

Las modificaciones genéticas, su historia e implicaciones éticas en el campo científico contemporáneo

Genetic Modifications, their History and Ethical Implications in the Contemporary Scientific Field.

Sindy Milena Cortés Moreno, Gloria Inés Escobar Gil

Facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidad Pedagógica Nacional. Colombia.

sindymilenacortes20@gmail.com

Recibido 31/05/2016 – Aceptado 30/09/2016

Resumen

La historia del hombre en la tierra ha significado una transformación de lo vivo y la vida. Sus prácticas han incidido en la configuración de la naturaleza así, desde la domesticación de animales y plantas, la invención de la agricultura y la llegada de métodos como la fermentación y la hibridación, desencadenaron las modificaciones genéticas en la ciencia, particularmente en la actual genética, ampliando la comprensión de lo diminuto, dando paso a disciplinas que experimentarían con la vida. Así pues, las manipulaciones genéticas entran a manos de la biotecnología, la cual se ha encargado de dilatar el mercado de organismos modificados genéticamente. De acuerdo a esto y atendiendo a las supuestas afecciones negativas que deja el uso de estos organismos, se cuestiona la ética profesional de quienes alteran y distribuyen tales organismos, determinando además, la complejidad de abordar este tema en la escuela y las posibilidades de la biotecnología en la educación.

Palabras clave: Domesticación, Historia, Modificaciones Genéticas, Implicaciones Éticas, Formación Escolar.

Abstract

The history of human beings on earth has meant a transformation of living matter and life. For centuries, their practices have influenced nature. In this way, since the domestication of animals and plants, the invention of agriculture, and the arrival of certain methods such as fermentation and hybridization, they deliberately unleash genetic modifications in the scientific field, particularly in current genetics, which expands the understanding of tiny things, giving way to disciplines that would experiment with life. Thus, genetic manipulations would come within the reach of biotechnology, which has been in charge of expanding the market of genetically modified organisms. Accordingly and in response to the alleged negative conditions resulting from the use of these organisms, the professional ethics of those who alter and distribute such organisms is being questioned, also determining the complexity of addressing this issue at school and the possibilities of biotechnology in education.

Keywords: Domestication, History, Genetic Modifications, Ethical Implications, School Training.

Introducción

La Genética se estableció como una disciplina de la Biología hacia inicios del siglo pasado, enmarcada en el estudio de la herencia y sus variaciones, desde el nivel más diminuto de un organismo como la célula, hasta investigaciones en poblaciones que conforman una especie determinada. La constitución de esta rama entonces, marca el inicio de una serie de grandes descubrimientos para la ciencia y la medicina, lo cual trae consigo una nueva forma de entender y representar lo vivo. Empero, revela la vulnerabilidad de la vida misma, como consecuencia del beneficio y curiosidad del humano al querer explicar cómo se modifican las características de los seres vivos y reconocer cuáles son sus resultados.

Ahora bien, es importante aclarar que las modificaciones o manipulaciones genéticas no emergen con el establecimiento de la genética misma. Contrario a lo que se pensaba, estas variaciones genotípicas de los seres vivos se han venido dando a largo de la historia del hombre. Este último es quien se ha encargado por siglos, con sus prácticas principalmente de domesticación y de tipo agrícola, de generar cambios en la fauna y flora del planeta, con el fin de garantizar su supervivencia y mejorar los cultivos y las razas de los animales. En relación a esto se plantea a continuación la tesis y el eje transversal durante el desarrollo de todo el texto: "reconocer la historia de las modificaciones genéticas en los organismos provocadas por el humano, así como identificar el tránsito de sus implicaciones éticas, en el campo científico y esbozar las posibilidades de la biotecnología en la educación".

Antes de iniciar con el recorrido histórico de las manipulaciones en el genoma de los organismos, es importante reconocer que tales modificaciones se entienden como la técnica dirigida a modificar la información hereditaria o del genoma de un individuo, con el propósito de superar enfermedades, mejorar el organismo o por el simple hecho de experimentar, consiguiendo así un individuo con nuevas características.

Recorrido histórico de las modificaciones genéticas

Este fenómeno tan controversial en la actualidad data de una práctica milenaria, que entre otras, según Díaz (2010), se convirtió en la invención más importante de la raza humana; la domesticación de plantas y animales, dio paso a nuevas maneras de vida, pero también consagró el inicio de "algunas formas de manipulación" del hombre sobre la naturaleza. Según explican Zizumbo y Colunga (2008) hacia aproximadamente el holoceno desde el 10.000 hasta el 5000 A.P, se dio de forma independiente en diferentes regiones tropicales y subtropicales del mundo, donde se asentaban diferentes comunidades, procesos de manejo y selección de organismos que provocó el origen de la agricultura y la domesticación de vegetales y animales. Esta domesticación surge al parecer de una necesidad, dado que las poblaciones de estas zonas se encontraron con una disminución de recursos proteínicos, además, se generaron presiones ambientales que pusieron en riesgo la disponibilidad de los recursos. Por tal razón, las comunidades humanas deciden

transformar sus técnicas de alimentación y pasan de ser recolectores-cazadores a ser cultivadores agrícolas, donde intensificaron su producción de alimentos.

