpia”, vale decir cultivada biológicamente por agricultura organiza, libre de abonos, insecticidas y herbicidas químicos; libres también de procesos químicos en su preparación y conservación; libre de manipulación genética. ¿No tienen derecho a estos mismos deseos los mismos países del tercer mundo, en su búsqueda de calidad de vida?

En íntima relación con la nutrición y la salud, la biotecnología médica promete crear tratamientos efectivos para combatir las graves enfermedades endémicas y las pandemias del mundo moderno, como el sida el cáncer y muchas de las enfermedades congénitas como el Alzheimer. Justamente al haberse logrado ya el mapeo del genoma humano, las expectativas aumentan a favor de conocer a fondo los genes que dan lugar a las enfermedades de tipo hereditario para lograr el ideal humano de prevenirlas o de curarlas con la terapia génica.

Las empresas biotecnológicas argumentan que la ingeniería genética no es diferente del mejoramiento convencional que ha venido haciendo la dinámica natural durante millones de años, y, por lo tanto, no representa ningún tipo de riesgo adicional para la biota.

Pero no reconocen las evidencias científicas que muestran como la manipulación genética es algo que no existía en la naturaleza y que conllevaba riesgos e impactos impredecibles. Siendo cierto que la evolución biológica no ocurre de modo exabrupto (salvo en casos de cataclismo, qué son episódicos y escasos), y que la fluidez de los genes ocasiona procesos de recombinación a favor de emergencias novedosas y complejas que incrementan la variedad biológica de manera diacrónica y sincrónica, en períodos muy grandes de tiempo, los cambios introducidos por la ingeniería genética de la tecnociencia contemporánea sí son temporalmente exabruptos y de macro impacto, de cuyos efectos negativos sobre el medio ambiente ya tenemos algunos conocidos. Recordemos que la diversidad biológica es el modo como el planeta se auto organiza para mantenerse “verde”, adaptándose a nuevas condiciones disipativas de complejidad creciente, sin extralimitar los límites económicos de sus propias emergencias, so pena de perder su capacidad de resiliencia. La biodiversidad mantiene en equilibrio los diversos ecosistemas del planeta, de los cuales dependen la conversión de energía solar en materia orgánica con la fotosíntesis, la fertilidad de los suelos, la regulación de los ciclos del agua y del carbono, la vida humana, su alimentación y salud.

La biotecnología vegetal manifiesta su estrategia de promoción presentándose como el nuevo paradigma que resolverá los problemas del hambre del mundo mediante la creación de nuevas “súper semillas” altamente productivas, resistentes a malos climas, plagas, plaguicidas y enfermedades, a modo de etapa avanzada de la “Revolución Verde” que dará buena cuenta de las va-

riedades genéticas del planeta y las potenciará con la tecnologías de cultivo in vitro ex situ y de transferencia de genes y interespecies e interregnos. Vale mencionar el excelente servicio que prestan dichas tecnologías en el mantenimiento, conservación y propagación de especies vegetales de propagación asexual (ajo, banano, cebolla, etc.), o de especies poliploides cuya fecundidad es bastante baja, y de especies cuyo mantenimiento en forma de semillas o de bancos de germoplasma de campo es difícil. Dígase también del beneficio que prestan las biotecnologías a la conservación de las especies arbóreas maderables y medicinales

Las biotecnologías animal y microbiológica, en íntima relación con la biotecnología vegetal, han realizado muchos avances y ganado mercados en la industria agropecuaria con impactos económicos y sociales en el desarrollo de alimentos para humanos y animales, y para la industria farmacéutica. Las técnicas de conservación de la diversidad biológica animal, por medio de la inseminación artificial, la criopreservación de semen y de embriones, y de la implantación de estos en úteros, no solamente han servido la industria ganadera si no que han sido tecnologías precursoras de la procreación humana asistida.

Pero la biotecnología no es solamente una cuestión científica: Está íntimamente relacionada con aspectos sociales, políticos, económicos, culturales, religiosos y ambientales en los cuales se juegan jerarquías de valores morales que se expresan en los Derechos Humanos y que están en la base misma del concepto que tengamos de “dignidad

humana”. La transferencia de dichas tecnologías vegetales y animales a los países del Tercer Mundo no siempre ha sido regulada por los principios de justicia y de equidad, ni de protección de las variedades biológicas locales asociados a milenarios procesos de selección y cultivos propios de las etnias y de las comunidades campesinas. Las empresas transnacionales obtienen sustanciosas ganancias, doblegan voluntades políticas y personales a favor de sus intereses, que generan dependencias comerciales y ocultan Información correcta y pertinente a los usuarios y consumidores, problema ético que impiden tomar decisiones ilustradas y libres. Las biotecnologías en mención acceden a patentes comerciales que están en las manos de compañías multinacionales que presionan el logro de sus intereses económicas, a tras de la organización mundial de comercio OMC.

Los derechos de propiedad intelectual obtenidos con las patentes son, en su mayoría, un modo latino de apropiarse de los recursos genéticos de la naturaleza, los cuales han sido patrimonio ancestral de etnias y modo natural de supervivencia de poblaciones humanas que han ido gestando sus culturas en comunión con su biota endógena.

A muchos científicos inquieta la pregunta sobre si los alimentos modificados por ingeniería genética son inocuos para el consumo humano y animal. Uno de ellos, el Doctor John Fagan pidió suspender durante 50 años la liberación al ambiente de organismos genéticamente manipulados, hasta que se haya acumulado suficiente investigación que demuestre su inocuidad.

“Los controles de seguridad nunca serán adecuados porque, una vez modificados, los organismos nunca podrán ser retirados del ambiente y sus efectos se extienden sin límites. Se corre el riesgo de que cada persona en el mundo esté pronto comiendo alimentos genéticamente manipulados y esté bajo riesgo”, dice Fagan.

Fagan es un investigador de larga trayectoria en genética; en 1994 devolvió al Instituto Nacional de Salud de Estados Unidos US \$613.882 y renunció al otorgamiento de más de US\$1.25 millones para estudios de ingeniería genética, por considerar que sus aplicaciones podrían ser extremadamente dañinas para la salud humana y medio ambiente.

La incertidumbre moral invadió a Fagan y lo paralizó. Le hizo falta una ética proactiva que le ayudara a hacer camino al andar, la cual profundiza sus raíces en el “principio de Responsabilidad” y en el “principio de precaución”, tan debatido y debilitado en el protocolo de Bioseguridad de Cartagena, (Montreal 29-1-2000).

En consecuencia, una ética proactiva es la que requiere el mundo contemporáneo de las tecnociencias, donde todo cambia por la acción humana ejercida directamente sobre la naturaleza y sobre el hombre, por lo cual la misma ética lleva la dinámica del cambio a través de valores morales que no son otra cosa que los “constructores sociales”, con los cuales las comunidades organizan sus estrategias de supervivencia y otorgan respuestas simbólicas a sus preguntas últimas de sentido. Esto significa un esfuerzo, en el presente, de prever, de anticipar, de calcular, de evaluar, de

elegir conscientemente y de orientarse volitivamente hacia lo que será bueno, rechazando lo malo para el hombre y su entorno, a sabiendas de que tampoco la ética puede alardear de poseer verdades absolutas sino deseos intensos de acertar en sus buenos propósitos.

Así es como la ética proactiva otorga, anticipadamente, sentido existencial a la actividad humana, previendo los beneficios o perjuicios en la direccionalidad de los cambios vertiginosos jalados por el desarrollo imparable de las tecnociencias. Así es como la reflexión filosófica sobre los cambios de las costumbres aportará luces para no sumirnos en la perplejidad, para no asumir posturas apocalípticas y diabolizar lo presente pensando que “todo pasado fue mejor”, ni caer en la absurda tentación de endiosar ingenuamente todo cuando produce el ingenio humano.

A diferencia de la ética tradicional, la bioética, que se supone está animada por una visión proactiva del desarrollo humano, debe cuidarse de “nunca decir nunca, ni siempre decir siempre”. Con este criterio de prudencia, el debate ético a las biotecnologías no debe ser en general, sino una por una, ya que existen diferencias entre ellas. En el caso de los alimentos modificados por ingeniería genética, a los cuales hemos dedicado la discusión nuclear de nuestro discurso, no los podemos calificar a priori de buenos o de malos, porque cada uno requiere de atención particular, cosa que no hemos hecho y que dejaremos para otro momento. Y cuidémonos bien de asumir posiciones radicales frente a ellos, como la de decir que siempre serán buenos o que siempre serán malos, o que nunca los iremos a promover y a consumir.

Más preguntas a modo de conclusión

La bioética no tiene respuestas para todo. En esto se diferencia una vez más de la ética tradicional. Pero si tienen preguntas a granel, puesto que es una ética de la vida preñada de proactividad, de la manera misma como la vida está preñada de vida futura. Hagamos algunas preguntas. En relación con los derechos de la naturaleza ¿Es que los abogados ya han cambiado el concepto de lo que no es sujeto también tiene derecho? Por qué los derechos son de los sujetos. Sujeto es, en latín, *subiectum*, o sea el que tiene subjetividad, interioridad, alma, experiencia racional, conciencia de sí mismo, libertad y dignidad. Mientras qué objeto es lo que no tiene subjetividad, es tan solo exterioridad, es *obiectum*, es cosa, no es persona, es mercadeable y por tanto no tiene derechos; la madera por ejemplo no tiene subjetividad, en consecuencia, es mercancía. El derecho greco-romano, que cultivamos en occidente, ha montado todo el concepto de derechos y deberes sobre el sujeto y no sobre los objetos. Kant basa el concepto de dignidad de la persona humana en el ser humano no es mercancía, por lo cual ni se compra ni se vende. Esto quiere decir que siendo *subiectum* es fin en sí mismo y no me dio. Todo lo que es *obiectum* es medio y no fin en sí mismo. A nivel de tercera y cuarta generación de Derechos Humanos tenemos que hacernos preguntas como:

¿El medio ambiente reclama derechos? ¿En razón de qué o de quién?

