

Biotecnología

XXXX*

Resumen

La biotecnología no es un fenómeno nuevo, ahora bien, sus desarrollos no paran de avanzar, el presente escrito da cuenta de cómo sus aplicaciones se amplían cada vez más a campos de la vida del hombre contemporáneo, modificando con ello la biotecnología en sí misma, su utilización ya no se da solo en plantas o animales, hoy en día la medicina, los procesos industriales y el cuidado del medio ambiente han hecho de la biotecnología una estrategia fundamental para la innovación y la mejora de los procesos, para dar cuenta de esta realidad se realizó una búsqueda de material científico y periodístico, que permitió adquirir la información para luego presentarla en la situación actual del fenómeno y señalar la tendencia futura.

Palabras clave

Biotechnología, Investigación, Desarrollo, Tecnologías agrícolas.

Introducción

Desde las sociedades primitivas se utilizaron estrategias para seleccionar las mejores plantas y así obtener mejores resultados en los cultivos, las comunidades precolombinas de Mesoamérica dieron a partir de la selección de semillas con las actuales cepas de maíz, también, por cientos de años, la humanidad seleccionó los perros más aptos físicamente y los cruzaban entre sí para obtener razas más fuertes y eficientes en las labores como el pastoreo o la caza. Los anteriores son solo algunos ejemplos de cómo la humanidad desde la prehistoria hasta la actualidad ha manipulado la vida y la naturaleza para mejorar sus propias condiciones. Pero la biotecnología moderna, con los avances científicos en las últimas décadas se ha convertido en una estrategia masiva de producción de alimentos y animales generalmente con fines industriales.

Las utilidades de la biotecnología siguen siendo un continuo de descubrimiento, en un mundo donde las crisis alimentarias, medioambientales, de salud y ecológicas no paran, la ayuda de la biotecnología

podría ser de altísima utilidad para mejoramiento del desarrollo económico y social de la humanidad. A todo ello hay que sumarle un importante debate ético sobre la modificación de las especies animales y vegetales, que, si bien pueden ayudar a mejorar de forma inmediata la producción en algunos sectores, algunos señalan la importancia de reconocer que la vida de otras especies debería tener el necesario respeto, en tanto la evolución y la naturaleza han determinado sus estructuras biológicas, además, aún con las tecnologías modernas, no logramos determinar que tanto puede o no sufrir un animal, al que lo han modificado para producir tanto músculo, que su estructura ósea no lo soporte y quede destinado a una vida de dolencias y sedentarismo.

La biotecnología se presenta entonces como una verdadera opción de la cual se debe tomar partido en el camino del progreso económico y social contemporáneo, y reconocer sus amplias posibilidades en el desarrollo y la investigación para mejorar los productos existentes o para crear nuevas alternativas para la utilización humana.

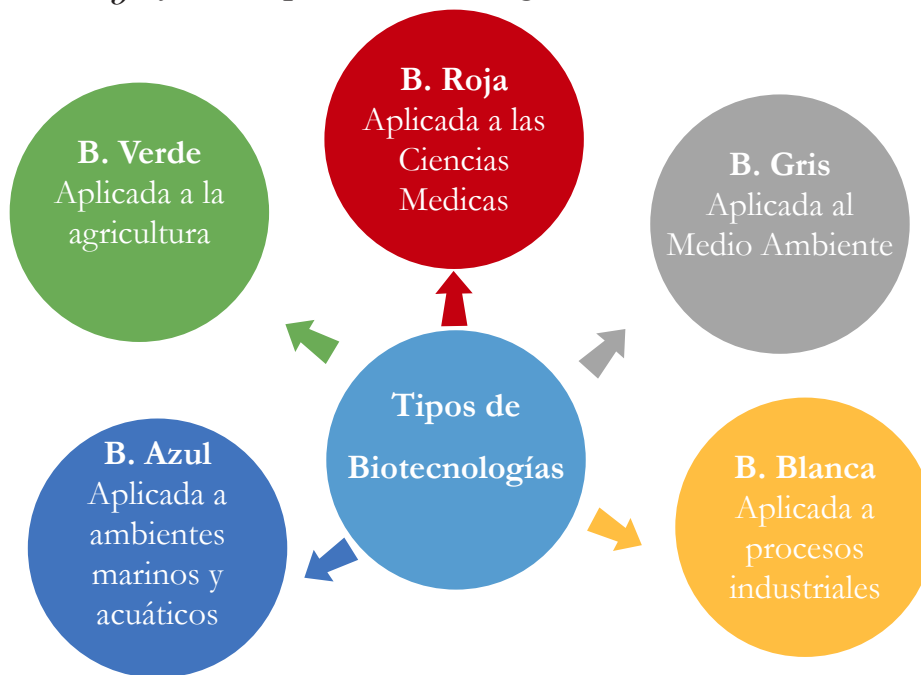
1. Definición

Según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD, 2005), “la biotecnología es la aplicación de la ciencia y la tecnología a los organismos vivos, así como sus partes, productos y modelos, para alterar los materiales vivos o no vivos para la producción de conocimiento, bienes y servicios” (Párr. 3).

Castro & Bernal (2004) citados por (Wilches Flórez, 2010) afirman que: “La biotecnología nace con el objetivo de aportar soluciones innovadoras y sustentables a la contaminación ambiental, producción de medicamentos, alternativas para la agricultura y técnicas modernas para el mejoramiento genético del ganado, peces y aves. (...)” (p.165)

2. Aplicaciones

Gráfico 1. Tipos de Biotecnologías Modernas



Fuente: Elaboración propia con base en Díaz-Martínez (2010)

Biotecnología Roja: se refiere a la biotecnología implementada en el ámbito de la medicina, es decir se enfoca en la obtención de vacunas y antibióticos, además de la investigación genética y el desarrollo de nuevos medicamentos con el objetivo de curar enfermedades (Díaz Martínez, 2010).

Biotecnología Blanca: Hace referencia a la biotecnología aplicada en el sector industrial, se enfoca en la elaboración de los procesos y productos, con el propósito de mejorar los estándares de eficiencia, adicional a ello que los niveles de contaminación sean menores (Díaz Martínez, 2010).