En apoyo a lo anterior, Zizumbo y Colunga (2008) consideran el manejo de organismos como una acción agrícola, que constituyó una serie de modificaciones al ambiente que realizaron las comunidades humanas de manera deliberada, favoreciendo la supervivencia y producción de las plantas seleccionadas, asegurando también su propia estabilidad ante los cambios climáticos y ambientales del momento. Estas formas de manejo, menciona Díaz (2010), dan respuesta a lo que se denomina cultivo, y corresponde sólo para las plantas y vegetales. La domesticación, por su parte, es considerada por el autor como un proceso evolutivo que se da a causa de manipular los genotipos animales o vegetales, realizada por los hombres para la crianza.

En esta medida, Casas y Caballero (1995) sugieren que el manejo de la vegetación y los procesos de selección artificial de plantas permitieron la domesticación de la vegetación, considerando que *"incrementar el número de fenotipos deseados mediante la tolerancia selectiva, fomentando la inducción y protección in situ de tales fenotipos"* posibilitó eliminar las plantas no útiles, lo cual también permitió un mayor cruce entre fenotipos de plantas deseables y por tanto posibilitó incrementar *"la disponibilidad de productos deseables en las poblaciones y comunidades vegetales"*. Empero, se reconoce que el proceso de domesticación en un primer momento se dio por causas indirectas, pero con el paso del tiempo, el desarrollo de técnicas en los grupos humanos y el despliegue de sus conocimientos en términos de ambientes, animales y plantas, le permitió al hombre, según los autores *"manejar, tanto ambientes como genotipos de plantas"*.

Esta manipulación que llevó a cabo el humano sobre el ambiente, fue denominado por Casas y Caballero (1995), "domesticación ambiental". Ello significa considerar que en el pasado también existió una perturbación de la naturaleza por parte de la mano humana, lo cual alteró las interrelaciones entre los diferentes organismos, causando daños ecológicos y dejando como resultado modificaciones genéticas en cada una de las especies, por tanto en el ambiente mismo se desarrolló una etapa de selección artificial in situ, y posteriormente ex situ, permitiendo al hombre intensificar la manipulación genética de las generaciones de plantas, satisfaciendo así las necesidades humanas.

Cabe señalar que las primeras plantas domesticadas para la zona Mesoamericana fueron el maíz, el frijol, y la calabaza, las cuales eran plantas silvestres hace unos 10.000 años y hoy en día son plantas fundamentales para la nutrición de las sociedades humanas, por lo menos de este lado del continente. Ahora bien, considerar domesticada una planta se establece partiendo de la diferenciación de rasgos entre la planta pariente silvestre (original) rasgos como: el incremento del tamaño de la planta, cambios en el tipo de germinación, cambios en el número de ramas, sincronización en la obtención de frutos (tiempo de cosecha), pérdida del sistema de latencia en las semillas, así como pérdida en la capacidad de mecanismos de defensa contra diferentes enemigos de tipo natural. Esta transformación de rasgos, de acuerdo con Díaz (2010), fue requerida, para el establecimiento de los cultivos, permitiendo cosechar en determinados tiempos y aumentar la producción en biomasa de dichos alimentos.

Por su parte, la domesticación de animales permitió al hombre moderno del Holoceno, como se mencionó en un inicio, pasar del cazador-recolector al cultivador-pastor. Ello implicó según Camps (2005), una transformación radical en el sistema cognitivo del humano, donde el animal ya no era visto sólo como un alimento para obtener energía, sino que descubriría que con su domesticación, podría ahorrar energía, puesto que posibilitaría emplearse para el trabajo, como transporte o herramienta de labranza, además de ser fuente de leche, cueros y pieles. El primer animal domesticado, explica Camps (2005) fue el lobo, que posteriormente con el cambio de sus caracteres genotípicos daría paso al perro, un amplio grupo en la actualidad. Ya para el neolítico, los perros eran utilizados para la guarda y la caza. La domesticación de los animales consistió en seleccionar los menos agresivos e irlos iniciando en diferentes tareas. Para el 3.000 A.P, los caninos ya poseían entre sus características manchas de varios colores, patas cortas y orejas caídas. Otros de los animales silvestres que inicialmente fueron seleccionados y domesticados con el paso de los años fueron las ovejas, los asnos y las cabras, los cuales han sido utilizados para beneficio y requerimiento agrícolas del hombre.

Desde ese momento, las modificaciones genéticas ejercidas por el hombre de manera directa como indirecta, aumentarían exponencialmente, favoreciendo el establecimiento de los grupos humanos, grupos que desarrollarían un sistema cultural, social, político y educativo, no en vano Díaz (2010), menciona que la domesticación de plantas y animales y posterior constitución de la agricultura sería el invento más importante del hombre en toda su historia. No obstante, pondría en ascenso la idea antropocéntrica, donde el humano está sobre la naturaleza, el cual puede hacer uso de ella, como mejor le convenga.

Continuando en el marco de las modificaciones genéticas provocadas por el hombre, Díaz (2010) menciona que la relación de conocimiento biológico y ecológico que se teje entre el hombre y particularmente el reino vegetal, sería una hecho potencial para que muchos siglos después se empezara el estudio de la herencia y sus principios con plantas. Esto se da de tal manera que el conocimiento científico recabaría en lo más profundo de la genética, hasta llegar al supuesto mejoramiento de los organismos.