¿Cuál es la filosofía que sirve de soporte para que los seres que no son sujetos tengan derechos? y los seres humanos futuros, los que todavía no existen?

¿Cómo pueden gozar de derechos para que las actuales generaciones nos obliguemos con ellos, nos privemos de disfrutar de las ventajas de un desarrollo sostenido y optemos por los sacrificios que implica el desarrollo sostenible?

¿Qué conciencia tiene el consumidor sobre sus derechos? ¿Lo ignoramos, para dejar la toma de decisiones sobre la incorporación de organismos transgénicos únicamente en manos de los políticos que desconocen (de buena o de mala fe) las implicaciones éticas de este negocio? ¿Y qué saben de bioética los economistas, los organismos políticos internacionales y las empresas multinacionales que se lucran con estas biotecnologías? ¿Las etnias cuentan o no en la toma de estas decisiones?

En síntesis, la bioética pertenece a todos los seres humanos como instancia moral para tomar las mejores decisiones en defensa de la vida todo el planeta. La bioética ofrece instrumentos de reflexión para acertar en los modos correctos de llevar la vida con calidad y de dotar la vida humana de dignidad y sentido existencial.

Biodiversidad y bioética

Jaime Umaña Amaya Academico ACCV

Introducción

Un análisis retrospectivo del siglo XX plantea los trascendentales eventos científicos y tecnológicos en diferentes campos del saber, cuyos efectos se traducen en la transformación de las sociedades, las culturas y el ambiente sostenible. Algunos de ellos han dejado profunda huella en la humanidad, como la bomba atómica, las armas biológicas, la llegada del hombre a la luna, la informática, la biotecnología, el SIDA, el cáncer, la clonación y las vacunas sintéticas, entre otros.

Por otra parte, el crecimiento desbordado la población humana y su necesidad inherente de conservación, el crecimiento industrial y la consecuente destrucción del ambiente, han generado problemas de grandes dimensiones como la destrucción de la capa de ozono, la desertización, la contaminación ambiental y la pérdida de diversidad.

El desarrollo científico y tecnológico se ha constituido en un elemento de poder y originar dilemas éticos sobre el sentido y la calidad de vida. Una consecuencia de la globalización de la economía es la imposición por parte de países desarrollados de la política de patentes y propiedad intelectual en una forma sesgada, como consecuencia del desconocimiento de los países propietarios, de sus recursos naturales y de su valor intrínseco. Ello promueve una urgente reflexión sobre la ética de la investigación científica enmarcada en el

avance tecnocientífico en el planeta, y sus implicaciones con Colombia, dada su gran biodiversidad y la necesidad de su utilización racional, equitativa y concertada (Umaña, 1999).

La responsabilidad del científico se incrementa en la medida que amplía su saber y su acervo técnico. Con el predominio de las ciencias de la vida, la experimentación da otro salto cualitativo y, por lo tanto, no solo crea situaciones artificiales, sino verdaderos modelos experimentales en animales. En consecuencia, la investigación en ciencias biológicas no puede sustraerse al análisis bioético, al haber trascendido la observación y promover cambios en seres vivos, cuyo carácter es magnitud no son predecibles, precisamente porque están inmersos en las incógnitas que investigan (Hume, 1997).

Los investigadores deben incorporar en sus quehaceres, las necesidades prácticas de quienes los financian, pero también resulta igualmente coherente la introducción de argumentos éticos para que los científicos se ocupen de los problemas de mayor urgencia y eviten áreas que generan situaciones conflictivas o francamente deletéreas, para lo cual se plantean las siguientes premisas

- La investigación científica está inserto en una sociedad y no puede abstraerse de los valores que ella sustenta.

- Ciencia pura y ciencia aplicada son igualmente responsable de sus resultados y eventual utilización, más aún, cuando investigan en seres vivos.
- El progreso científico es irrefrenable, pero debe orientarse a solucionar problemas reales de la humanidad en forma eficaz - eliminación de sus problemas y eficiente relación razonable entre costos y beneficios -.
- La causa principal de la facultad para regular la actividad científica y el poderío técnico, estriba en el imperativo tecnológico: utilización ilimitada de capacidades instrumentales desarrolladas.
- El imperativo tecnológico intenta legitimar la conclusión de hacer real toda capacidad técnica nueva
Villar, J.,1988, hace una precisión sobre guías principales en el cuidado y uso de animales, de acuerdo con las recomendaciones de la declaración de Helsinki, tales como:
- Los experimentos con animales, solamente deben llevarse a cabo, con el propósito de avanzar en nuestros conocimientos. Deben considerarse la idoneidad de los procedimientos experimentales, las especies utilizadas y el número de ejemplares que se requieren.
- Solamente se utilizaron aquellos animales que se adquirieran legalmente para el laboratorio y su retención y utilización deberán estar de acuerdo, en cada caso, con las normas y leyes locales, estatales e internacionales. Los animales de laboratorio deben recibir toda clase de respeto y consideración, estar bien albergados y alimentados, y su contorno mantenido en condiciones sanitarias

Deben emplearse anestésicos adecuados para suprimir la sensibilidad del dolor durante todos los procedimientos

quirúrgicos. Cuando sea necesaria la recuperación de la anestesia durante el estudio, debe elegirse la técnica más aceptable para minimizar el dolor. Los relajantes musculares no son anestésicos y no deberían usarse solos. Si el estudio requiere la muerte del animal, éste de sacrificarse de la manera más humana posible, al final del experimento.

Hernandez M., N., 1997, señala "En general, en lo comunidad neurocientífica existe consenso en cuanto los factores relacionados con el diseño de una experimentación animal, y sobre aquellos referidos a la conducción de los experimentos". Estos dos grupos de factores fueron discutidos durante el 3er Congreso Mundial de Neurociencias de la IBRO, celebrado en Montreal en 1991.

Reglas relacionadas con el diseño de experimentos

1. Evaluar el grado de estrés o incomodidad aceptado por juicios antropomórficos realizados por observadores prudentes. Los animales de experimentación, de acuerdo con este principio, no deberán someterse a estrés o incomodidades evitables.
2. Los procedimientos invasivos y drogas paralizantes (cure, succínil colina), no deben emplearse sin anestesia, menos que el investigador demuestre una fuerte justificación científica, después de probar que no dispone de otras alternativas. En estos casos se deben utilizar implantes cónicos con anestésicos. Cuando están no sea posible, se pueden monitorear las respuestas nociceptivas por electroencefalografía, la presión arterial y la respuesta pupilar.
3. Los experimentos deben diseñarse de tal modo que sea mínimo el número de animales utilizados, y se tenga en cuenta, además, si la especie está en peligro de extinción.

Posteriormente, presentó una relación de sumo interés y sobre las reglas relacionadas con la conducción de la experimentación, y refiere la experiencia en Cuba con respecto a la aplicación de estas reglas.

El documento La ética del uso de animales con fines científicos el profesor Miguel Ángel Sánchez González, de la Universidad Complutense de Madrid, España, examina el problema de la existencia derechos en los animales, y admite que puede hablarse de esos derechos como una forma de reconocer las obligaciones “prima facie” tienen los seres humanos. Seguidamente, se reconoce la validez de las críticas que denuncian el “especieismo” como un análogo del “racismo”. También afirma la existencia de ciertas obligaciones del hombre, con respecto a los animales de laboratorio. Por último, postula la necesidad desarrollar una nueva actitud hacia los animales, basada en el respeto y la responsabilidad. Esta actitud es necesaria para la supervivencia del ser humano como especie biológica y como comunidad de ética.

Es evidente que estas breves reflexiones o posiciones de pensadores de diferentes escuelas y nacionalidades, apuntan - algunas en una forma más vehemente que otras - a la necesidad de hacer un reconocimiento de respeto y responsabilidad en el empleo de animales con fines científicos y académicos. Este proceso debe estar enmarcado en principios y normas éticas, dirigido y coordinado por grupos interdisciplinarios e institucionales idóneos, en comités de bioética funcionales y coherentes.

En tal sentido, los esfuerzos deben dirigirse a:

La necesidad de crear, desarrollar y fortalecer los investigadores para que orientan la actividad científica y tecnológica, con valores éticos que busquen

proteger la vida en cualquiera de sus expresiones.

Dar cumplimiento a la Ley 30 de 1992, y el proceso de acreditación como mecanismo orientador de las tareas educativas a nivel superior, de acuerdo con prácticas y resultados ampliamente reconocidos a nivel nacional e internacional, en el contexto de la investigación, docencia y extensión.

Tener en cuenta el Acuerdo 03 del 21 de marzo de 1995, del Consejo Nacional de Educación Superior, que establece políticas de bienestar universitario en tres tareas fundamentales para realizar la misión de las instituciones de educación superior: “La formación humana, el desarrollo del saber y el compromiso al servicio de la sociedad, tareas que se han identificado con las funciones de docencia, investigación y extensión. Como consecuencia de su quehacer, estas instituciones, constituyen un espacio que propicia y favorece la generación de valores, que deben orientarse el crecimiento de la persona y de la sociedad a la cual pertenece; la búsqueda institucional debe dirigirse al fomento y a la práctica cotidiana de los valores necesarios para una mejor sociedad.

Cada uno de los miembros (estudiantes, docentes, investigadores y el personal administrativo), debe reconocerse como un formador en formación. El bienestar universitario apunta al desarrollo humano de los miembros de la comunidad, al mejoramiento de la calidad de vida de cada persona, del grupo institucional y de la educación superior en Colombia”.