La Biotecnología Gris: “Está constituida por todas aquellas aplicaciones directas de la biotecnología al medio ambiente. Podemos subdividir dichas aplicaciones en dos grandes ramas de actividad: el mantenimiento de la biodiversidad y la eliminación de contaminantes” (Díaz -Martínez, 2010, Párr.6).

La Biotecnología Azul: “Se basa en la explotación de los recursos del mar para la generación de productos y aplicaciones de interés industrial. Muchos de los productos y aplicaciones de la biotecnología azul se encuentran en fase de búsqueda o investigación” (Díaz Martínez, 2010, Párr.9).

La Biotecnología Verde: Según (Díaz Martínez, 2010) la biotecnología verde:

Se centra en la agricultura como campo de explotación. Las aproximaciones y usos biotecnológicos verdes incluyen la creación de nuevas variedades de plantas de interés agropecuario, la producción de biofertilizantes y biopesticidas, el cultivo in vitro y la clonación de vegetales. (Párr.6)

La primera de estas aproximaciones es la que ha experimentado un mayor desarrollo y también la que ha suscitado mayor interés y controversia en la sociedad. La creación de variedades modificadas de plantas se basa casi exclusivamente en la transgénesis¹, o introducción en la planta de interés de genes procedentes de otra variedad u organismo. Mediante la utilización de esta tecnología se persiguen tres objetivos fundamentales. En primer lugar, se busca la obtención de variedades resistentes a plagas y enfermedades. A modo de ejemplo, en la actualidad se utilizan y comercializan variedades de maíz resistentes a plagas como el taladro. Una segunda utilización de las plantas transgénicas está orientada al desarrollo de variedades con mejores propiedades nutricionales (por ejemplo, mayores contenidos en vitaminas). Por último, la transgénesis en plantas también se estudia como medio para obtener variedades de plantas que actúen como biofactorias² productoras de sustancias de interés médico, biosanitario o industrial en cantidades fácilmente aislables y purificables (Párr.7)

En la siguiente tabla se relacionan las principales aplicaciones de la biotecnología a la genética vegetal:

1. Proceso de transferir genes en un organismo.

2. Centros productores de recursos valiosos, que no generan residuos ni impacto al medio ambiente y no consumen energía de origen fósil porque producen su propia energía para funcionar.

Tabla 1. Aplicaciones a la Genética Vegetal

Técnica	Casos	Efectos
Clonación	Aplicación a producción de plantines (tabaco, flores y otros)	Produce ejemplares libres de enfermedad Homogeniza la calidad de la materia prima Mejora la eficacia reproductiva Modifica las técnicas posteriores de cultivo Estabiliza nuevas especies
Secuenciación de genoma	Stress hídrico ³ Resistencia a insectos (inhibe la producción de toxinas) Coloración Madurez Contenidos específicos (proteínas y/otros)	Facilita y acorta los procesos de entrecruzamiento natural. Permite test para validar la calidad de los cultivos
Modificaciones genéticas	Soja, maíz, canola, algodón. Pasturas (todos resistentes a herbicidas seleccionados) Arroz (con proteínas) Oleaginosas con grasas saturada	Reducciones de costos de producción Amplía fronteras productivas Mejora el producto final (contenidos de alimentos) Elimina etapas industriales

Fuente: CEPAL (2009)

3. Situación Actual

En la actualidad el mercado internacional demanda una mayor responsabilidad de los actores participantes en las distintas actividades productivas que desarrolla una región o país, por lo tanto, la biotecnología es un tema de discusión e importancia en los diferentes entornos globales ya sea político, económico, social, cultural, ambiental entre otros. Adicional a ello, la competitividad debe estar direccionada a estrategias en pro de la sostenibilidad.

Elementos como el deterioro del medio ambiente, la sobrepoblación y la necesidad de implementar estrategias para la conservación del planeta son asuntos prioritarios que de alguna manera deben ser abordados en los diferentes sectores, por tal razón se ha evidenciado la necesidad de incorporar la innovación en los procesos productivos de las distintas actividades económicas. Por consiguiente, los gobiernos han incrementado el gasto en Investigación y Desarrollo (I&D), no obstante, el sector privado es quien destina mayores gastos en I&D.

Para el caso colombiano según el EDIT⁴ del DANE⁵ y los cálculos realizados por el Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología, del total de empresas que realizan inversiones en I&D, aproximadamente más del 70% tienen como fuente de financiación recursos del sector privado (Pardo Martínez, 2018).

3. Fenómeno que provoca un deterioro de los recursos de agua dulce en términos de cantidad, sucede cuando la demanda de agua es más grande que la cantidad disponible durante un periodo determinado de tiempo o cuando su uso se ve restringido por su baja calidad.

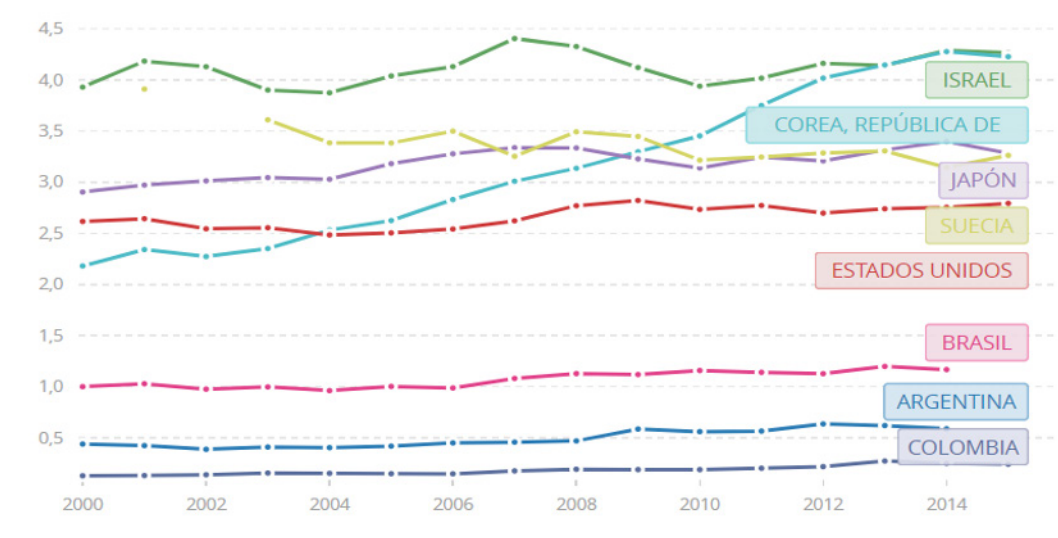
4. Encuestas de innovación y desarrollo tecnológico.

