

UNIVERSIDAD DR. JOSÉ MATÍAS DELGADO
FACULTAD DE AGRICULTURA E INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA JULIA
HILL DE O’SULLIVAN



UNIVERSIDAD DR. JOSÉ
MATÍAS DELGADO
SAN SALVADOR, EL SALVADOR C. A.

“Análisis de los potenciales impactos asociados a la introducción de cultivos genéticamente modificados en El Salvador”

MONOGRAFÍA PRESENTADA PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

Ingeniero en Agrobiotecnología.

POR:

Castillo Guardado, Sofía Beatriz

Rodríguez Benítez, Jorge Alberto

Santos Martínez, Brenda Alicia

ASESORES:

Lic. Alvaro Julio Sermeño Arias

MPhil. Jeremías Ezequiel Yanes

ANTIGUO CUSCATLÁN, LA LIBERTAD, 22 DE JULIO DE 2022.

Publicado bajo la Licencia Creative Commons: Reconocimiento CC BY



<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

AUTORIDADES

Dr. José Enrique Sorto Campbell

RECTOR

Dr. David Escobar Galindo

RECTOR EMÉRITO

Ing. Luis Enrique Córdova Macías

DECANO DE LA FACULTAD DE AGRICULTURA E INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA

“JULIA HILL DE O’SULLIVAN

COMITÉ EVALUADOR

M.Sc. José Rafael Vega López

COORDINADOR

Ing. Gilmar Mauricio Mejía Calderón

MIEMBRO DEL COMITÉ EVALUADOR

Lic. Huilhuinic Ángel Orantes Ramos

MIEMBRO DEL COMITÉ EVALUADOR

ASESORES

Lic. Álvaro Julio Sermeño Arias

MPhil. Jeremías Ezequiel Yanes

ANTIGUO CUSCATLÁN, LA LIBERTAD, 22 DE JULIO DE 2022

Publicado bajo la Licencia Creative Commons: Reconocimiento CC BY



<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Orden de imprimatum



UNIVERSIDAD DR. JOSÉ
MATÍAS DELGADO
Facultad de Agricultura
e Investigación Agrícola

ORDEN DE IMPRESIÓN DE
LA MONOGRAFÍA

ORDEN No: 03M-IAB-2022

Tema:	"ANÁLISIS DE LOS POTENCIALES IMPACTOS ASOCIADOS A LA INTRODUCCIÓN DE CULTIVOS GENÉTICAMENTE MODIFICADOS EN EL SALVADOR"
-------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

PRESENTADO POR:

	Nombre completo	Carrera
Egresado 1:	BRENDA ALICIA SANTOS MARTINEZ	Ingeniería en Agrobiotecnología
Egresado 2:	SOFÍA BEATRIZ CASTILLO GUARDADO	
Egresado 3:	JORGE ALBERTO RODRÍGUEZ BENÍTEZ	
Asesor:	Mtro. Jeremías Ezequiel Yanes / Lic. Alvaro Julio Cesar Sermeño	

OMNIA CUM HONORE

Nombres	Firma	Cargo
Mtro. José Rafael Vega López	_____	Coordinador de Comité Evaluador
Ing. Gilmar Mauricio Mejía Calderón	_____	Miembro de Comité Evaluador
Lic. Huilhuinic Ángel Orantes Ramos	_____	Miembro de Comité Evaluador

De conformidad con el Acuerdo de Rectoría número 208-2022 de fecha 23 de febrero de 2022, se omiten las firmas de los evaluadores y/o examinadores en la presente acta y para constancia del resultado obtenido, firma

Nombres	Cargo	Firma	Sello
Ing. Luis Enrique Córdova	Decano		

Fecha de defensa: 22-jul-22

Agradecimiento

A mis padres, por el esfuerzo que han puesto en mí, quienes han sido el pilar de mi vida y el principal apoyo para la culminación de mi carrera y mi formación como profesional.

A mis amigos, por ser un apoyo incondicional durante el desarrollo de mi carrera profesional, quienes me han alentado y apoyado en momentos difíciles, así como también me han acompañado en momentos inolvidables.

A mis formadores, por inspirarme a ser mejor y por compartir tanto conocimiento que me ha ayudado a formarme tanto en lo profesional como en lo personal.

A mis compañeros de carrera, por compartir una misma pasión y aprender sobre ella en conjunto. Gracias por tantos momentos y experiencias vividas durante el curso de la carrera.

A mis compañeros de investigación, por el esfuerzo y la dedicación colocada en la presente monografía, logrando anteponernos a diversos obstáculos y retos, viviendo experiencias únicas durante el desarrollo de la investigación.

A mi perro Gordo por acompañarme en todos los momentos de mi carrera y de mi vida, por ser mi amigo más leal y enseñarme mucho sin decir una palabra.