Teniendo en cuenta lo anterior, siglos después de domesticadas plantas y animales sería la curiosidad humana la que definiría el inicio de una rama transcendental en tiempos contemporáneos. Puesto que hacia finales del siglo XVIII ya algunos científicos buscaban dar respuesta al fenómeno de la herencia de caracteres que se transmiten de generación en generación, en ese período, menciona Barahona y Ayala (2009), se realizaron con el liderazgo del alemán Joseph Kólreuter, un importante número de cruces para la planta del tabaco y otras 138 especies, provocando alrededor de 500 hibridaciones. Para ese entonces, la comunidad científica avaló y reconoció que dichos estudios basados en la manipulación y cruce del material genético de los organismos ampliaron la comprensión en tanto reproducción de plantas. Posteriormente, los naturalistas enfocaron su interés de acuerdo con Barahona y Ayala (2009) "*en la naturaleza de las especies con el objetivo del mejoramiento de los cultivos y los cruces de plantas*", de tal manera que empezaron a preocuparse por los beneficios de tipo comercial e industrial, al analizar caracteres específicos, como el que llevó a cabo el botánico Thomas Andrew Knight, con el estudio

de las variedades de árboles frutales. Así pues, hacia el final del siglo XVII y el comienzo del siglo XIX desencadenaron investigaciones y cuestionamientos en torno a la herencia generacional de los organismos.

Sin embargo, uno de los más importantes hallazgos para la consolidación de la genética se da para la mitad siglo XIX, a partir del estudio, podría decirse, de las primeras modificaciones genéticas llevadas a cabo de manera deliberada por el humano, en este caso por el sacerdote Gregor Mendel, según Vallejo (2002) realizó una serie de cruces específicos con la planta de la arveja (*Pisumsativum*), donde trabajó la transmisión de siete caracteres en dicha planta con el fin de descubrir las características genotípicas determinantes para los rasgos fenotípicos de los seres vivos. Sin embargo, luego de 30 años de publicado el trabajo realizado por Mendel, es descubierto por el mismo hombre que denominaría a esta nueva ciencia como Genética.

Dicha investigación no sólo llegaría a establecerse como un pilar para la genética clásica, sino que en el futuro permitiría cumplir con el deseo puesto de manifiesto desde hace más de un siglo: ampliar el sector comercial a través de alteraciones genéticas, en busca de un beneficio netamente antropocéntrico, de tal manera que el abrir una ventana a la producción de alimentos de mejor calidad, con una mayor variedad de semillas, ascendería la economía en el mundo “desarrollado”, brindaría además a las áreas como la medicina y la ciencia un campo de descubrimientos que pondría a luz del público en general una manifestación ética del trabajo científico. Cabe entonces preguntarse, ¿por qué la sobresaliente experimentación alrededor de las manipulaciones genéticas que empezó a llevarse a cabo hace más de 2 siglos, no tuvo manifestación entre la comunidad científica? Acaso la cima del conocimiento científico y sus intereses requieren sobreponerse sobre la propia vida.

Así pues, la historia y el establecimiento de esta nueva disciplina para el siglo XX, estaría marcada por tres momentos o periodos que se caracterizaron por diferentes hallazgos, dados en su mayoría por prácticas experimentales. En esta medida, Cruz-Coke (1999) explica, que durante las tres primeras décadas se desarrolló una época clásica fundacional; posteriormente, entre los años 1940 hasta aproximadamente 1970 se encontró una época “intermedia” la cual se caracterizó por diferentes descubrimientos de nivel molecular. Por último, a partir de 1970, se estableció la época contemporánea donde la curiosidad por descifrar la genética del hombre y demás seres vivos ha permitido profundizar en el conocimiento del genoma, a través del auge de acciones como la manipulación genética.

En este orden, la época clásica o fundacional se iniciaría con el origen formal de la genética. De acuerdo con Cruz-Coke (1999), en 1900 los biólogos De Vries, Correns y Tschermak, en compañía de genetistas clásicos como Morgan, Muller, Fisher y Weinberg serían quienes redescubrirían después de 30 años las leyes del Sacerdote Gregor Mendel, expandiendo y aplicando sus teorías a campos como la medicina, zoología y botánica. En 1902 William Bateson propone como nombre a esta nueva disciplina “Genética”; también se descubren los cromosomas y sus implicaciones en la herencia. Asimismo, a través de los mapas genéticos encuentran que tales cromosomas están dispuestos de forma lineal. Para los 30’, existe un reconocimiento de la acción de entrecruzamiento entre genes, capacidad

que descubrirían los científicos y más adelante sería la principal causa del proyecto denominado recombinación de ARN.

Este es un hecho que permite cuestionarse si con estos hallazgos, los científicos especialistas en este campo entenderían las implicaciones y descubrimientos futuros que traería consigo esta acción y si se preguntaron por los posibles beneficios o perjuicios que acompañaría estos importantes hallazgos, y si fue así, cuáles fueron sus manifestaciones al respecto.

Ahora bien, es importante señalar que tal momento histórico estuvo acompañado por un contexto educativo que también vivió un tránsito en términos del currículum, puesto que con el esplendor de esta nueva disciplina, las universidades a nivel mundial empezaron a incluir dentro de sus procesos de enseñanza a la genética y sus principios. Según Cruz-Coke (1999), para América, específicamente para países del sur del continente las instituciones de educación superior empezaron a enseñar dicho campo hacia 1930 en programas como: biología, zoología y antropología, sin embargo esta instrucción se nutrió, reconoció y complejizó con los aportes brindados por muchos de los científicos latinoamericanos en su momento, es decir que aun cuando era pionera la influencia de especialistas extranjeros de origen norteamericano y europeo. Las investigaciones desarrolladas en el contexto latinoamericano se reconocen esenciales para la construcción de la genética.