5. Departamento Administrativo Nacional de Estadística.

Gasto en Investigación y Desarrollo I&D

Teniendo en cuenta la relevancia que ha adquirido la investigación, el desarrollo y la innovación en las áreas científica y tecnológica, además de la relación directa que tiene con investigación en biotecnología, a continuación, se relacionan los 6 países que en el entorno mundial tienen un mayor gasto en I&D, así mismo, los 2 países latinoamericanos con mayor gasto y Colombia con el fin de visualizar en qué nivel de inversión con respecto a los demás países se encuentra.

Gráfico 2. Países con mayor gasto en I&D (% del PIB), periodo 2000-2015



Fuente: Banco Mundial (2018)

Tabla 2. Países con mayor inversión en I&D (% del PIB)

Gasto en I &D (% del PIB)			
País	2013	2014	2015
Israel	4,142	4,289	4,266
Republica de corea	4,147	4,277	4,228
Japón	3,316	3,399	3,284
Suecia	3,306	3,143	3,263
Estados Unidos	2,74	2,755	2,794
Brasil	1,198	1,168	
Argentina	0,62	0,589	
Colombia	0,273	0,251	0,242

Fuente: Banco Mundial (2018)

Se resalta que en la gráfica 2 y la tabla 2 los datos contenidos referentes a los gastos en investigación y desarrollo:

Son gastos corrientes y de capital (público y privado) en trabajo creativo realizado sistemáticamente para incrementar los conocimientos, incluso los conocimientos sobre la humanidad, la cultura y la sociedad, y el uso de los conocimientos para nuevas aplicaciones. El área de investigación y desarrollo abarca la investigación básica, la investigación aplicada y el desarrollo experimental (BM, 2018, Párr.1).

La información contenida en la tabla 2 evidencia que entre los años 2013 y 2015 para países como Japón, Suecia, Brasil, Argentina y Colombia hay una leve tendencia a la disminución del porcentaje invertido en I&D, esto se justifica en los problemas coyunturales que ha enfrentado la economía mundial en los últimos periodos. Sin embargo, Israel, la República de Corea y Estados Unidos presentan un incremento en este gasto, con una variación positiva entre 2013 y 2015 de 0,124%, 0,081% y 0,054% respectivamente.

3.2. Desarrollo Biotecnológico en el mundo

A continuación, se mencionan características de los principales países que invierten en investigación y desarrollo:

3.2.1. Israel

Israel se ha posicionado como el país que destina mayor presupuesto a la investigación y desarrollo, dicha inversión se focaliza en los campos de la medicina, sector automotriz, computación, tecnología militar y agricultura. La inversión en la agricultura se vio incentivada por las difíciles condiciones geográficas del país, por lo tanto con el objetivo de maximizar el uso de los escasos recursos naturales se fortaleció la relación entre los actores del sector agrícola y las instituciones públicas destinadas a la investigación (MyT, 2013)

Todos los avances e innovaciones implementados en el sector agrícola israelí son debido a la biotecnología, avances como la irrigación por goteo, los sistemas de desinfección del suelo, las hidroponías entre otros son aplicados en (...) “productos de venta, desde semillas tratadas con ingeniería genética y biopesticidas, hasta plásticos que se desintegran con la luz y sistemas computarizados de irrigación y fertilización” (MFAES, 2008, Párr.3)

Algunos avances que hacen uso de la biotecnología son:

E-nose: investigadores de la Universidad Ben-Gurion del Negev y el Centro médico de la Universidad Soroka en Beersheva desarrollaron un método eficaz y eficiente que detecta el cáncer de mamá a través de tecnología que analiza la respiración, dicho análisis se completa mediante una muestra de orina del paciente (Itongadol, 2018).

En su estudio, publicado en Computers in Biology and Medicine (2018), los investigadores pudieron detectar el cáncer de mama con una precisión promedio de más del 95% usando dos diferentes narices electrónicas que determinaron patrones de respiración únicos en mujeres con cáncer de mama (Párr.4).

Tecnología UAV⁷: la empresa con sede en Tel Aviv Convexum ideó un enfoque sofisticado, desarrollando

6. Conjunto de dispositivos capaces de aportar, de forma artificial y ordenada, el caudal de aguas sobre los terrenos más necesitados, con la finalidad de obtener una producción agrícola eficiente.

7. Vehículo aéreo no tripulado.

un sistema basado en la frecuencia de radio que puede comunicarse con un dron, tomar el control y aterrizar con seguridad (Itongadol, 2017, Párr.5).

Smart Road Stud: la empresa Valerann, desarrollo un proyecto que mediante un sistema integral de control vigila el comportamiento del tránsito de las vías, haciendo uso de dispositivos sensoriales que se pueden dirigir a distancia. (Klein Leichman, 2018)

“Esta tecnología eventualmente podrá interactuar con los sistemas de toma de decisiones de vehículos autónomos y conectarse a aplicaciones de navegación proporcionando alertas viales” (Klein Leichman, 2018, Párr. 13)

Drones para Optimizar la Agricultura: la empresa Sensilize ha venido trabajando en la agricultura de precisión a través de “La utilización de drones que combinan un sensor con el software analítico, que emite imágenes en color de los campos, así como mapas interpretados para tomar mejores decisiones agrícolas y sacar más provecho de las cosechas” (Itongadol, 2015, Párr. 1)

3.2.2. República de Corea

Corea del sur es un país desarrollado que se caracteriza principalmente por tener una infraestructura tecnológica de excelente calidad, en las últimas décadas presentó un alto progreso en el sector industrial que gira en torno a la electrónica, telecomunicaciones y sector automotriz.