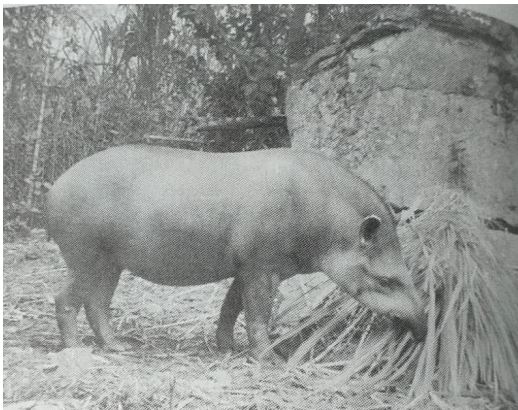
Considerar, además, el desarrollo y avances de la bioética en la perspectiva de otras universidades colombianas.

Tenido en cuenta el requisito de COLCIENCIAS y de otras entidades financieras nacionales o internacionales

Biodiversidad

La diversidad de la fauna silvestre, constituyen a los componentes de mayor significado en el patrimonio natural de nuestro país; con una representación parcial de 454 especies de mamíferos (Rodríguez 1995); 1752 de aves (Miller, 1983, M.M.A., 1994); 475 de reptiles (Salas, 1995); 583 de anfibios (Ruiz Carranza, 1996); 1089 de arácnidos (Miller, 1983); 2.000 de himenópteros (M.M.A., 1997) y aproximadamente 4.500 especies registrada de peces.

En el ámbito global, esta riqueza biodiversa sitúa a Colombia en el primer lugar en número peces de aves, en el segundo con respecto a los anfibios y en el tercero en relación con primates, reptiles y mariposas.



En el ámbito nacional, la fauna silvestre es una fuente importante de proteína animal para las comunidades nativas, las cuales representan el 2.3% de la población total, y que incluye 900,00 habitantes de diversas etnias indígenas.

En la región amazónica se extrae anualmente un número aproximado de 4 millones de individuos de diferentes especies de fauna silvestre, que representan 40,000 toneladas de carne (M.M.A., 1997), de las cuales una porción significativa, contribuye a la dieta de las poblaciones rurales.

Algunas especies de fauna silvestre han venido, además, posicionándose como base de una industria que ha cobrado importancia en la captación de divisas al constituirse en un renglón no tradicional de las exportaciones del país, a partir de individuos y productos obtenidos mediante la zootecnia o cría en cautiverio.

Actualmente, Colombia trabaja con babilla (*Caimán cocodrilus*), chigüiro (*Hydrochoerus hydrochaeris*), iguana (*Iguana iguana*), boas (*Boa constrictor*) y lobo pollero (*Tupinambis nigropunctatus*).

Tal comercio ha surtido la demanda de Estados Unidos, Tailandia, Singapur, Japón, Italia, Francia, China y México, entre otros. Estos mercados han sufrido una gran depresión por la problemática económica y ambiental por la que atraviesa en muchos países (M.M.A., 1997).

Así mismo, numerosas poblaciones silvestres han permanecido en niveles críticos, después de la indiscriminada extracción comercial a finales del siglo pasado y en el presente. La demanda de individuos vivos, pieles, o subproductos en el mercado ilegal o tráfico de fauna, alcanzaba una cifra de 6.300 millones de dólares, (M.M.A., 1996). Este mercado, sumado al tráfico de drogas y armas, son los tres primeros renglones de comercio ilegal en el mundo. Continuamente se realizan operativos de control, que arrojan un gran número de animales decomisados, lo cual origina una problemática adicional, por cuanto el mantenimiento, rehabilitación y reubicación de los mismos, exigen infraestructura, personal profesional y técnico idóneo y presupuesto acorde con las necesidades de un plan estratégico de manejo y conservación. Para tal fin se cuenta con el apoyo de algunos centros de rehabilitación, como una Unidad de Rescate y Rehabilitación de Animales Silvestres de la Universidad

Nacional de Colombia URRAS, el centro de primatología de la Universidad del valle, algunas corporaciones autónomas regionales y algunos zoológicos oficialmente registrados.

La fragmentación de los bosques como resultado de la proliferación de cultivos ilícitos del avance de la colonización y la frontera agrícola, conducen al aislamiento de las especies y la disminución de las poblaciones hasta el punto que éstas ya no son biológicamente viables, debido a que no es posible mantener un equilibrio genético, y la oferta de nichos ecológicos resulta insuficiente.

La mencionada situación se torna más crítica si se tiene en cuenta que el país dispone de un sistema de áreas protegidas con 46 unidades que cubren una extensión superior a 9 millones de hectáreas

Dentro de esta área, se han declarado santuarios de fauna y flor, varias zonas representativas por su riqueza biológica o por ser centros de endemismo y especiación, los cuales permanecen aún fuera del sistema y son objeto de continuos procesos de degradación (M.M.A., 1996).



Frente a la problemática causada por los factores mencionados, el manejo y la administración de la fauna silvestre han sido consecuencia del bajo reconocimiento del valor que reviste tal riqueza, en términos ecológicos, económicos, sociales, científicos, culturales y éticos.

Adicionalmente, la normatividad en fauna silvestre es poco conocida, voluminosa, dispersa y poco actualizada, por lo que se han bloqueado numerosas oportunidades, planes de desarrollo científico y técnico.

Por otra parte, la ausencia de planes de manejo en el ámbito nacional, que estén acordes con las políticas internacionales de concertación y preservación de este patrimonio genético, en una forma equitativa coherente con la propiedad de las poblaciones nativas humanas en el neotrópico.

Estrategias y líneas de Acción

La gestión de la fauna silvestre en el país orienta hace un desarrollo paralelo y complementario de las siguientes cuatro estrategias: uso sostenible recurso, recuperación y manejo poblaciones silvestres, fortalecimiento de los instrumentos de apoyo y modernización de la gestión.

Dichas estrategias deben mantenerse a largo plazo y propender por la conservación de recurso, a través de la formulación y ejecución de planes, programas y proyectos, y por fortalecimiento de los entes directa e indirectamente relacionados con la administración, para el desarrollo de las funciones que le competan en este tema (M.M.A., 1996).

Uso sostenible del Recurso

El término uso sostenible se ha enmarcado dentro el principio de sostenibilidad biológica y económica, para

lo cual se busca la conciliación entre oferta natural del recurso frente a su demanda y a las posibilidades desarrollo para la optimización de su aprovechamiento.

Con el objeto de incorporar el uso sostenible de la fauna silvestre en la producción agropecuaria y en la economía campesina, se deben adelantar acciones que permitan identificar especies promisorias, evaluar y fortalecer iniciativas comunitarias e integrar efectivamente el aprovechamiento del recurso en sistemas productivos rurales. Ahora, se maneje termino "Disminución del uso no sostenible", que considera la problemática cultural y socioeconómica que esté le representa a las comunidades, sin dejar de lado las acciones de control y vigilancia establecidas (M.M.A., 1996).

Recuperación y Manejo de Poblaciones Silvestres

Es importante armonizar los criterios un el proceso de zonificación y ordenamiento ambiental territorial. En tal sentido, la conservación de especies de fauna debe concebirse como un instrumento determinante para el manejo de los hábitats y por ende de los sistemas naturales. Por consiguiente, se tendrán en cuenta los elementos que desde el punto de vista biológico, económico y sociocultural garanticen la conservación y uso sostenible de las poblaciones silvestres buscando minimizar los factores que amenazan el recurso (M.M.A.,1996).

Alternativamente, deben plantearse programas de recuperación y manejo de las poblaciones de fauna silvestre amenazadas en el "*Plan estratégico para la recuperación de la fauna colombiana amenazada*". El impacto generado sobre las especies y poblaciones nativas de fauna silvestre por efecto en introducción de especies foráneas y trasplante de especies nativas, podrán reducirse mediante la regulación, control y seguimiento de dichas actividades (M.M.A., 1997)

Fortalecimiento de los Instrumentos de Apoyo

Cómo principio fundamental, esta estrategia debe orientarse hacia la consolidación del conocimiento sobre fauna silvestre, para facilitar la toma decisiones, la valoración del recurso y el fortalecimiento de la capacidad de negociación del país. Este proceso se realizará a partió de la recuperación del conocimiento científico y tradicional, del desarrollo científico y tecnológico y del fortalecimiento de la capacidad investigativa.

Con el objeto de asegurar un flujo permanente información entre las entidades y los potenciales receptores usuarios de la misma se deberá crear o fortalece un censo documentación, de tal forma que se facilite el seguimiento, control de acceso, integración y cruce información.

Paralelamente, se deberán proveer los instrumentos necesarios para educar, informar. sensibilizar y concientizar a los diferentes sectores de la población.

Con el fin de contar con instrumentos económicos y financieros para el fomento y la sostenibilidad de proyectos de conservación de poblaciones silvestres y de sus hábitats, se formularan e implementaran mecanismos de captación e internacionalización de beneficios derivados del aprovechamiento del recurso, para facilitar y fortalecer así, la cooperación técnica internacional (M.M.A., 1996)

Modernización de la Gestión.

Se revisarán de leyes, decretos, acuerdo y resoluciones que apoyan y sustentan el manejo y la administración de la fauna silvestre para actualizar la normatividad, fortalecer las instituciones públicas y privadas, garantizar participación ciudadana y lograr un proceso de evaluación y seguimiento de la gestión (M.M.A., 1997)

Selección de Animales como Biomodelos

El empleo creciente modelos experimentales en investigación biomédica, ha puesto de manifiesto la importancia tanto de la patología comparada, como la de los animales de laboratorio. Si bien, en la investigación médica se han utilizado animales desde el siglo pasado, solamente finales del último decenio se ha suscitado interés por el estudio de enfermedades en animales de laboratorio y otras especies, por convención no consideradas como tales (vacas, ovejas, caballos, peces, animales silvestres), con el objeto estudiar enfermedades similares o idénticas a las del hombre (Cuba Caparo, 1982; Umaña, 1998).