Cabe aclarar que al abrir un espacio para abordar lo que fue el inicio de la enseñanza de la genética en un sistema educativo, surge un interrogante en términos del manejo que se le dio y se le da a dicha disciplina en la educación. Al ubicar esta época y período en la enseñanza actual de las ciencias naturales que se imparte en la escuela, se cuestiona si se invitó o invita en la actualidad a los estudiantes a generar un análisis frente a la consolidación de la genética y sus futuras incidencias en campos externos a la misma. Esta inquietud emerge y aplica para la configuración parcial de lo que ha sido y es, hasta el momento la genética y las prácticas que la han caracterizada para nutrir su marco de teorización.

Continuando con los periodos que configuran la historia de la genética para el siglo pasado, la llegada de la década de 1940 constituirá un paso fundamental no sólo para la misma sino para las ciencias naturales en general. Así pues, para 1944 se identifica el ADN como material genético y, 12 años después, se demuestra que la información genética de todos los seres vivos se ubica en dicha molécula. En 1953 se dio paso a uno de los más sorprendentes y trascendentales descubrimientos para la comunidad científica ya que James Watson y Francis Crick revelaron al mundo la estructura de doble hélice que constituye el ADN. Posteriormente, se halló que al momento de replicarse dicha molécula, posee la capacidad de semiconservarse y la disposición para ordenarse por codones; más adelante se explicó el funcionamiento del ARN mensajero, y *"para 1970 se descubrirían las enzimas de transcripción, lo que permitió a los científicos manipular el ADN"*. No cabe duda que para este periodo el papel protagónico estuvo a cargo de la molécula de ADN, convirtiéndose en el centro de las investigaciones genéticas de ese entonces, puesto que, después de hallar que dentro de ella se encontraba la información de lo que resultó ser la diversidad de la vida, lo cual significó a modo personal, el primer paso para definir claramente dónde

y qué manipular, revelando los intereses científicos, sujetos a las necesidades sociales y estableciendo los propósitos de tales modificaciones genéticas.

La última etapa de la genética denominada "era genómica" o también conocida como "época contemporánea", dio paso a la diversificación y construcción de diferentes ramas de la misma, entre estas se encuentran: la biotecnología y la ingeniería genética; campos revolucionarios desde su origen tanto en sus estudios como en sus hallazgos. Así pues, se podría decir que ésta se convirtió en la época donde las manipulaciones genéticas llegaron a su cúspide. Después de encontrar, en 1972, la secuencia del gen que codifica las fibras de la cola del virus bacteriófago MS2 el cual parasita bacterias, Walter Fiers reveló dos años más adelante la totalidad el genoma de dicho virus. La década que comprende entre los 80' y los 90' se caracterizó por estar en manos de diferentes científicos que continuaron realizando prácticas experimentales en cuanto a los procesos de secuencias de genomas. Sin embargo, el evento más preponderante tuvo cabida en 1989 por los genetistas Lap-Chee Tsui y Francis Collins, quienes lograron secuenciar el gen humano capaz de codificar la proteína CFTR, la cual tiene como función el transporte de iones de cloro.

Bastaron pocos años para iniciar con uno de los programas contemporáneos más controversiales: el proyecto genoma humano. En 1990 por el Departamento de energía y diversas instituciones de salud de Estados Unidos da inicio a la investigación del mapa genómico del hombre. De forma paralela, se llevaron a cabo estudios de este tipo, en un amplio número de organismos, en su mayoría con organización celular "simple" (unicelulares) como bacterias y hongos. Para 1998 logró explicarse la secuencia del genoma en seres multicelulares como gusanos del phylum nematodo.

En esta medida, la llegada del siglo XXI, se inauguraría con un triunfo para la ciencia dado que fue posible, explican Barahona y Ayala (2009), dar a conocer en el año 2000 la posible organización o "borrador" del genoma humano, y 3 años después se revelaría al mundo, con un 99% de confiabilidad, el genoma. Al mismo le dedicaron más de una década de investigación y recibió un amplio apoyo por campos como la medicina y la industria de tipo alimenticio o agricultor, pero también acogería hasta el día de hoy, fuertes e importantes discusiones y críticas. En los últimos años diferentes organismos han sido foco de investigación biotecnológica y con estos estudios se ha logrado secuenciar el genoma de varias plantas y animales. Por ejemplo, para el 2005 se publicó el genoma completo del Chimpancé, lo que es una situación debatible también, dependiendo del uso que se le dé a dicha información molecular, y por tanto, es el aspecto que ha causado conmoción no sólo a nivel científico, sino también social.

Cabe señalar que, hasta el momento, se han abordado las principales investigaciones, descubrimientos y eventos que se dieron durante el siglo XX, dando paso a la consolidación de la genética, puesto que ello posibilitó comprender y esclarecer los interrogantes en torno a la herencia y entender la participación directa del ADN, y del funcionamiento de los genes en los seres vivos. Emerge entonces, en la historia de la genética, "la biotecnología", debido a que tales hallazgos recrearon el "poder" y capacidad del hombre de generar ciertos cambios en la estructura genética de los organismos, situación que en su momento se consagró como un beneficio principalmente en términos económicos y medicinales, un

claro ejemplo de ello es el desarrollo de PGH (proyecto del genoma humano).