Algunos avances que hacen uso de la biotecnología son:

Tejidos Corporales 3D: un equipo integrado por investigadores de Corea y Estados Unidos logró crear partes corporales (como oído, hueso y estructuras musculares) vivas utilizando una impresora 3D las cuales se implantaron satisfactoriamente en roedores (Sohn, 2016).

Imagen 1. Impresión 3D



Fuente: Sohn (2016)

Clonación: La compañía Sooam Biotech Research Foundation “es una instalación de investigación centrada en la biotecnología avanzada para aplicaciones industriales y biomédicas que utilizan clonación de animales y células madre pluripotentes combinadas con tecnología transgénica” (Sooam Biotech, 2018, Párr. 1).

Sooam actualmente se enfoca en la clonación de animales de compañía principalmente perros, sin embargo, en reiteradas ocasiones ha intentado conseguir el permiso del gobierno coreano para experimentar con células madre humanas, dicho permiso ha sido negado (Emol, 2016).

3.2.3. Japón

Japón se posiciona como la tercer mayor economía en el mundo después de Estados Unidos y China, representando aproximadamente el 6% de la economía mundial.

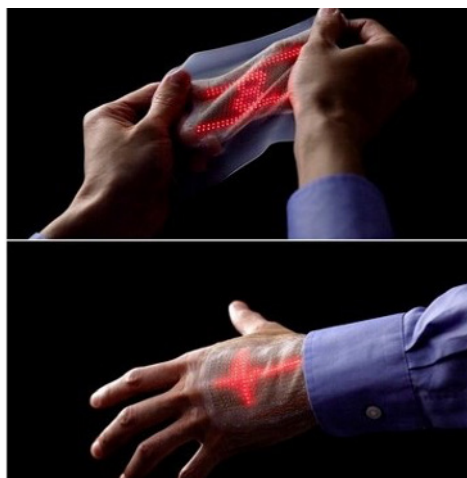
El país nipón tiene como característica fundamental el desarrollo tecnológico, focalizado en el sector industrial derivado del alto índice de inversión destinado a la investigación y tecnología (Gray, 2017). “Este país se ha destacado por su desarrollo en trenes de alta velocidad, robótica, chips semiconductores, telecomunicaciones, investigación contra el cáncer y tecnologías medioambientales” (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, 2015, Párr.4)

Algunos avances que hacen uso de la biotecnología son:

AI Guardman: es un proyecto desarrollado por NTT y Earth Eyes, que utiliza la inteligencia artificial en una cámara de seguridad para localizar posibles ladrones a través del análisis del comportamiento, enviando una señal de alerta al smartphone que incluye foto y ubicación del sospechoso. Este sistema ha tenido resultados satisfactorios en la reducción de pérdidas por robos. (International Press, 2018)

Pantalla LED Ultrafina: “Investigadores japoneses han desarrollado una pantalla LED ultrafina y elástica que puede adherirse a la piel y mostrar gráficos simples en movimiento, especialmente pensada para facilitar el acceso a la información de ancianos y discapacitados” (International Press, 2018, Párr.1)

Imagen 2. Pantalla LED ultrafina



Fuente: Agencia EFE (2018).

Cultivo de Algas Euglenas: la empresa biotecnológica Euglena Co, se destaca en soluciones a base de algas euglenas⁸ para la salud humana, tecnología verde, energía y Comida (Euglena.Co, 2018)

Ha elaborado bebidas, galletas y complementos con polvo seco de euglena, el consumo de estos productos garantiza la ingesta de una gran variedad de nutrientes, por otra parte, lleva a cabo investigaciones encaminadas a la producción de biocombustibles para la aviación y reducción de emisiones de gases contaminantes (Sato, 2014, Párr.8).

Imagen 3. Proceso de transformación del alga



Fuente: Nippon.Com (2014).

Nota: (De izquierda a Derecha) Tras eliminar el agua de las algas en una centrifugadora, se las somete a un proceso de secado por aspersión, el polvo resultante se utiliza para elaborar diferentes productos.

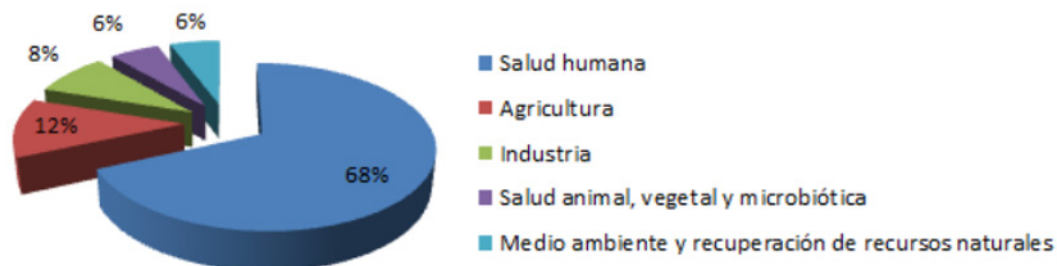
3.2.4. Estados Unidos

En el estudio “El Mercado de la Biotecnología en Estados Unidos” Inza Blazco (2016) menciona que, “Estados Unidos emergió como un país líder en la innovación en biotecnología durante la década de los 70 y, desde entonces, ha mantenido un liderazgo indiscutible en el crecimiento del sector” (p.1)

La investigación en biotecnología en este país se focaliza fundamentalmente en las áreas médicas, agrícolas e industriales. Las investigaciones médicas ocupan el 68% de los ingresos destinados a la biotecnología, y estas están enfocadas a perfeccionar tratamientos contra enfermedades que aún no tienen tratamientos funcionales (Blazco, 2016).

8. Es un alga unicelular, se caracteriza por tener un único flagelo y algunas especies tienen cloroplastos. Presentes en arrozales y charcos, realizan fotosíntesis, son seres vivos con propiedades tanto de flora como de fauna.

Grafica 3: Distribución Sectorial



Fuente: IBIS World (2016), citado por Inza Blazco, (2016).