Entre las múltiples ventajas que se derivan del estudio en los biomodelos, se mencionan las más importantes:

- a. La posibilidad de conocer la historia de la enfermedad, cuyas etiología, patogenia, sintomatología y evolución pueden mantenerse en condiciones experimentales sin influencia factores extraños que la modifique, en especial los provenientes de la terapéutica.
- b. La posibilidad de reproducir la enfermedad en forma experimental casi a voluntad, permite disponer de la casuística suficiente.
La posibilidad de hacer estudios fisiopatológicos y patológicos que son difíciles o inaccesibles en personas enfermas.
- c. La posibilidad de utilizar medios terapéuticos (medicamentos, cirugías, quimioterapias, etc.), cuya aplicación en la especie humana se considera peligrosa.
- d. La factibilidad de considerar factores ambientales (físicos y nutricionales,

entre otros) y genéticos, qué inciden en la evolución de las enfermedades.

- e. La posibilidad estudiar algunas enfermedades en razas de animales endocriadas, que ha abierto un inmenso campo investigación en la inmunología, oncología y sobre todo en las enfermedades hereditarias.

Las ventajas antes mencionadas se deben juzgar con todo cuidado y con riguroso sentido crítico.

La llamada extrapolación de resultados no es posible en aquellos casos, en donde no sea probado la identidad entre la enfermedad en el hombre y la del animal experimental (Umaña, 1998)

Utilización racional de Biomodelos de fauna Silvestre.

El incremento en el estudio de patologías individuales o colectivas en diferentes especies animales, contribuido significativamente al esclarecimiento de la patogénesis de algunas enfermedades de la especie humana. Se ha determinado que algunas especies animales son afectadas con agentes etiológicos de humanos, con similares o idénticos signos clínicos fisiopatológica y respuesta de algún tipo de terapia (Appleby, 1995; Cites, 1997; Umaña, 1984-1996-1993).

Históricamente, las medicinas veterinarias y humanas en venido desarrollando desde el año 1900 a.C en la cultura egipcia. De otro parte, tanto Hipócrates como Aristóteles, discute los síntomas y tratamiento de algunas enfermedades en humanos y animales (Cites, 1997).

Jones en 1950, presenta algunos procesos patológicos en enfermedades espontáneas en animales, que tenían alguna similitud con enfermedades en humanos. Por lo tanto, es de vital

importancia evaluar el componente científico de la extrapolación de datos obtenidos en animales para la comprensión de enfermedades humanas, aun cuando se utilizan especies alejadas filogenéticamente de la especie humana (Hampson, 1990; Kiirwood 1999; Ramírez, 1986; Umaña, 1984).

Fuentes de Biomodelos Animales

- **Animales domésticos:** Son aquellos que han sufrido un proceso de adaptación a las costumbres y hábitos de los humanos, y que regularmente los acompañó como mascotas o medios de producción (vacas, ovejas, caballos, cabras, perros, gatos, cerdos y pollos, entre otros).
- **Animales silvestres:** Son los que permanecen en su medio natural y que son utilizados principalmente como

mascotas y fuentes de nutrición de las comunidades nativas (primates, armadillos; roedores, venados, serpientes y felinos, entre otros).

- **Animales de laboratorio:** Son especies de los dos grupos anteriores que han sido objeto de modificaciones o adaptaciones provocadas por el hombre, y utilizan para ello medios de manipulación de los sistemas genéticos, nutricionales, ambientales y reproductivos (Stores, 1971; Umaña, 1984-1990-1998)

El modelo experimental animal ideal es aquel en donde la enfermedad se presenta de modo natural donde se puede inducir una enfermedad cuyas características sean idénticas o similares a las del hombre. Como estas condiciones no siempre se cumplen, necesario mantener colonias.

TABLA 1

Clasificación de enfermedades comunes a los biomodelos animales y la especie humana

ENFERMEDADES INFECCIOSAS	Bacterianas Víricas Parasitarias Micóticas
ENFERMEDADES NEOPLASICAS	Tumores causados por virus ARN Tumores causados por virus ADN Tumores causados por agentes físicos o químicos
ENFERMEDADES DEPENDIENTES DEL SISTEMA INMUNITARIO	Causadas por deficiencias de la respuesta inmune: inmunodeficiencias causadas por reacciones de hipersensibilidad, causadas por reacciones de hipersensibilidad, causadas por antígenos del propio individuo: autoinmunes Enfermedades diversas del complejo inmune
ENFERMEDADES CAUSADAS POR ALTERACIONES DE LA TRANSMISIÓN GENÉTICA	De los sexocromosomas De los autosomas No asociadas con alteraciones cromosomáticas
ENFERMEDADES CAUSADAS POR ALTERACIONES DEL METABOLISMOGENÉTICA	De los hidratos de carbono De los lípidos De las proteínas Deficiencias alimentarias de origen genético

Los animales silvestres constituyen a veces excelentes biomodelos, pero regularmente como ocurre con los primates, su alto costo, elevada mortalidad e infecciones propias de su especie, serias dificultades en reproducción en cautiverio, desconocimiento de su etología y de los hábitos sociales y alimenticios, dificultan la investigación científica (Umaña, 1984-1990-1990-1993-1998). Sin embargo, en la actualidad se han comenzado a superar esos problemas para afrontar la gran demanda de modelos experimentales animales.

En diversas especies de estos tres grupos, se apoyó desarrollar y probar hipótesis biológicas en los múltiples campos de la ciencia, lo cual ha per-

mitido catalogarlos como biomodelos animales.

Se han realizado diversas investigaciones en enfermedades que afectan al hombre, entre las que se destacan las de los sistemas musculoesquelético, cardiovascular, endocrino, gastroentérico, hematopoyético, nervioso, respiratorio, reproductor, urinario, ocular y dérmico.

En las últimas décadas ha tomado un gran impulso el empleo de especies silvestres en la investigación de enfermedades infecciosas tropicales y otras entidades patológicas (Umaña, 1998), según se aprecia en la tabla siguiente:

TABLA 2

INVESTIGACIÓN	ESPECIES
GERIATRÍA	PRIMATE (cacajao calvus) CHIGUIRO (Hydrochoerus hydrochaeris)
COLESTEROL	CHIMPANCÉ (Pan troglodytes)
DEFECTO SEPTAL AURICULAR	PRIMATE (Alouatta sp.)
ESTUDIOS CARDIOVASCULARES	BALLENA JOROBADA Y PRIMATES
FACTOR REUMATOIDE	PRIMATE (Alouatta sp.)
GESTION EMERAL	PRIMATE (Saimiri sp.)
HEPATITIS VIRICA	PRIMATE (Aotus sp, Saimiri sp)
IMPACTO AMBIENTAL	OSO DE ANTEOJOS (Tremarctos ornatus) CONDOR DE LOS ANDES (Vultur gryphus)
LEISHMANIASIS	MASURPIAL (Didelphis sp) y PRIMATES (Aotus s,p)
MICOBACTERIAS	ARMADILLOS Y PRIMATES
MALARIA	AVES, RATONES, PRIMATES (diferentes especies)
MOLUSCUM CONTAGIOSO	CHIMPANCÉ (Pan troglodytes)
PRODUCCION SUERO ANTIOFÍDICO	SERPIENTES (Crotalus sp, Bothrops sp, Lachesis sp)
PRODUCCIÓN SUERO ANTIARÁCNIDO	ESCORPIONES (Varias especies)

Investigaciones Biomédicas con Primates No Humanos Neotropicales.

En los últimos 20 años ha crecido de manera extraordinaria el uso de primates no humanos en la investigación biomédica. Estas investigaciones se iniciaron en el decenio de 1920 con los estudios del virus de la fiebre amarilla en Brasil y en el laboratorio Gorgas Panamá entre 1966 y 1973 se reportó un total de 200000 especímenes exportados desde Colombia para investigaciones biomédicas (OMS, 1977; Umaña, 1984-1991-1993-1996). A partir de tal comunicación, los reportes son muy fragmentario si coinciden con las legislaciones restrictivas para su exportación en la mayoría de los países sudamericanos, con excepción de algunos países que mantienen convenios de transferencias e investigación con instituciones internacionales.

Cómo se puede determinar, la utilización de animales silvestres en biomedicina ha tenido un amplio compromiso y un especial impacto en la depredación de algunas especies. Este hecho justifica el establecimiento de un programa escrito en cuanto a manejo, conservación y planes de cría en cautiverio y semicautiverio, para poder proteger ese valioso banco genético mundial y neotropical en particular, que contribuye afectivamente a la formulación de políticas de conservación y uso racional de este patrimonio.

Generalidades de la Ecoética

La Ecoética, surge como una respuesta a la problemática ambiental del entorno ecosistémico en general. y particularmente, lo concerniente a los países que poseen grandes bancos genéticos, que comúnmente encajan en los términos de megadiversidad o biodiversidad como acontece con Colombia y otros países del neotrópico. En consecuencia, se requiere una revisión de algunas formas modernas del pensamiento que permite abordar tal temática en forma integral e interdisciplinaria

y con una especial actitud, se logrará concertar políticas y estrategias de conservación y manejo sustentable soportado en un marco ético que se observe ponga a las tradicionales posiciones biopolíticas, por medio de grupos de trabajo interdisciplinarios e interinstitucionales.