La biotecnología, entonces, se constituyó para finales del siglo pasado como una de las disciplinas más sobresalientes de la genética, antecedida y basada en el amplio conocimiento de las modificaciones genéticas llevadas a cabo por la biología moderna. Sería este campo en particular (biotecnología) el que tomaría las riendas de las manipulaciones genéticas contemporáneas, especializándose en la alteración del genoma de los organismos, especialmente de los indivisibles. De acuerdo con la organización CAR/PL, (2003), la biotecnología tiene un amplio rango de definiciones que varía dependiendo del tiempo, los avances tecnológicos, los métodos de investigación y sus descubrimientos. Sin embargo, las definiciones que se dan en torno a esta, coinciden en que es un campo que utiliza y altera material vivo con el propósito de generar productos y servicios útiles a la sociedad humana.

En el marco de la historia de la biotecnología, es necesario volver a la época clásica de la genética, exactamente al año 1919, cuando utiliza por primera vez el término *biotecnología*, por el señor Karl Ereky, quien hace referencia a la disciplina que reúne la tecnología con biología. No obstante, para la modernidad, la biotecnología corresponde y surge desde las acciones de la humanidad sobre la naturaleza, que se han dado a lo largo de la historia, generando una serie de alteraciones a la misma. En agregación a lo que se explicó en un inicio del presente documento, la CAR/PL (2003) explica que los procesos de fermentación, también hacen parte de aplicabilidad de la biotecnología porque, precisamente, siglos atrás se utilizaban los microorganismos para la elaboración de vinos, cerveza, para la producción de pan y queso. Sin embargo, en el siglo XIX se comprendería la facultad fermentadora de las levaduras (micro hongos) sobre ciertos líquidos, y a partir de allí se potenciaría el uso de las mismas.

La consolidación de la biotecnología se genera hacia los 60', de acuerdo con la CAR/PL (2003) con los grandes avances en torno al ADN, empezaron a desarrollarse proyectos con seres vivos que respondieran a las necesidades de las personas, así pues, se inicia una era en la que se juega con la vida de diversos organismos, debido al control intelectual que poseen los científicos. La clonación, el ADN recombinante, referida al método de ingeniería genética y otras técnicas de investigación, posibilitaron ampliar el conocimiento a nivel molecular de las células y su funcionalidad, lo cual permitió alterar genéticamente células que se mantenían *in vitro* para obtener diferentes productos, a partir de allí, ya no era necesario mantener los microorganismos vivos.

En relación a la inclusión de la biotecnología en el ámbito escolar, Roa y Valbuena (2013) explican que empieza a posicionarse para Europa y Norteamérica hacia finales de la década de los 80' e inicios de los 90' en las diferentes instituciones educativas de nivel escolar básico y superior, con el fin de responder a las necesidades sociales y particularmente a los exigencias de un mercado en ascendencia debido a la llegada de un sistema con una postura globalizada. Por tanto, la enseñanza de la biotecnología se inserta fuertemente en el curriculum de la escuela y las universidades, con el fin de ampliar el marco de la investigación de lo diminuto haciendo partícipes a los estudiantes en formación. Durante este momento, según Wymer (1986) citado por Roa y Valbuena

(2013), tanto alumnos como maestros tenían la posibilidad de visitar diferentes centros de investigación para reconocer y comprender técnicas como el ADN recombinante y observar las grandes instalaciones utilizadas para las prácticas experimentales. Puesto que el interés por potenciar la enseñanza de la biotecnología en la academia iba encaminado al desarrollo y crecimiento económico que ofertaba la biotecnología, se desarrollaron diferentes programas de capacitación dirigidos a los docentes, con el fin de mantener actualizados a los maestros y bien dotados de material de experimentación y divulgación sobre las investigaciones biotecnológicas.

Ahora bien, y siguiendo con la evolución del campo de estudio de la biotecnología, cabe señalar que durante los últimos años, se ha ido estableciendo como un área que ha sobrepasado el mundo de lo minúsculo, lo que significa que las modificaciones genéticas ya no son distintivas en los microorganismos sino también en seres de mayor tamaño (como se había mencionado anteriormente). Además, su campo de aplicabilidad no se restringe al ámbito de la medicina y agricultura, abarca también el sector industrial, prueba de ello son investigaciones que se están llevando a cabo según la CAR/PL (2003), alrededor del mantenimiento de cultivos de plantas, tejidos vegetales y de tejidos mamíferos. Adicionalmente se están realizando estudios en la medicina forense, así como en la producción de biocatalizadores, biocombustibles, biorremediación (tratamiento de desechos o residuos, para su reutilización, a través de la alteración genética de microorganismos capaces de metabolizar productos residuales), alimentos transgénicos y la digestión de escapes de petróleo en el ambiente. Cabe señalar que grandes industrias a nivel mundial están recurriendo a técnicas biotecnológicas en su sector productivo, con el fin de reducir considerablemente la contaminación que producen durante la elaboración de sus productos.

Lo anterior revela que la historia de las modificaciones genéticas continúa construyéndose; los avances tecnológicos y la curiosidad humana han permitido recabar en la parte más minúscula de un ser vivo y desde allí comprender la complejidad del proceso hereditario. Desde hace menos de medio siglo, la ciencia, particularmente la biotecnología, está escalando progresivamente la cúspide de las manipulaciones genéticas en los organismos, con estudios que revolucionan la forma de comprender lo vivo, situación que ha provocado grandes logros para la misma y ha generado soluciones a considerables problemáticas mundiales. No obstante, este hecho no sólo acarrea beneficios, al igual que un fármaco que logra aliviar una infección pero trae consigo el debilitamiento del sistema inmunológico, las manipulaciones genéticas también consiguen con su aplicación efectos secundarios, generando importantes cuestionamientos frente a la ética profesional.