Algunos avances que hacen uso de la biotecnología son:

Tractores Inteligentes: de acuerdo con (De Castañeda, 2017) La startup de robótica Blue River Technology fabrica robots que ven y rociaban, que se fijan en los tractores. Estos robots utilizan visión computarizada para identificar en el campo las plantas que necesitan herbicidas, fertilizantes, pesticidas y otros productos costosos utilizados para garantizar los cultivos. Los robots se utilizan en plantaciones de lechuga, algodón y otros vegetales delicados (Párr.2).

Según la compañía, su tecnología de “agricultura de precisión (AP)”⁹ puede ahorrar a los agricultores hasta el 90% del volumen de productos químicos que usan actualmente (Párr. 3)

Belridge Solar: Es un proyecto de (GlassPoint Solar, 2018) que consiste en una instalación solar térmica de 850 MW, que generará 12 millones de barriles de vapor libre de emisiones por año, y una instalación fotovoltaica de 26,5 MW que generará electricidad. Ahora utilizará el vapor y la electricidad generados por energía solar en el sitio, ahorrando 4.87 mil millones de pies cúbicos de gas natural (Párr. 2)

Como resultado, el proyecto Belridge Solar ahorrará más de 376,000 toneladas métricas de emisiones de dióxido de carbono por año. Eso equivale a compensar 80,000 autos, más de un tercio de los autos hoy en Bakersfield. (Párr.3)

La instalación conservará los recursos naturales y reducirá los NOx y otros contaminantes locales, mejorando la calidad del aire en el Valle de San Joaquín, uno de los distritos aéreos más desafiados del estado (Párr. 4).

3.3. Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología.

Según el Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA) del gobierno de España:

El Protocolo de Cartagena sobre seguridad de la biotecnología es un acuerdo internacional centrado específicamente en el movimiento transfronterizo de Organismos Vivos Modificados resultantes de la biotecnología moderna que puedan tener efectos adversos para la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica (Párr.1).

9. Se define como un conjunto de tecnologías que buscan optimizar la producción agrícola a través del manejo de la variabilidad (espacial y temporal) de los factores de producción del cultivo.

Países miembros de la Unión Europea revalidaron este protocolo 6 de enero de 2002, con el objetivo de garantizar la seguridad en los diferentes procedimientos derivados de investigaciones biotecnológicas, por lo tanto, dichas investigaciones se deben efectuar respetando principios que protejan la diversidad biológica y la salud humana (MAPAMA, 2018).

3.4. Biotecnología aplicada al sector agropecuario

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO, 2018) afirma que:

La biotecnología se utiliza para resolver problemas en todos los aspectos de la producción y elaboración agrícolas, incluido el fitomejoramiento¹⁰ para elevar y estabilizar el rendimiento, mejorar la resistencia a plagas, animales y condiciones abióticas adversas como la sequía y el frío, y aumentar el contenido nutricional de los alimentos (Párr.3).

A raíz de la necesidad de encontrar soluciones para alimentos como la yuca, las papas y el banano entre otros que permitan la creación de cultivos resistentes a enfermedades y con costos menores, se han facilitado herramientas modernas que permiten tener una valoración, tratamiento, medición y conservación de los actores involucrados en los procesos de mejoramiento de calidad. Así pues, la biotecnología se ha convertido en el camino para modificar las creencias y prácticas relacionadas con el sector agropecuario, los sectores que más beneficios han evidenciado son el pecuario y piscícola, esta evolución ha permitido que dichas prácticas sean más eficientes para el productor en términos de rentabilidad y para el medio ambiente en términos de conservación (FAO, 2018).

3.4.1. Cultivos Biotecnológicos

Los principales alimentos modificados genéticamente que tienen una posición consolidada en el mercado de plantaciones biotecnológicas son maíz, soya, algodón y canola, sin embargo, en la actualidad productos como la remolacha azucarera, papaya, calabaza, berenjena, papas y manzanas han adquirido relevancia dentro de este mercado. Por otra parte, se viene trabajando en la investigación y desarrollo de cultivos como arroz, plátano, patata, trigo, garbanzo, gandul, mostaza y caña de azúcar. (ISAAA, 2016)

Según el informe publicado por el **Servicio Internacional para la Adquisición de Aplicaciones de Agro-Biotecnológicas** (ISAAA, 2016):

La superficie mundial de cultivos biotecnológicos se ha multiplicado por 110, de 1,7 millones de hectáreas en 1996 a 185,1 millones de hectáreas en 2016, lo que hace que los cultivos biotecnológicos sean la tecnología de cultivo más rápida adoptada en los últimos tiempos. Se alcanzaron 2.100 millones de hectáreas o 5.300 millones de acres en 21 años (1996-2016) de comercialización de cultivos biotecnológicos (Párr.6).

Los 185,1 millones de hectáreas de cultivos biotecnológicos se cultivaron en 26 países, de los cuales 19 se estaban desarrollando y 7 países industrializados. Los países en desarrollo crecieron el 54% (99,6 millones de hectáreas) del área global de cultivos biotecnológicos en comparación con el 46% (85,5 millones de hectáreas) para los países industrializados (Párr.7).

10. Ciencia que tiene como objetivo fundamental modificar y alterar la herencia de las plantas, para lograr tipos mejorados agrónomicamente, mejor adaptados y de mayores rendimientos económicos que los genotipos nativos.

Tabla 3. Área Total de Cultivos Biotecnológicos de principales países en 2016

Posición	País	Área (Millón de Hectáreas)	Cultivo
1	USA	72,9	Maíz, soja, algodón, canola, remolacha azucarera, alfalfa, papaya, squash, patata.
2	Brasil	49,1	soja, maíz, algodón
3	Argentina	23,8	soja, maíz, algodón
4	Canadá	11,6	Canola, maíz, soja, remolacha azucarera, alfalfa
5	India	10,8	Algodón
18	Colombia	0,1	Algodón, maíz

Fuente: ISAAA (2016).