Para lograr lo anterior, es necesaria una breve revisión sobre el pensamiento y propuesta de algunos estudiosos sobre el tema:

GARZÓN D., F.A., 1995, en un ensayo sobre el utilitarismo de Peter Singer y la pregunta por los animales basado en la obra ética práctica de Peter Singer 1995, examina el utilitarismo como una propuesta de ampliación de un sistema ético, para el caso particular de los animales

En síntesis, Garzón promueve la aplicación del principio de igualdad cuando hablamos de infringir sufrimiento. La teoría es en esencia sencilla el dolor y el sufrimiento son malos y deben evitarse o minimizar, sé independientemente de la raza del sexo o de la especie que los sufran. La gravedad del dolor, para Singer depende de su intensidad y de su duración; sin embargo un dolor de igual intensidad y duración es igual de perjudicial, tanto para los humanos como para los animales

La extensión del principio de igual consideración de interés, más allá de nuestra propia especie, plantea reflexiones importantes sobre la utilización de los animales los animales como alimento la experimentación en animales: los animales como mascotas o actos circenses el utilitarismo y su identidad rectora problemas del utilitarismo el utilitarismo y el sufrimiento animal; el utilitarismo y el matar; es correcto asignarle a los animales la misma entidad moral que la de los humanos y el respeto hacia los animales no es incompatible con el respeto a los seres humanos.

CELY G., G , 1995; En su artículo: la bioética al rescate de la biodiversidad natural y cultural plantea porque escribir un libro sobre temas de bioética ambiental existen tres razones primera porque nombre de la humanidad debemos pagar una deuda de gratitud histórica la naturaleza que ha sido la transmisora y fiel guardiana de la vida nuestra madre nutriente y nuestro hogar permanente. La bioética sabe agradecer con nobleza y reconoce honestamente los méritos a quienes los merecen segunda porque debemos tomar conciencia de nuestra arrogancia antropocentrista de occidente que nos ha llevado a cometer todo tipo de errores con el medio ambiente debemos arrepentirnos rendir excusas y buscar la manera eficaz de preservar y de restaurar los ecosistemas para devolverles la dignidad que les competen la bioética es autoconciencia y rectificación de las conductas humanas y la tercera razón para escribir este libro es para unir holísticamente lo ético con lo estético lo racional Colombia se enteró lo científico con lo lúdico lo conductual con el bienestar gratificante de la unidad cósmica que da sentido a la existencia

Porque visto así, la bioética es un saber de saberes que tiene en su perspectiva la búsqueda de la felicidad humana, en unidad corporativa con su entorno.

El autor plantea magistralmente la ciencia del saber, entrega así, la interdisciplinariedad el respeto a todas las posiciones culturales, religiosas ideológicas y conceptuales en búsqueda de planteamientos éticos razonables para la problemática ambiental.

Prosigue: “ Lo ambiental se inició con el milagroso Bing Bang cósmico hace 15mil millones de años. El planeta Tierra, nuestra casa, nuestro mundo más íntimo, nuestra misma mismidad, lleva volando 4500 millones de años por la Vía láctea. Y en el volar se ha tomado el tiempo necesario para inven-

tar milagrosamente las más increíbles formas de vida, haciendo derroche de su ingenio en 500millones de especies vegetales y animales, maternalmente acogidas en 510 millones de kilómetros cuadrados. Desafortunadamente, hoy solo conservamos 10 los 500 millones de especies y aproximadamente un millón han sido clasificados científicamente. en los bosques húmedo de los bosques tropicales vi el 70% de las especies; cada año se destruyen 17 millones de hectáreas de bosques tropicales de las cuales 600 mil son colombianas. Más de dos millones de pobres de 40 países tropicales del mundo ejercen presión directa sobre dichos territorios, a la vez que los países ricos del norte exploran afanosamente las selvas para explotar económicamente la biodiversidad y llenarse de patentes comerciales”.

La cifra de hectáreas destruidas en Colombia, va en ascenso con la frontera agropecuaria y con la proliferación de cultivos ilícitos y el trafico legal e ilegal del acervo genético de nuestras especies. Esta situación ha originado un mercado de biopiratería y la explosión del mas mal llamadas patentes biológicas.

“Las pruebas nucleares, los descuidos humanos en el uso dela energía atómica, los derrames de petróleo, los desechos tóxicos de la industria, la emisión de gases tales como el dióxido de carbono, el metano, el óxido nitroso y los clorofluorocarbonados, el uso de pesticidas y abonos químicos y la carrera armamentista han arruinado el ambiente y las tierras agrícolasmente productivas”.

En ese contexto, la Cumbre de la Tierra, en Rio de Janeiro, en junio de 1992, abordo las siguientes temáticas: declaración de la tierra, La Agenda 21 , la convención del cambio Climático Y la Convención de la Biodiversidad. El tema de la biodiversidad origino una de las más grandes y burladas discusiones y posibles concertaciones entre

los países desarrollados y en desarrollo, por lo cual el autor Cely plantea entre otras, las siguientes preguntas bioéticas: “¿Cuál es la legitimidad de obtener patentes comerciales sobre el mapeo y secuenciación del genoma de las especies animales (incluyendo la humana) y vegetales, a sabiendas que no han sido inventadas por el hombre y que por tanto no le pertenecen? ¿Qué intereses explícitos tienen los países industrializados sobre los recursos biológicos naturales de los países pobres, y en qué condiciones justas los van a adquirir? ¿Qué posibilidad tendrían los países del sur de tener acceso a la biotecnología desarrollada en los países ricos, que utilizan nuestros recursos de fauna y flora para áreas tan críticas como la creación de productos farmacéuticos o el desarrollo de fuentes alternativas de energía, el mejoramiento genético de especies agroalimentarias y la generación de nuevos alimentos? ¿Cómo hacer respetar el genoma humano de nuestras etnias y los conocimientos ancestrales de sus culturas sobre los usos exitosos de su entorno biótico? ¿Qué posibilidad tendrían países como Colombia de cambiar deuda externa por conservación de los ecosistemas, y de desarrollar capacidad científica propia en biotecnología, para hacer uso de su propia biodiversidad en beneficio de su propio desarrollo?” (Grubb, 1987; Hall, 1993).

Se podría agregar que las modificaciones genéticas generadas por manipulación derivan un incalculable poder económico y político y sería muy difícil que hubiese equidad entre las partes, particularmente en lo que atañe a los propietarios de ese patrimonio genético y su componente bioético.

Vargas R.,O., 1995, en notas para una Bioética ambiental, presenta una recopilación de las reflexiones de varios escritores, naturalistas, filósofos y poetas que han abordado los nuevos presupuestos de lo ético, para encontrar respuestas del sentido de la vida.

Así mismo, presenta una revisión sobre conceptos básicos de ecología. El mayor aporte es la presentación de algunos argumentos para la estructuración del pensamiento bioético en una perspectiva ecológica - evolutiva, así: “todas las especies tienen derecho a existir independiente de su utilidad para el hombre, todas las especies tienen complejas relaciones de interdependencia, todas las especies tienen derecho a evolucionar; los procesos de desarrollo de los ecosistemas deben ser respetados, la biodiversidad tiene un valor por sí misma y los seres humanos tenemos que cambiar comportamientos que estén atentados contra la vida”.

Se debe añadir que todas las formas de vida deben tener derechos y deberes equitativos y acordes con su entorno.

De Aragón, M.B., 1995, en su ensayo: La entropía y el buen uso de la energía, hace una reflexión de un gran contenido en la preservación y buen manejo de la energía; cuando declara: “Las implicaciones ambientales, tecnológicas, éticas y sociales de las leyes naturales se deben prever aun antes de ser puestas en prácticas las aplicaciones que de ellas se desprenden. Las leyes generales de la física son un buen ejemplo de como el conocimiento científico permite predecirse comportamiento y el devenir de los sistemas físicos”.

Ospina Dulce, B.; 1995 en su publicación Por el derecho a una vida sana, en un ambiente sano presenta un interesante tema para una toma de conciencia a la luz de los valores de nuestra comunidad para defender el valor de la vida y los derechos de las generaciones futuras. El derecho a la vida lleva inherente el derecho a una buena calidad de vida”. Trata entre otros aspectos la siguiente concepción científico-filosófica: el aumento progresivo del CO₂, atmosférico (efecto invernadero), la destrucción de la capa de ozono, la deforestación, el deterioro de la vida por la contaminación ambiental y lo que se

considera de mucha actualidad como la introducción de especies foráneas o genéticamente modificadas, aspecto sobre el cual plantea el siguiente interrogante: “ ¿Cómo se comportaran estos genes exógenos en el concierto genético de cada ecosistemas?”.

GARCIA C; G., 1995 en su presentación de Derechos Humanos y derechos de la Tierra: por un destino común, desde el sentido común, en términos generales presenta Un “planteamiento bioético el cual busca la integración dinámica entre la naturaleza MATERIAL (physys), la naturaleza biológica (bios) y la naturaleza humana (logos); entre historia natural (teleonomía) y proyecto humano (teología) en un contexto holístico de equilibrio dinámico (ecosfera)”. Propone casi una ruptura con los modos tradicionales de pensar de occidente y postula un reconocimiento del rol designada de la naturaleza en todo el contexto de vida, en fin, una autentica cultura por la vida.

Cartagena F,I 1995, en fe, experiencia del mal Y crisis ecológica indican formulaciones que pretende ubicar la situación de crisis ecológica en la dimensión de la crisis de la persona humana. El mal ha ido avasallando cada vez con mayor intensidad al hombre. Destaca que por consenso existen cuatro factores que son la “Punta del iceberg ecológico”: la contaminación, la superpoblación, la extenuación de los recursos naturales Y la carrera armamentista. Plantea como ofertas de solución: el antropocentrismo, el cosmo-centrismo y el humanismo creacionista o comprensión desmitificada del hombre y de la naturaleza.