Implicaciones éticas

La ejecución de técnicas como el ADN recombinante y la elaboración de organismos transgénicos, principalmente vegetales, han sido tema de debate durante los últimos años, discutiendo los beneficios y perjuicios que traen consigo, además de determinar hasta qué punto la ciencia tiene la libertad ética para hacerlo. Según Barahona y Ayala (2009), con el constante desarrollo de técnicas de la biotecnología y la ingeniería genética, es posible aislar o sintetizar genes, para "*construir organismos genéticamente modificados (OMG) o*

transgénicos". Ello también se plantea con el fin de mejorar los organismos, desarrollar sistemas tecnológicos de tipo biológico que disminuyan la incidencia negativa sobre el ambiente, además para la elaboración y producción de medicamentos y alimentos.

El propósito que se expone sobre el uso de transgénicos puede llegar a sonar alentador en la medida que permite visualizar alternativas capaces de remediar algunas de las problemáticas más inquietantes y sobresalientes causadas por la acción antropocéntrica en gran parte durante los últimos siglos, pero fuertemente evidente en la actualidad a nivel mundial. Se presenta entonces como una solución que favorece la permanencia del bienestar humano, capaz de responder a situaciones difíciles, como el daño ecológico en los ecosistemas, la crisis alimentaria en los países golpeados por la pobreza y violencia, así como su inminente escasez para la mayoría de países, la sobreexplotación y contaminación del ambiente por los combustibles de extracción fósil, el uso de pesticidas e insecticidas para el cultivo de vegetales, y plantas con un valor extrínseco y producciones de desechos o residuos tóxicos industriales. Por estas razones, se justifica de acuerdo con la Academia Mexicana de Ciencias (2011) "*un uso responsable y sustentable de la biodiversidad*" pp. 23.

En contraposición con los beneficios que representan las manipulaciones genéticas en los organismos modificados, utilizadas por las multinacionales y grandes industrias, existen manifestaciones que ponen en evidencia la falta de ética profesional al llevar a cabo prácticas que pasan por encima de la vida de un organismo, olvidando no sólo su valor intrínseco sino también su importancia ecológica. Sumado a ello, han emergido diferentes declaraciones asegurando que existe una serie de consecuencias al modificar genéticamente los seres vivos, las cuales no sólo se expresan para los organismos, sino, también para la población humana que utiliza o es "beneficiada" por el producto de tales alteraciones, convirtiéndose en un conflicto personal, familiar y social.

Así pues, un ejemplo de esto, explica Moreno (1996) es el afán por mantener el bienestar del hombre a través del continuo mejoramiento de su mapa genético, lo cual se ha logrado a través del proyecto genoma humano, pero que actualmente utiliza esta información para generar manipulaciones que favorecen el perfeccionamiento del mismo. Es el caso del desarrollo de su potencial intelectual, o el querer maximizar la resistencia a enfermedades, e incluso la resistencia a un posible ambiente catastrófico futuro. Esta premisa puede ser asociada para muchos, según Moreno (1996) con la eugenesia; actividad aberrante que tuvo una fuerte acogida por ciertos países europeos, específicamente por Alemania, durante el holocausto, la cual tenía como propósito experimentar con seres vivos de tamaño considerable, entre ellos el humano, buscando mejorar biológica y socialmente a los sujetos. Esta idea ha causado conmoción al mundo entero, sin embargo, para algunos el PGH es una nueva forma de dominio del hombre sobre las fuertes problemáticas que acarrear la actualidad, dando prevalencia al bienestar humano.

En esta medida habría que preguntarse: ¿por qué se piensa el bienestar humano por encima del resto de los seres vivos?, ¿esta idea acaso no es la que ha forjado y provocado progresivamente las grandes problemáticas ambientales mundiales? Ahora, hay que poner en consideración si estas ideas biotecnológicas son realmente sustentables, porque parece

ser que se continúa manejando un discurso que mantiene el antropocentrismo en la cima del egoísmo y la sed de poder, olvidando al hombre como sujeto que forma parte de la naturaleza, quien puede generar manipulaciones sin medir sus consecuencias.

Otro de los proyectos biotecnológicos que demuestran el querer satisfacer las necesidades sociales, es el de los Organismos Genéticamente Modificados, particularmente de plantas. De acuerdo con la CAR/PL (2003), manipular las plantas ha permitido mejorar las especies vegetales, acelerando la maduración de los cultivos, aumentado el tamaño del fruto, otorgándole resistencia al momento de ser atacadas por plagas y diversas enfermedades. No obstante, la alteración genética de estas plantas no sólo se ha hecho con el fin de perfeccionarlas, sino también según las grandes industrias biotecnológicas con al ánimo de enfrentar una de la grandes problemáticas que aquejan países con marcados problemas económicos, donde la tasa nutricional está por debajo de lo recomendado, así pues los OMG, se presentan como una solución a la hambruna de tales regiones, brindándoles una seguridad alimentaria.

Sin embargo, se han dado a conocer manifestaciones en contra de estas manipulaciones genéticas, mencionando que el consumo de estos alimentos puede ocasionar efectos secundarios a quienes los consumen, por tanto se pone en consideración la ética profesional. De acuerdo con el artículo publicado por Tau-alimentario en el 2007, son pocos los estudios que se han realizado para determinar las posibles afecciones negativas con el consumo de alimentos transgénicos en animales, y nulos en los humanos, adicional a ello expresan la existencia de ciertos indicadores que pueden darse al ingerir OMG, por ejemplo el desarrollo de alergias, resistencia a antibióticos y toxicidad, lo cual trae importantes preocupaciones a los países donde se está cultivando estos alimentos.