3.4.2. Beneficios de los avances Biotecnológicos

Monsanto Global (2018), afirma que dependiendo del actor de la cadena productiva se derivan los beneficios:

- **Para el Medio Ambiente:** se ven reflejados en la reducción del impacto de la agricultura tradicional: conservar el suelo y las fuentes de energía, reducir la producción de gases de efecto invernadero (por ejemplo, disminución en las emisiones de carbono al ambiente a través de la siembra directa), reducir el uso de herbicidas tóxicos, conservar la fertilidad del suelo y los recursos naturales. (Párr. 5).
- **Para el Productor:** El productor obtiene mayor rentabilidad derivada de la disminución de costos y el incremento de la calidad de los cultivos, los cuales tendrán mayor resistencia a enfermedades y a los cambios climáticos (Monsanto, 2018).
- **Para el Procesador:** Mediante la transformación de los cultivos destinados a para la alimentación humana y animal, se está mejorando la calidad de los productos que llegan al consumidor final (Monsanto, 2018).
- **Para el Consumidor:** Se presentan beneficios como el aumento de la calidad, dado que los alimentos son más ricos en proteínas. Por ejemplo, la soja debido a la variedad de nutrientes puede ser usada como sustituta de la carne y a partir de las características mejoradas de este alimento se puede percibir un mejor sabor, textura y nivel proteínico que contribuirá a llevar una dieta balanceada y saludable. Adicionalmente son alimentos con un menor índice de micotoxinas disminuyendo así el riesgo de adquirir enfermedades infecciosas (Monsanto, 2018).

3.4.3. Tecnologías Agrícolas

Algunas empresas dedicadas a la tecnología agrícola son:

a) Evogene: (Evogene, 2018) “Es una empresa líder en biotecnología que desarrolla productos novedosos para los mercados de ciencias biológicas a través del uso de una plataforma de biología predictiva computacional única” (Párr.1).

Actualmente, la Compañía (Evogene, 2018) se enfoca en tres mercados objetivos clave:

- Semillas: Aborda los rasgos esenciales de la semilla, tales como: rendimiento, estrés ambiental y resistencia a insectos y enfermedades.
- Ag-Chemicals: Desarrollo nuevos herbicidas e insecticidas.
- Ag-Biologicals: Desarrollo de una amplia gama de bioestimulantes y bioplaguicidas (Párr.2)

Para alcanzar sus objetivos, Evogene estableció una plataforma única de predicción de biología computacional que se basa en profundos conocimientos multidisciplinarios en biología y química, combinada con tecnologías computacionales de vanguardia que permiten la creación, integración y análisis de grandes datos dedicados con el propósito de descubrimientos sistemáticos en las áreas de enfoque elegidas. (Evogene, 2018, Párr.3)

Esta tecnología única ha evolucionado durante la última década y se ha mejorado durante los años con avances tecnológicos en Inteligencia Artificial, Aprendizaje Profundo y Big Data, y permite a Evogene revelar secuencias genómicas para rasgos de semillas, pequeñas moléculas de Ag-Chemicals y diversas bacterias para Ag-Biologicals (Evogene, 2018, Párr.4).

b) AfiMilk: “Es líder en el desarrollo, la fabricación y la comercialización de sistemas computarizados de avanzada para las granjas lecheras de hoy”. (AfiMilk, 2018, Párr.1)

Esta empresa se especializa en la obtención de información mediante un sistema de monitoreo continuo a partir del cual el productor puede tomar decisiones para incrementar la calidad de la producción. Las características que estudia son el tipo de leche, el nivel de proteínas, riesgos de enfermedades entre otras necesidades básicas del rebaño (Kloosterman, 2015).

Imagen 4. Sistema de monitoreo en el sector lácteo



Fuente: AfiBlog (2017).

c) Kaiima Bio-Agritech: “Es una compañía de tecnología genética y reproducción que desarrolla plataformas innovadoras que mejoran la productividad de las plantas para sistemas agrícolas a gran escala” (Kaiima,2018, Párr.1).

Esta empresa plantea que para incrementar la producción de cultivos la ingeniería genética no es la única solución, por ello sus sistemas están basados en la duplicación de los cromosomas, proceso que en un futuro puede suceder sin ninguna intervención. (Kloosterman, 2015).

4. Colombia y la Biotecnología

A diferencia de países desarrollados como Corea del Sur, Japón, E.E.U.U entre otros, Colombia es un país que destina pocos recursos económicos a la investigación y desarrollo. Como se observa en la gráfica 2 la evolución en la línea de inversión de Colombia desde el año 2000 tiene un comportamiento constante con un incremento levemente visible en los últimos 3 años.

En la actualidad se visualiza un mayor reconocimiento en cuanto a la importancia de la investigación. En el país existen alrededor de 138 grupos de investigación con temáticas relacionadas a la biotecnología (Agro-Bio, 2017).

La investigación en biotecnología tomó un gran impulso a partir de la creación del Programa Nacional de Biotecnología (PNB) en 1991, a través del cual se ha venido realizando un acompañamiento, monitoreo y financiación a la formación de recursos humanos y proyectos de investigación relacionados con esta nueva tecnología. (Agro-Bio, 2017, Párr.24)

Entidades como Colciencias a través de diferentes proyectos como Expedición Bio, Investigación & Desarrollo Bio, Productos Bio, Mentalidad Cultura y Comunicaciones y Articulación Institucional entre otros promueven la investigación en distintas áreas alineadas con la cadena de valor de la biodiversidad, que tienen como propósito que el país pueda alcanzar mayores estándares de competitividad. (Beltrán,2016).

- **Cultivos Transgénicos**

En Colombia al igual que en el resto del mundo se ha observado un incremento en el crecimiento de los cultivos transgénicos.

De acuerdo con la información publicada por la Asociación de Biotecnología Vegetal Agrícola (Agro-Bio, 2018) :

En el año 2002, Colombia ingresó a la lista de países que utilizan los cultivos genéticamente modificados, con la siembra del clavel azul (Párr.7).

En el año 2003 fue aprobado el algodón GM y, en 2007, el maíz GM fue sembrado en el país bajo el esquema de siembras controladas (Párr.8)

A finales del año 2009, Colombia aprobó la siembra comercial de rosas azules GM (Párr.9).