RUEDA., E.A., 1995, En Crisis ambiental y posmodernidad: alternativas al desarrollo en América Latina, presenta un enfoque de la problemática ambiental desde el punto de dos variables: modernidad y pérdida de control de los recursos culturales . Relata el análisis de los mitos del desarrollo:

del crecimiento como solución a la pobreza, del crecimiento de las exportaciones como hito del desarrollo, de la modernización como única manera de mejorar la calidad de vida y el mito de la necesidad como ilimitada y creciente. Y finalmente, propone una puesta en escena y alternativas al desarrollo: la cultura como representación, los medios de comunicación y las instancias pedagógicas. Lo mas destacado es el reconocimiento de nuestras biodiversidades culturales y sus memorias para un desarrollo bioéticamente viable, lo cual remata con los siguientes cuestionamientos. “¿no es ello un objetivo deseable y necesario? ¿No es acaso apostar por la vida al reconocer biodiversidades culturales y alternativas simbólicas?”.

SALAS, J.C., 1995, señala irónicamente en su ponencia Aproximación Bioética a la legislación ecológica colombiana, que Colombia posee además de una megadiversidad, uno de los mejores y más infringidos código de la legislación medioambiental y de recursos naturales del planeta, lo cual exige una reflexión bioética. Igualmente indica que “la tradición jurídica occidental, desde sus inicios hasta el presente siglo, desconoció el tema medioambiental, ecológico y de recursos naturales, y aparece como un concepto instrumental y utilitarista de la naturaleza”. Concluye con dos términos de gran impacto que son la impunidad ecológica y el refuerzo de la educación ecológica en todos los niveles, disciplinas y profesiones.

CELY G., 1995, en su capítulo Meandros bioéticos de la Biotecnología, presenta los demás de mayor interés para los grupos de trabajo científico-académicos, dentro del contexto de la biotecnología, que son la manipulación genética, la introducción de formas foráneas integras o modificadas a zonas tan ricas pero a la vez tan frágiles como son los ecosistemas neotropicales; igualmente, analiza sus implicaciones bioéticas para las futuras generaciones, frente al próximo milenio.

Es por ello, que las apreciaciones del editor en este capítulo son de vital importancia, sin desconocer los aportes que tal tecnociencia ha hecho al desarrollo y bienestar de las especies animales y vegetales, pero evaluándola en una forma juiciosa y coherente.

La biotecnología es “un concepto envolvente de todo lo que podemos manipular (hacer algo con las manos o con instrumentos) en el material biológico, con objetivos utilitarios y profundamente pragmáticos, tanto en sus fines como en sus metas y procedimientos)”. Desde luego que tiene otras connotaciones que son objeto de grandes discusiones.

“La manipulación que la biotecnología ejerce en la materia viva, comprende los siguientes niveles fundamentales: aislamiento de células vivas de procedencia vegetal, animal y humana, y obtención de productos metabólicos de las células aisladas. La ingeniería genética ha venido en ayuda para especificar y sintetizar dichos productos metabólicos y las reacciones bioquímicas de dichas células, especialmente de tipo enzimático, con procedimientos muy eficientes que llevan la producción bioquímica a escala industrial”. La gran biodiversidad de nuestro entorno obedece prácticamente a un proceso biotecnológico de materia-energía de millones de años, pero sin manipulación del hombre. En tal sentido la tecnociencia o biotecnología ha permitido el desarrollo de múltiples avances, dentro de los cuales se destacan células como reactores biológicos para anticuerpos monoclonales, insulina, hormona del crecimiento, interferones, interleukinas, drogas molecularmente diseñadas y vacunas de ADN recombinante o de síntesis química. Además, ha contribuido significativamente a la criopreservación de germoplasma, mejoramiento genético vegetal y animal, y duplicación de genomas para favorecer características específicas.

Analiza algunos aspectos epistemológicos, tales como las posiciones que avalan éticamente a los investigadores: la autonomía investigativa, el desarrollo del conocimiento y el empirismo positivista.

El autor hace una precisión sobre “los campos que cubre la biotecnología ambiental, entre otros: protección, restauración y mejoramiento de la biodiversidad de un ecosistema; detectores ambientales para descontaminar, mediante la utilización de microorganismos con características filogenéticas del ARN (secuencias del RNA r) y secuenciamiento por hibridación del genoma; categorías de calidad de lo abiótico natural, frente a perturbaciones causadas por la actividad de fenómenos aleatorios, tanto naturales como humanos; bioquímica y biología molecular de la biodegradación; genética y bioquímica de microorganismos resistentes a metales pesados; biremedación como protección a los daños causados a la microflora y microfauna con el uso de exopolisacáridos; microorganismos para biodegradar contaminaciones; estrategias de control para las células manipuladas genéticamente, para los organismos transgénicos y para los posibles problemas ambientales; control biológico y desarrollo sustentable; biofertilizantes, bioinsecticidas y bioherbicidas; bancos de germoplasma. “¿Todo esto enmarcado en el ideario ético de los entes multinacionales productores y propietarios de dichas tecnologías de punta?

También expone algunas observaciones sobre la biotecnología en microbiología médica, de gran repercusión en la salud humana y animal y por último aborda el tema de la biotecnología en la ingeniería genética humana, con un valioso recorrido histórico desde Mendel (1822-1884), continua con Watson y Crick, 1944, y llega al proyecto del genoma humano, donde se plantea el reto de dilucidar el misterio

de la estructura y función de los 3.000 millones de pares de bases que lo constituyen. Allí hace una reflexión sobre la capacidad de bioética para disparar sus alarmas ante la insospechadas utilidades y alcances de la ingeniería genética, y frente a la experimentación humana, animal y vegetal. En este punto es preciso destacar la importancia de los comités de bioética que deben existir en todos los centros de investigación y de experimentación biomédica.

Las funciones de dichos comités son variadas y complejas, depende del ámbito donde operan y de la intención de sus creadores. Pueden dedicarse a descubrir los principios éticos de una profesión, redactar códigos éticos, supervisar acciones de los profesionales cuando se plantea algún problema moral y asesorar en el contexto ético a quienes trabajan en un campo determinado, y también sancionar conductas inmorales. Sin embargo, su tarea principal, es crear conciencia sobre los valores morales implicados en la forma de vida y en las decisiones de un ámbito sociocultural determinado.

Existente dos grandes categorías de Comités de Ética: la primera incluye Comités Éticos de Investigación Clínica (CIC), Comités Asistenciales de Ética (CAE) y Comités Nacionales (CN). La segunda categoría comprende los Comités de Ética en la experimentación animal (CEA), que tienen como funciones más relevantes: revisar los programas institucionales de cuidado y uso de animales, inspeccionar las facilidades (alojamiento, cuidados) de los animales, revisar los protocolos de investigación y, esencialmente, lo concerniente a la cualificación, entrenamiento de personal involucrado y el bienestar del animal (trauma, dolor, sufrimiento y eutanasia, entre otros).

**Generalidades de la Ecoética
Organizaciones Internacionales para la Información.**

Se relacionan las más importantes:

- Animal welfare information center (AWIC)
- Canadian council on animal care/ conseil canadien de protection des animaux (CCAC)
- Biologis-corporus legislativo sobre biodiversidad y el medio ambiente. Convenio Andres bello
- European centre for the validation of alternative methods (ECVAM)
- Fund for the replacement of animals in medical experimentation (FRAME)
- Institute for laboratory animal resources (ILAR)
- Johns Hopkins center of alternatives to animal testing (CAAT)
- International council for laboratory animal science (ICLAS) zebet: zentralstelle zur erfassung und bewertung von ersatz-und erganzungsmethoden zum tierversuch. (BIOLEGIS 1999; COLCIENCIAS, 1996; ECPDA, 1989; CEC, 1991).

Legislación Internacional

Se destacan las leyes o normas que han surgido a través del tiempo, con relación a las prácticas experimentales en animales:

- 1876, Cruelty to animal act (Inglaterra)
- 1911, Acta de protección de animales (Inglaterra)
- 1948, Acta de cirugía veterinaria (Inglaterra)

- 1954 y 1964, Acta de anestesia en animales de laboratorio (Inglaterra)
- 1966, Legislación de medicina y cirugía veterinaria (Inglaterra)
- 1986, The animals – Scientific procedures act (Inglaterra)
- 1959, Rusell y burch-alternativas-3rs: reducción, reemplazo y refinamiento.
- 1968, Canada council on animal care (Canadá)
- 1986, Directiva europea 86/609/eec (unión europea)
- 1966, The federal animal welfare act (USA)
- The public health service (PHS) policy on human care and use of laboratory animals (USA)
- Guía ilar (USA)
- Aaalac (asociación para la evaluación y acreditación de programas de cuidado animal (USA)
- American college of laboratory animal medicine (ACLAM) (USA)
- 1949 y 1985, Los principios directrices para la investigación biomédica que utiliza animales de laboratorio CIOMS, OMS, UNESCO.

Legislación Nacional Colombiana

En la legislación colombiana el primer movimiento que se configura en forma definitiva sobre el cuidado animal es la “ley de protección de los animales contra el sufrimiento y el dolor causados directa o indirectamente por el hombre” (Ley 84 de 1989) que adopta el Estatuto Nacional de Protección, crea unas contravenciones y regula lo concerniente a su procedimiento y

competencia (Biolegis, 1999; Chaparro (1997; MMA, 1997; CIDMS, 1996; Umaña, 1999).

Las características más sobresalientes de esta ley en cuanto a manejo de animales de laboratorio se pueden resumir de la siguiente forma:

En el capítulo primero la ley establece la protección de los animales en todo el territorio nacional, contra el sufrimiento y el dolor causados por el hombre. Promueve la salud y el bienestar de los animales, desarrolla programas educativos para respetarlos y cuidarlos y preservar la fauna salvaje.