El conflicto que generan las aplicaciones de las modificaciones genéticas y sus implicaciones éticas actuales, requiere el comprender tanto los supuestos beneficios como los supuestos efectos adversos. Es importante reconocer que existen propósitos, desde el campo de la biotecnología, encaminados a dar soluciones a situaciones difíciles que enfrentan el ambiente y las sociedades humanas. Es el caso de la implementación de alteraciones genéticas en el sector de la medicina o de la agricultura, donde a través de esta tecnología se ha posibilitado el desarrollo de vacunas a distintas enfermedades, la síntesis de algunas enzimas o sustancias necesarias para la elaboración de algún producto o el proveer alimentos a millones de personas que poseen una marcada desigualdad social. Por el contrario, es necesario prever la probabilidad de secuelas que incidan de forma negativa en el ambiente, y en los diversos organismos involucrados o la posibilidad de efectos secundarios en el desarrollo de tales prácticas e investigaciones biotecnológicas.

Es pertinente reevaluar la ética profesional que se está teniendo en cuenta a la hora de llevar a cabo estas técnicas, por qué no preguntarse: ¿hasta dónde llega la libertad del humano sobre la naturaleza? ¿Merece la vida misma ser sujeto de experimentación y de manipulación con el fin de satisfacer las necesidades humanas? Porque ello quiere decir que la naturaleza debe estar a merced del hombre, debido a que este último se encuentra con una serie de problemáticas, que irónicamente es él mismo quien las ha causado, y ello entonces también tendría que ser discutido. Ahora bien, ya sea pensado en un bienestar

para el ambiente general, donde haya una existencia armónica lo menos perjudicial entre sujetos y ambiente, donde se sugiere un uso responsable por los organismos manipulados genéticamente, o en una forma en que se maneje adecuadamente la información que se obtiene con el éxito de las modificaciones genéticas, esto significa cumplir con las normas básicas de la bioética, el derecho y respeto a la vida.

En esta medida, el papel de la educación juega un rol importante, ya que debe abrir paso a una mirada compleja de lo que representan las modificaciones genéticas, promoviendo posturas críticas y reflexivas en los estudiantes, donde se amplíe el sentido de la ética profesional y se fortalezca la relación entre el humano y el ambiente. No obstante, los procesos de enseñanza aprendizaje en torno al contenido y discurso biotecnológico en la escuela podrían considerarse como la posibilidad no sólo de ampliar y enriquecer el área de las ciencias naturales, sino también como un eje impulsor para el desarrollo de futuras investigaciones de corte académico en pro de la resolución a las diversas problemáticas multidimensionales que aquejan tanto al ambiente como a las sociedades.

Por tanto, en el marco de la enseñanza de la biotecnología es importante considerar, de acuerdo con Roa y Valbuena (2013), que se ha experimentado un tránsito escolar en las escuelas y currículos de Europa y Latinoamérica, incorporando a la biotecnología como área esencial en la formación de los estudiantes. La biotecnología es un campo que emerge de la conjugación de diferentes disciplinas de corte científico (biología, física, química, tecnología, genética, etc.) siendo un eje potencial para iniciar o fortalecer procesos de interdisciplinariedad o transversalidad en tales áreas. Esto pone de manifiesto la necesidad de implementar el contenido biotecnológico en la escuela, no sin antes según Roa (2011) potenciar el conocimiento del maestro y su didáctica en torno a esta campo, para que los procesos de enseñanza aprendizaje complejicen y complementen la formación investigativa del estudiante, donde desde su conocimiento y posicionamiento al respecto reconozca la naturaleza y función social que puede llegar a poseer el campo biotecnológico.

Por último, Roa y Valbuena (2013) mencionan que la cabida de la biotecnología en la educación debe considerar aspectos esenciales para configurar la didáctica de la biotecnología y contribuir a la formación constante del maestro de ciencias. En este sentido debemos considerar la epistemología de la biotecnología e implicaciones didácticas, reconocer la relación entre la didáctica de las ciencias y la enseñanza de la biotecnología, identificar el papel de las prácticas de laboratorio y las implicaciones bioéticas y biopolíticas de la misma, entre otros. Los mencionados son aspectos trascendentales para la enseñanza de dicha área, que además desde un perspectiva personal posibilita al estudiante desde su conocimiento y experiencia con este campo, determinar cómo el manejo o aplicación que se le dé la a biotecnología incide en el bienestar humano y en las diferentes formas de vida, lo cual consecuentemente permite establecer una postura crítica y reflexiva frente a la biotecnología y su participación en las modificaciones genéticas.

Conclusiones

Cabe resaltar que este documento se convierte en tan sólo un esbozo de lo que han

sido las modificaciones genéticas a lo largo de la historia humana, son muchos los eventos, investigaciones, teorías, y científicos que no se encuentran dentro de este artículo, pero que sin lugar a dudas con sus estudios, planteamientos e hipótesis incidieron de forma directa o indirecta en la conformación de la historia de las manipulaciones genéticas.