En 2017 se sembraron cultivos transgénicos en 24 departamentos del país. Los departamentos líderes en producción son Meta, Córdoba y Tolima, siendo este último el que más crece en maíz transgénico (Párr.11)

“Según el Instituto Colombiano Agropecuario ICA, durante 2017 se sembraron un total de 86.030 hectáreas maíz GM, 9.075 hectáreas de algodón y 12 hectáreas de flores azules (Párr. 12).

En tan solo 14 años de comercialización en Colombia los cultivos biotecnológicos muestran un aumento en el número hectáreas cultivadas y de departamentos que han adoptado la tecnología en semillas (Párr.18).

Imagen 5. Cultivos genéticamente modificados en Colombia



Fuente: Agro-Bio (2017).

5. Futuro de la Biotecnología

Las condiciones del entorno global están dadas para que con el pasar de los años la ciencia, tecnología e innovación adquieran un papel indispensable en el desarrollo de un país, por lo tanto, es indiscutible que el progreso de los diferentes sectores económicos estará dado por la implementación de nuevas tecnologías y desarrollos biotecnológicos que generen procesos eficientes y eficaces, los cuales le permitan competir en ambientes internacionales. Por lo tanto, no es de extrañar que países que toman mejores decisiones en

estos ámbitos empiecen a tomar relevancia.

Teniendo en cuenta que las aplicaciones biotecnológicas se encuentran en constante evolución, se evidencia un incremento en el reconocimiento de las ventajas en términos de producción, comercialización y satisfacción del consumidor final de los productos derivados de desarrollos biotecnológicos, por ejemplo en cuanto a la producción agrícola los cultivos biotecnológicos satisfacen las necesidades de los agricultores dado que hay mayor resistencia de los cultivos a los insectos y a los cambios del medio ambiente. Por otra parte, la inteligencia artificial también está jugando un papel indispensable en el sector industrial y tecnológico, que parte de su implementación para crear e innovar en diversos productos que facilitan la realización de actividades disminuyendo el tiempo que se invierte en ellas, un claro ejemplo son los drones y robots que son usados cada vez con más frecuencia.

La aplicación de la biotecnología en la agricultura, la salud, los procesos farmacéuticos, la industria, la energía entre otros ha dado lugar a la aparición de una nueva forma de percibir los procesos económicos del mundo. En ese orden de ideas el programa de futuros internacionales de la organización para la Cooperación del Desarrollo Económico, OCDE, desarrolló una agenda política sobre Bioeconomía¹¹ para el 2030 (Valbuena Calderón, 2012).

Según el estudio “The Bioeconomy to 2030” realizado por la OCDE (2009):

La biotecnología podría contribuir al 2,7% del PIB en 2030, con la mayor contribución económica de la biotecnología en la industria y en la producción primaria. La contribución económica de la biotecnología podría ser aún mayor en los países en desarrollo, debido a la importancia de estos dos sectores para sus economías. Los escenarios asumen un mundo cada vez más multipolar, sin que ningún país o región domine los asuntos mundiales. Incluyen eventos plausibles que podrían influir en la bioeconomía emergente. Los resultados resaltan la importancia del buen gobierno, incluida la cooperación internacional, y la competitividad tecnológica para influir en el futuro. Los desafíos científicos complejos y las reglamentaciones mal diseñadas podrían reducir la capacidad de las biotecnologías industriales para competir con otras alternativas. Por ejemplo, las reducciones rápidas en el costo de la electricidad renovable combinadas con los avances técnicos en la tecnología de la batería podrían dar como resultado que los vehículos eléctricos superen los sistemas de transporte de biocombustibles. Las actitudes del público podrían dar lugar a que algunas biotecnologías no alcancen su potencial. Un ejemplo es la medicina predictiva y preventiva, donde el avance de esta tecnología podría verse limitado por la resistencia pública a los sistemas de salud intrusivos y mal planificados (Cap.7, Párr. 1)

11. La bioeconomía en 2030 probablemente involucre tres elementos: conocimiento avanzado de genes y procesos celulares complejos, biomasa renovable, y la integración de aplicaciones biotecnológicas en todos los sectores.

- Kloosterman, K. (01 de 11 de 2015). *Israel 21C*. Obtenido de <https://es.israel21c.org/12-principales-empresas-de-tecnologia-agricola-de-israel/>
- AfiBlog. (19 de 06 de 2017). Obtenido de <https://www.afimilk.com/afiblog/afimilk-s-60-point-rotary-all-around-win-nofim-dairy-farm>
- AFimilk. (29 de 05 de 2018). Obtenido de <https://www.afimilk.com/es/about>
- Agencia EFE. (20 de 02 de 2018). Obtenido de <https://www.efe.com/efe/america/tecnologia/investigadores-japoneses-crean-una-pantalla-led-que-puede-adherirse-a-la-piel/20000036-3529051>
- Agro-Bio. (06 de 2018). Obtenido de <http://www.agrobio.org/transgenicos-en-el-mundo-colombia-region-andina/>
- BCN. (17 de 03 de 2015). *Biblioteca del Congreso Nacional de Chile*. Obtenido de <https://www.bcn.cl/observatorio/asiapacifico/noticias/desarrollo-ciencia-tecnologia-japon>
- Beltrán, M. (04 de 05 de 2016). Obtenido de <http://revistavolarcolombia.com/estilo-de-vida/tecnologia/colombia-le-apuesta-a-la-biotecnologia/>
- Biofactoria Gran Santiago. (05 de 06 de 2018). *Aguas Andinas S.A.* Obtenido de ¿Qué es una Biofactoria?: <https://www.biofactoria.cl/>
- BM. (2018). Obtenido de https://datos.bancomundial.org/indicador/GB.XPD.RSDV.GD.ZS?contextual=default&end=2015&locations=KR-DE-JP-US-AR-IL-CO&name_desc=false&start=2000&view=chart
- BM. (2018). Obtenido de https://datos.bancomundial.org/indicador/GB.XPD.RSDV.GD.ZS?contextual=default&end=2015&locations=AR-IL-CO-BR-KR-JP-SE-US&name_desc=false&start=2000&view=chart
- Borrás, C. (29 de 05 de 2018). *Ecología Verde*. Obtenido de <https://www.ecologiaverde.com/estres-hidrico-agua-en-peligro-46.html>
- Cenicaña. (28 de 05 de 2018). Obtenido de <http://www.cenicana.org/web/programas-de-investigacion/agronomia/geomatica/agricultura-de-precision>
- CEPAL. (03 de 2009). *Comisión Económica para América Latina y el Caribe*. Obtenido de <https://www.cepal.org/es/publicaciones/3650-biotecnologia-desarrollo>
- De Castañeda, A. (12 de 09 de 2017). *AutoConectado*. Obtenido de <https://www.zonamovilidad.es/john-deere-adquiere-startup-ia-ensenar-tractores-cultivar-tractores-inteligentes.html>
- Díaz Martínez, V. (10 de 09 de 2010). *BiotechSpain*. Obtenido de https://biotechspain.com/es/tema.cfm?iid=colores_biotecnologia