En el capítulo segundo se hace referencia a los deberes para con los animales, indicando que toda persona está obligada a respetar y abstenerse de causar daño o lesión a cualquier animal y a denunciar al que lo hace; a proporcionarles las condiciones adecuadas, como bienestar, alimentación, bebida, medicamentos, abrigo e higiene.

En el capítulo tercero identifica las diferentes formas en que se pueden incurrir en el maltrato a los animales, de manera que se prohíbe desde su uso como espectáculos hasta su empleo de como medio de entretenimiento quirúrgico. Estos actos dañinos son dignos de sanciones.

Pero finalmente, la ley exceptúa de esta calificación a los eventos tradicionales en los que los animales son maltratados, tales como las corridas de toros, las riñas de gallos y el coleo, entre otros.

En el capítulo cuarto se tratan las penas y agravantes para quienes incurran en actos dañinos contra los animales.

En el capítulo quinto se indican las circunstancias en que se debe practicar del sacrificio de animales no destinados al consumo humano.

El capítulo sexto trata del uso de los animales vivos en experimentos e investigaciones. El artículo 23 señala que los experimentos que se lleven a cabo con animales vivos se realizarán únicamente con autorización previa del Ministerio de Salud Pública y sólo cuando tales actos sean imprescindibles para el estudio y avance de la ciencia, siempre y cuando esté demostrado lo siguiente:

- a. Que el resultado experimental no pueda obtenerse por otros procedimientos o alternativas.
- b. Que las experiencias sean necesarias para el control, prevención, diagnóstico o tratamiento de enfermedades que afectan al hombre o al animal.
- c. Que los experimentos no puedan ser sustituidos por cultivos de tejidos, modelos computarizados, dibujos, películas, fotografías, videos u otros procedimientos análogos

Artículo 24. El animal usado en cualquier experimento deberá colocarse bajo los efectos de anestesia lo suficientemente fuerte, para evitar el sufrimiento.

Si sus heridas son de consideración o implican mutilación grave, deberán sacrificarse inmediatamente al término del experimento.

Artículo 25. Se prohíben experimentos con animales vivos, como medio de ilustración de conferencias en facultades de medicina veterinaria, zootecnia, hospitales o laboratorios o en cualquier otro sitio dedicado al aprendizaje, o con el propósito de obtener destreza manual.

Los experimentos de investigaciones se llevarán a cabo, únicamente, en los laboratorios autorizados por el Ministerio de Salud Pública y en lo pertinente al decreto 1608 de 1978.

También se prohíben el uso de animales vivo en los siguientes casos:

- a. Cuando los resultados del experimento se conocen con anterioridad.
- b. Cuando el experimento no tiene un fin científico y, especialmente, cuando está orientado hacia la actividad comercial:
- c. En caso de que los experimentos que se vayan a realizar, se practiquen con animales vivo de grado superior en la escala zoológica. Según la naturaleza de la experiencia.

El capítulo séptimo puntualiza que el transporte o traslado de animales, obliga a quien lo realiza a emplear procedimientos que no entrañen crueldad, malos tratos, fatiga extrema o carencia de descanso, bebida y alimento para los mismos.

El capítulo octavo se reglamenta la caza y pesca de animales silvestres, bravo o salvajes. La caza se permite únicamente con fines de subsistencia (siempre y cuando la especie no se encuentre en vía de extinción) y con fines científicos, de control, educativos, deportivos o de fomento.

Los capítulos novenos y decimo tratan de ciertas disposiciones que perfeccionan las condiciones, características y procedimientos ejecutivos o de fomento.

Posteriormente, solo hasta 1993, el gobierno toma cartas en este Asunto a través del Ministerio de Salud, bajo la coordinación de la Dirección de Desarrollo Científico y Tecnológico Y reglamenta la Ley 84 de 1989, por medio de la resolución 008430 de 1993, que expide normas científicas, técnica y administrativas para la investigación en salud. La sección correspondiente a la investigación biomédica con animales

se estudia bajo el título V que reglamenta aspectos relativos a la decisión de utilizar animales de laboratorio en proyectos de investigación.

El artículo 87 determina la forma en que deben utilizarse los animales de laboratorio; antes de usarlos el investigador es compelido a buscar métodos alternativos de reemplazo.

Su uso, cuando sea necesario, deberá estar válidamente justificado; la especie, calidad y cantidad deberán ser las apropiadas; asegurar que la adquisición legal, el mantenimiento correcto, el manejo ético y el conocimiento de los procedimientos que se creen causaran dolor y la consecuente toma de medidas para su alivio o apropiado sacrificio. Igualmente contempla el aseguramiento de la calificación del personal que maneja estos animales y en cualquier caso excepcional se deberá proceder de conformidad con el Comité de Ética.

Los artículos 88 y 89 se definen los fundamentos sobre los cuales se acepta el uso de animales de laboratorio para investigaciones biomédicas; la comprensión y avance del conocimiento y la aplicación del principio de las tres erres.

Los artículos 90 y 91 señalan las condiciones en que deben funcionar los bioterios de producción, el mantenimiento crónico y personal encargado de la supervisión del bioterio.

Los Artículos 92 y 93, se refieren a las medidas de seguridad para el personal que manipula animales de laboratorio, lo mismo que el cuidado y manejo de estos animales.

Requerimientos Actuales: Buenas Prácticas de Laboratorio (BPL)

Son sistemas de organización y condiciones bajo las cuales los estudios de planifican, realizan, controlan, regis-

tran y presentan. Su objetivo principal es asegurar la calidad e integridad de todos los datos obtenidos durante un estudio determinado.

Tienen un carácter normativo que describe un contexto en el que pueden estructurarse de forma flexible, o bien, mantenerse estrictamente. Debe garantizar la calidad de todos los ensayos no *- clínicos que se realicen con productos o preparados que se ofrezcan a terceros. Este principio Sergio a principios del 70, en 1983, La OMS promovió la elaboración de un Manual BPL para control de medicamentos (CIOMS, 1996).

Posteriormente, ante el mal diseño, irresponsabilidad del personal y falta de revisión crítica de los datos y estudios invalidados, fue necesario plantear la elaboración de las Buenas prácticas de Laboratorio y Animales de laboratorio, y los procedimientos Operativos estandarizados (POS) para el manejo de animales de laboratorio.

Buenas Prácticas de Investigación

Se enmarcan en la filosofía de la integridad de la práctica de la investigación como herramienta fundamental para la búsqueda de nuevo conocimiento y se estudia la supervisión del personal relacionado con animales para la investigación, manejo de registros científicos, prácticas de publicación, investigación clínica básica y uso de animales en investigación. Tal reglamentación debe estar en concordancia con la correspondiente legislación del respectivo país.

La Ecoética y La Universidad

Sin importar la diversidad de objetos del conocimiento, procedimientos metodológicos y fundamentales epistemológicos, en la universidad nos reúne la búsqueda de un saber universal sobre el hombre y le mundo; es el espacio para desarrollar la investigación pura y apli-

cada, para buscar la verdad y ponerla al servicio del hombre y del medio, para integrar el conocimiento interdisciplinario.

El vertiginoso avance de la ciencia y la tecnología transforma las sociedades y las culturas, por lo que se ha convertido en un importante elemento de poder.

La universidad está en una situación muy particular en relación con los problemas planteados actualmente por la tecnociencia y su utilización en uno de los países de más alta biodiversidad. Le corresponden desarrollar investigaciones y prácticas docentes (laboratorio y campo), en las que se aplican procedimientos con los seres vivos, se evalúa la biodiversidad y se estudian los ecosistemas, se usan y conservan los recursos naturales, se analizan las consecuencias de la aplicación tecnológica sobre el medio; y se advierte a la sociedad sobre las implicaciones y efectos que el desarrollo tecnocientífico ocasiona sobre la vida en general y sobre la vida humana en particular (VARGAS, 1995).

En su condición de institución de educación superior, la universidad constituye por excelencia el escenario ideal, para llevar a cabo la reflexión sobre las implicaciones éticas de la tecnociencia en el futuro de la humanidad y particularmente de los colombianos, con los partícipes o víctimas de su desarrollo, para propiciar la reflexión de los saberes científicos y humanísticos, para enfrentar el desarrollo actual y considerar no solo el punto de vista antropocéntrico, sino la bioética en su sentido más amplio, lo mismo de que la biosfera y la intervención humana sobre la vida.

La universidad debe propiciar la reflexión entre los saberes científico y humanístico para que la sociedad no se siga desarrollando a espaldas de los

desarrollos tecnocientíficos con unos valores éticos obsoletos. La ética no debe referirse únicamente al hombre, sino que debe referirse únicamente al hombre, sino que debe ampliar su consideración al conjunto de la biosfera; es decir, a cualquier intervención del hombre sobre la vida en general.

Además, la universidad debe propiciar el desarrollo de cátedras de bioética en pregrado y postgrado, y tener una reflexión permanente en los departamentos en donde sea evidente la necesidad de una formación integral sobre estos temas.

La creación de un Comité de Bioética, en la universidad, se plantea como una estrategia aceptable para debatir con sentido pluralista y responsable situaciones que exijan la toma de decisiones complejas, con respecto a cuestiones que tiene que ver con: Los fundamentos de la bioética (concepto, sentido, y valor de la vida y de la diversidad biológica y cultural; la responsabilidad ética y científica del investigador y su actitud ante la naturaleza).

La bioética aplicada a la experimentación de los seres humanos, animales, plantas y microorganismos, la procreación artificial, el medio ambiente (violencia, desechos, crecimiento poblacional humano, desarrollo sostenible, contaminación ambiental, integridad y restauración de los ecosistemas, desechos de futuras generaciones); la manipulación genética y las patentes de genes y organismos.

La ética profesional (formulación de proyectos, evaluación de informes, dirección de trabajos de grados y tesis, publicaciones, docencia, prácticas de laboratorio salida de campo, ejecución de convenios de cooperación y planes de estudio.