Así pues, a modo de conclusión, se comprenden y reconocen las manipulaciones genéticas desde la existencia misma del hombre, donde a partir de la domesticación de animales y principalmente de plantas, no sólo se dio paso a una de las grandes invenciones del hombre (la agricultura), si no que se reconoció la capacidad de este, por alterar el resto de seres vivos.

La evolución y tránsito de las ciencias que entablan como objeto de estudio la comprensión de la vida y lo vivo, han sido el fundamento teórico y práctico central para el surgimiento y establecimiento de campos como la ingeniería genética y la biotecnología en las últimas décadas de la ciencia, áreas, que tras sus diferentes aplicaciones han desarrollado importantes proyectos e investigaciones de considerables aportes para la industria médica, farmacéutica, agrícola y alimentaria. También, ha brindado posibles soluciones que afectan principalmente el ámbito social y ambiental a nivel mundial, sin embargo han emergido posiciones y debates en torno a los supuestos perjuicios que puede traer el desarrollo y aplicación de la biotecnología y particularmente de las modificaciones genéticas de los organismos.

De igual forma no puede lanzarse una crítica total al objetivo de los proyectos que han estado a cargo de la biotecnología, dado que aun cuando se cuestiona sus posibles consecuencias, también deben discutirse sus posibles beneficios. Sin embargo, no puede omitirse que la manipulación genética es una técnica científica que sacrifica la vida de otros organismos por el bienestar del hombre. Esto permite cuestionar dónde está quedando la ética profesional de la ciencia y reevaluar la libertad del hombre sobre la naturaleza, si es que esta existe.

También debe considerarse que es desde la escuela donde los estudiantes no sólo deben manejar el contenido disciplinar en tanto genética, sino también deben reconocer la complejidad que ha caracterizado la historia de esta rama, así como lo que se está haciendo en la actualidad, de tal manera que se desarrolle una mirada crítica frente a las manipulaciones genéticas, promoviendo habilidades de análisis en los estudiantes, y una construcción permanente y compleja de la ética en la escuela y en su vida.

La inclusión de la biotecnología en la educación puede configurarse como la posibilidad de potenciar la formación investigativa de los estudiantes, donde a partir del desarrollo y ejecución del marco disciplinar asociado a las prácticas experimentales, puede ampliar el conocimiento de las ciencias naturales. Asimismo, su inmersión en la escuela posibilitaría que los estudiantes reconozcan la naturaleza y función social que puede poseer la biotecnología de acuerdo a cómo se maneje y aplique.

El desarrollo de la enseñanza de la biotecnología puede enmarcar el inicio o fortalecimiento de procesos de interdisciplinariedad y transversalidad entre las diferentes disciplinas que constituyen las ciencias naturales, así la biotecnología puede contribuir a la

complejización de la enseñanza-aprendizaje, práctica, teórica y experiencial de áreas como la biología, química, física y hasta tecnología.

Por último, comprender que la enseñanza de la biotecnología en la escuela, involucra que el maestro reconozca la epistemología de dicha área, las implicaciones bioéticas frente a sus aplicaciones, su intervención en el ámbito social y ambiental, lo cual requiere de su formación constante en la enseñanza y didáctica de este campo, hecho que consecuentemente favorecería, desde una opinión personal, orientar y fundamentar la posición crítica y reflexiva del estudiante frente al desarrollo de la biotecnología y su participación en las modificaciones genéticas.

Bibliografía

- Academia Mexicana de Ciencias. (2011). *Por un uso responsable de los organismos genéticamente modificados*. México: Academia Mexicana de Ciencias, A.C.
- Barahona, A. & Ayala, F. (2009). *El siglo de los genes patrones de explicación en genética*. Madrid: Alianza Editorial S.A.
- Camps, J. (2005). La domesticación de animales en el neolítico del Valle del Nilo: cambios ocurridos en el biotipo y razones de la domesticación. *Revista Electrónica Animalia*, 6 (176): 38-44.
- Casas, A. & Caballero, J. (1995). Domesticación de plantas y origen de la agricultura en Mesoamérica. *Revista electrónica Ciencias*, (40): 36-45.
- CAR/PL -Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia; Plan de Acción para el Mediterráneo. (2003). *Aplicaciones de la Biotecnología en la Industria*. España: CAR/PL.
- Cruz-Coke, R. (1999). Historia de la genética Latinoamericana del siglo XX. *Revista médica de Chile*, 127 (12): 1524-1532.
- Díaz, F. (2010). El proceso de domesticación en las plantas. *Revista Casa del Tiempo*, (28): 66-70.
- Moreno, M. (1996). *El debate sobre las implicaciones científicas, éticas y legales del Proyecto Genoma Humano, Aportaciones Epistemológicas*. España: Universidad de Granada.
- Roa, R. (2011). Didáctica de la biotecnología en la Escuela. *Revista Bio-grafía*, Número extraordinario: 333-341.
- Roa, R. & Valbuena, E. (2013). Incursión de la biotecnología en la educación: tendencias e implicaciones. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 15 (2): 156-166.
- Tau-alimentario. (2007). Riesgos implicaciones y situación actual de los organismos genéticamente modificados (OMG). *Revista electrónica Tau-alimentario*, (4): 20-24.
- Vallejo, F. (2002). *Dominancia y recesividad*. Tautología Darwinista y otros ensayos. Madrid: Editorial Taurus,
- Zizumbo, D. & Colunga, P. (2008). El origen de la agricultura, la domesticación de plantas y el establecimiento de corredores biológico-culturales en Mesoamérica. *Revista electrónica de geografía agrícola*, (41): 85-113.