- Emol. (04 de 07 de 2016). *Emol. Tecnología*. Obtenido de <http://www.emol.com/noticias/Tecnologia/2016/07/04/810815/Un-laboratorio-permite-clonar-a-tu-mascota-para-que-nunca-te-abandone.html>
- Euglena.Co. (08 de 06 de 2018). Obtenido de <https://translate.google.com.co/translate?hl=es-419&sl=en&u=http://www.euglena.jp/en/&prev=search>
- Evogene. (29 de 05 de 2018). *EVOGENE*. Obtenido de <http://www.evogene.com/about-evogene/>
- FAO. (06 de 2018). *FAO.Org*. Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/006/Y5160s/y5160s07.htm>
- GlassPoint Solar. (06 de 2018). Obtenido de <https://www.glasspoint.com/belridgesolar/>
- Gray, A. (10 de 03 de 2017). *World Economic Forum*. Obtenido de <https://www.weforum.org/es/agenda/2017/03/las-10-mayores-economias-del-mundo-en-2017/>
- International Press. (21 de 02 de 2018). *International Press en español*. Obtenido de <https://internationalpress.jp/2018/02/21/crean-en-japon-una-pantalla-led-que-puede-adherirse-a-la-piel/>
- International Press. (31 de 05 de 2018). *International Press en Español*. Obtenido de <https://internationalpress.jp/2018/05/31/perdidas-por-robos-en-tienda-en-japon-se-reducen-casi-a-la-mitad-gracias-a-camara-con-ia/>
- Inza Blasco, A. (05 de 2016). *Biocat*. Obtenido de http://www.biocat.cat/sites/default/files/estudio_de_mercado_de_biotechnologia_en_eeuu_2016.pdf
- ISAAA. (2016). Obtenido de <https://translate.google.com.co/translate?hl=es-419&sl=en&u=http://www.isaaa.org/&prev=search>
- Itongadol. (07 de 05 de 2015). Obtenido de <http://www.itongadol.com/noticias/val/86879/avances-una-compania-israeli-implemento-el-uso-de-drones-para-optimizar-la-agricultura.html>
- Itongadol. (22 de 12 de 2017). Obtenido de <http://www.itongadol.com/noticias/val/107666/juego-de-drones-israel-se-adelanta-en-la-tecnologia-contrataques-aereos-no-tripulados.html>
- Itongadol. (02 de 05 de 2018). Obtenido de <http://www.itongadol.com/noticias/val/109743/nuevo-metodo-israeli-detecta-el-cancer-de-mama-precoz.html>
- Kaiima. (08 de 06 de 2018). Obtenido de <http://www.kaiima.com/about>

- Klein Leichman, A. (04 de 03 de 2018). *Israel21 C*. Obtenido de <https://www.israel21c.org/smart-road-stud-system-will-make-driving-safer/>
- MAPAMA. (02 de 06 de 2018). *Min. de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente*. Obtenido de <http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/biotecnologia/organismos-modificados-geneticamente-omg-/protocolo-cartagena/>
- MFAES. (01 de 04 de 2008). *Israel Ministry of Foreign Affairs*. Obtenido de <http://mfa.gov.il/MFA/MFAES/Facts%20About%20Israel/CIENCIA/Pages/CIENCIA%20Y%20TECNOLOGIA-%20IyD%20agropecuario.aspx>
- Monsanto Global. (06 de 2018). *Monsanto Global*. Obtenido de Productos: <http://www.monsantoglobal.com/global/ar/productos/pages/beneficios.aspx>
- MyT. (22 de 05 de 2013). *Mercados y Tendencias*. Obtenido de <http://embassies.gov.il/san-jose/Departments/Departamentos/La%20Prosperidad%20tras%2065%20a%C3%B1os.pdf>
- OCDE. (15 de 04 de 2009). *OCDE Library*. Obtenido de https://www.oecd-ilibrary.org/economics/the-bioeconomy-to-2030/the-bioeconomy-of-2030_9789264056886-9-en
- OECD. (2005). *Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico*. Obtenido de Statistical definition of Biotechnology: <http://www.oecd.org/sti/biotech/statisticaldefinitionofbiotechnology.htm>
- Pardo Martínez, C. I. (16 de 01 de 2018). *Portafolio*. Obtenido de La importancia de invertir en investigación en el sector real de la economía
- Sato, N. (24 de 06 de 2014). Obtenido de <https://www.nippon.com/es/features/c00517/>
- Sohn, J. (18 de 02 de 2016). *Korea.net Gateway to korea*. Obtenido de <http://spanish.korea.net/NewsFocus/Sci-Tech/view?articleId=132778&pageIndex=2>
- Sooam Biotech. (06 de 2018). Sooam Biotech. Obtenido de <http://en.sooam.com/about/sub01.html>
- Valbuena Calderón, G. (30 de 10 de 2012). *Portafolio.co*. Obtenido de <http://www.portafolio.co/opinion/guillermo-valbuena-calderon/bioeconomia-estrategia-futuro-100690>
- Wilches Flórez, Á. M. (Diciembre de 2010). *Universidad el Bosque*. Obtenido de Revista Colombiana de Bioética, Vol. 5 No 2: <http://www.bioeticaunbosque.edu.co/publicaciones/Revista/Revista11/art15.pdf>