Instrucciones para autores de la revista "Academia Colombiana de Ciencias Veterinarias"

Estas orientaciones son básicas para dar a la publicación un ordenamiento armonizado que facilite su identificación y evaluación tanto de calidad de los contenidos su pertinencia y presentación.

Estas instrucciones son de obligatorio cumplimiento.

Todos los documentos que se presenten para publicación deben ser inédito.

La carta remisoría firmada por todos los autores y el artículo cuando sea necesario debe describir la manera como se han aplicado las normas nacionales e internacionales de ética, e indicar que los autores no tienen conflictos de interés .

La revista de la academia colombiana de la ciencia veterinaria es el órgano de difusión de resultados de investigación científicas tecnológicas crónicas, artículos de opinión, notas históricas y temas afines en los que se involucran las ciencias veterinarias.

Los editores de la revista evalúan el mérito científico de los artículos y luego son sometidos a la revisión por parte del comité de arbitramento. La revista admite comentarios y opiniones que disientan con el tema material publicado, acepta retracciones argumentadas de los autores y corregirá oportunamente los errores tipográficos o de otros tipos que puedan haber cometido al publicar un artículo.

Secciones: Editorial, artículos científicos sobre temas generales, ensayos, educación reseñas crónicas, revisiones del estado del arte, reporte y análisis del caso, transcripción de documentos históricos y cartas.

Estilo del manuscrito: debe ser claro, escrito al doble espacio, arial 12. Las pági-

nas deben enumerarse el lado izquierdo inferior.

Especificaciones: todo el manuscrito, incluyendo referencia y tabla deben ser elaborados en el papel tamaño carta en tinta negra, por una sola cara de la hoja, a doble espacio. Los márgenes deben ser de 3cm y las páginas se enumeran consecutivamente incluyendo todo el material.

Se debe enviar el original del manuscrito, dos fotocopias y un CD con el respectivo archivo obtenido por medio de un procesador de palabras

Tablas leyendas, leyendas de las tablas, figuras y leyendas de las figuras. Las comunicaciones cortas, los artículos de opinión y de debate podrán presentar modificaciones con respecto a este esquema general.

Organización del documento: Título: debe ser claro y conciso; con 14 palabras como máximo en línea siguiente: iniciales del nombre y primer apellido del autor o autores. Nombre de la institución, departamento, seccional en la que se realizó el trabajo. Si es un trabajo institucional. No se incluyen títulos académicos.

Resumen: se presenta en un máximo de 250 palabras en español y en inglés. Se consigna en forma concisa. La definición del problema, objetivo que se pretende metodología empleada resultados y conclusiones. No se incluye información conocida, ni abreviaturas ni referencias.

Palabras claves: vocablos representativos del tema 3 a 7.

Notas al pie: debe referirse al autor, título, vinculación institucional, dirección electrónica o frases aclaratorias.

Introducción: naturaleza y propósito del trabajo y cita a los trabajos importantes del otros y propios al tema de la referencia.

Materiales y métodos: descripciones de metodología cuantitativas y cualitativas, aparatos y procedimientos con detalle para permitir que otros pueden reproducir los resultados.

Resultados: deben ser presentados en forma concisa que permita comprender los hallazgos o avances sobre el tema. Sin repetir los datos de las tablas.

Discusión: interpretación de los resultados y una síntesis del análisis comparativo de los resultados con la literatura más reciente. Los resultados y la discusión se deben presentar en capítulos aparte.

Los ensayos, revisión del estado del arte, notas técnicas, no tiene un formato establecido, pero deben cumplir las normas de citación de la revista.

Agradecimientos. La información adicional relacionada con el apoyo o colaboración obtenida en el proceso del estudio del tema.

Características de los documentos par la publicación.

Artículos de investigación científica tecnológica: la estructura utilizada consta de: Resumen (español e inglés) introducción, metodología, resultado, discusión, conclusiones. Agradecimientos y referencias,

Tablas, leyendas de las tablas, figuras y leyendas de las figuras, las comunicaciones cortas, los artículos del opinión y de debate podrán presentar modificaciones con respecto a este esquema general.

Artículos de reflexión: análisis de resultados de investigaciones, argumentos y conclusiones sobre un tema específico con base a fuentes originales.

Revisión del estado del arte: resultado de investigación cualitativa-cuantitativa cualitativa -cuantitativa donde se realizan y se integran resultados de investigaciones públicas o no sobre un campo determinado con el propósito de predecir o expresar avances o tendencias de desarrollo.

Revisión del tema: escrito durante la revisión crítica de la literatura sobre un tema en particular.

Reporte de caso: documento que presenta los resultados de un estudio sobre una situación particular con el fin de dar a conocer experiencias técnicas, conceptos. Incluye una revisión sistemática comentada de literatura sobre casos análogos

Crónica descripción histórica, analítica de hechos destacados de un personaje, del país, región, empresa o proyecto sus resultados e impacto social, económico y/o político: vida y obra de un personaje

Notas científicas o técnicas: documento descriptivo y analítico que comunica resultados preliminares, tendencias o hallazgos sobre un problema determinado

Cartas al editor: manifestaciones, críticas, analíticas o interpretativas sobre documentos publicados en la revista que constituyen aportes a discusión del tema por parte de la comunidad científica.

Editorial: documento escrito por el editor, un miembro dl comité editorial u otro invitado sobre el panorama general del contenido de la edición correspondiente.

Presentación: una página del editor en la cual presenta una breve nota de cada artículo y comentario adicional sobre el contenido de la edición

Transcripción: de un texto histórico o traducción de un texto clásico o de interés particular en el dominio de publicación de la revista.

Referencia bibliográfica: se indicaran en el texto numeradas consecutivamente en el orden en que aparezcan por medio de los números arábigos colocados entre paréntesis. La lista de referencia se indicara en una hoja aparte al final del artículo.

Citar únicamente las referencias utilizadas verificar cuidadosamente el manuscrito y las fechas que coincidan tanto en el texto como en la lista de referencian.

En el texto se debe referir al apellido del autor y el año. Ejemplo: desde que Kant (1720) planeó que´

Las citas deben ser ordenadas alfabéticamente por el nombre del autor y cuando se hacen citas del mismo autor y cuando se hacen citas del mismo autor se presentan cronológicamente. Las publicaciones del mismo autor en un mismo año deben citarse 1988^a, 1998b, 1998c.

Artículos de revista: apellidos e iniciales del nombre del autor o autores, nombres del artículo, nombre de la revista, volumen, numero, (año): número de páginas del artículo.

Ejemplo: paskalev, A.Kwe and they: animal welfare in the era of advanced agricultural biotechnology. Livestock science, N.103 (2006)35-41

Libros Apellidos e inicial dl nombre del autor o autores, nombre del libro, número de edición si es diferente a la primera editorial, ciudad u d.

Ejemplo: Bloch m. La Historia Rural Francesa Editorial Crítica. Barcelona. Pp.:23-65 1978

Consulta de artículos publicados en la WEB: autor/editor, si es posible, título de la página (medio de publicación). Entidad que publica la página URL (protocolo:/ /site/pat/file) (fecha de acceso).

Ejemplo: dudoit S, yang YH, and Callow MJ Statistical methods for identifying defferentially expressed genes in replicacated Cdna microarray experiments (Online). Deot of Statistics, Univ. Of California at Berkeley. <http://www.stat.berkeley.edu/users/terry/zarray/Html/matt.html>. (3 sept 2000).

Trabajo para optar a grado académico: apellido e inicial del nombre. Nombre de la tesis o trabajo para grado. Título académico. Nombre de la universidad. Año

Ejemplo: Valenzuela, C. análisis social de la política de investigación de Colombia. Tesis. Maestría en Educación Universitaria. Universidad de los andes 2009.

Conferencia: apellido e inicial del nombre del conferencista. Título de la ponencia. Evento. Entidad responsable, lugar. Año.

Santos D. "análisis de la pertinencia de los programas de formación Universitaria en los Países Andinos" congreso iberoamericano de educación Superior. Convenio Andrés Bello Lima. 2008

Tablas: cada una de las tablas será citada en el texto con un número y en el orden en que aparezcan y se deben presentar en hoja aparte, identificando con el mismo número. Utilice únicamente líneas horizontales para elaborar la tabla.

Figuras: las figuras serán citadas en el texto en el orden en que aparezcan. Las fotos (solo blanco y negro), dibujos y figuras generadas por medio de computador deben ser de alta resolución y alta calidad

Entrega manuscrito: lemomvz@gmail.com

Editorial	7
Presentación	9

Ensayos

<i>Breves anotaciones sobre la Tensión Epistémica de la Agroecología</i> Leyson Jimmy Lugo Perea	19
<i>Teorías rivales dentro de las ciencias ambientales</i> Andrés Felipe Montoya Rendón / Luis Fernando Gómez	30
<i>Las generaciones de las vacunas: Caso de vacunas antiparasitarias gastrointestinales utilizadas en Medicina Veterinaria</i> Laura Daniela Prieto Prieto / Lina Maria Vargas Borda / Dumar A. Jaramillo Hernández	44

Crónicas de la Academia

<i>Palabras de bienvenida</i>	61
<i>Presentación de la Doctora Julia Teresa Bedoya Mashuth</i>	62
<i>Presentación del Doctor Leyson Jimmy Lugo Perea</i>	64
<i>Presentación del Doctor Lacides Serrano Vega</i>	66
<i>La genómica, la proteómica y la bioinformática en el desarrollo de las ciencias veterinarias y animales en el siglo XXI</i>	67
<i>Las biotecnologías productoras de alimentos y sus impactos ético-culturales</i>	88
<i>Biodiversidad y bioética</i>	102
<i>Instrucciones para autores de la revista</i>	121