Finalmente, a mí misma, por tratar de dar lo mejor siempre y no dudar de mis capacidades.

Sofia Beatriz Castillo Guardado

Agradecimiento

Primeramente, extendiendo mi agradecimiento a todas las personas que me han apoyado a lo largo de mis estudios universitarios, a mi familia por acompañarme durante estos largos y gratificantes cinco años de estudio. A mi mamá Carmen Benítez y a mi papá Jorge Gallegos por siempre estar ahí cuando más se necesitaban.

A todos mis compañeros y amigos que he hecho durante la carrera, particularmente, con las que he realizado este trabajo de investigación Sofia Castillo y Brenda Santos, se pudo chicas.

A mis mascotas Tigre y Gringer por acompañarme todas esas noches de desvelo al elaborar este trabajo de investigación, así como en las clases virtuales.

A todos esos docentes y catedráticos que verdaderamente se encargaron de impartir su conocimiento y se esforzaron por volverse un mejor profesional, preparado para la vida laboral.

Finalmente, a mí mismo por siempre intentar dar lo mejor de mí y nunca rendirme.

Jorge Alberto Rodríguez Benítez

Agradecimiento

A Dios Todopoderoso, en primer lugar, por permitirme el discernimiento en cuanto a mis intereses académicos y profesionales, por el don de la vida que me fue otorgado y trabajar por la mejora continua.

A mi amada mamá Martita Martínez, mi amado papá Ricardo Santos, mis amados hermanos, Gilberto Santos, Eugenia Santos y Guillermo Santos, amada familia Santos Martínez, hasta acá nos ha ayudado Dios, por siempre apoyarme en todos los sentidos, este triunfo es de todos nosotros, los amo inmensamente.

A mis estimados compañeros agrobiotecnólogos de Monografía, Sofi y George, infinitas gracias por compartir, trabajar y aprender tanto de un tema tan importante para la agrobiotecnología, por su entrega y dedicación en la elaboración de este trabajo.

A mis mejores amigas, Lorena y Gabriela, gracias, chicas, porque sin ustedes, su cariño y apoyo emocional e intelectual, la Universidad no hubiese sido así de genial.

A mis docentes, excelentes facilitadores que con su entrega en el desarrollo de sus cátedras me motivaron en la adquisición de conocimiento y desarrollo profesional, muchas gracias por incentivar mi aprendizaje, especiales agradecimientos a Alejandra que me ayudó en el estudio de parasitología vegetal, área que me apasiona de mi carrera.

Finalmente, gracias a Ali, mi persona, por el esfuerzo, el trabajo realizado durante el curso de la carrera y la culminación de la misma.

Brenda Alicia Santos Martínez

Agradecimiento

Damos un gran agradecimiento a todos los docentes que nos han acompañado a lo largo de nuestros estudios, particularmente, a nuestros asesores que nos han apoyado en el desarrollo de la presente monografía.

Agradecemos inmensamente a nuestro asesor de contenido MPhil. Jeremias Ezequiel Yanes, por su orientación y motivación a lo largo de la realización de nuestro trabajo de investigación, con una actitud proactiva, amable y dedicada a nuestra formación como futuros profesionales.

De la misma forma extendemos nuestro reconocimiento a M.Sc. Diego Maximiliano Macall, M.Sc. Alejandro Hernández Soto y el Ph.D Mario Ernesto Parada Jaco por brindarnos su tiempo y conocimientos para la elaboración de este presente trabajo de investigación.

Sofía, Jorge y Brenda

4.1.1.6 Migración externa del sector agrícola.....	28
4.1.2 Resultado de lo consultado con M.Sc. Alejandro Hernández Soto.	28
4.1.2.1 Caso de éxito de siembra de OGMs en Honduras.....	28
4.1.2.2 Impacto de una posible introducción de algodón genéticamente modificado.	29
4.1.2.3 Impacto de una posible introducción de frijol genéticamente modificado con resistencia al virus del mosaico dorado.....	30
4.1.2.4 Impacto de la introducción de maíz genéticamente modificado para ensilaje en la cadena lechera de El Salvador.....	31
4.1.2.5 Perspectiva de Impacto de posible introducción de cultivos editados genéticamente	32
4.1.3 Resultados de lo consultado con el Ph.D Mario Ernesto Parada Jaco.	32
4.1.3.1 Diferencia de producción entre materiales convencionales y OGMs.	32
4.1.3.2 Análisis económico entre materiales convencionales y OGMs.	33
4.1.3.3 Manejo agronómico entre materiales convencionales y OGMs.....	35
4.2 Discusión.	35
4.2.1 Impacto Socioeconómico.....	36
4.2.2 Impacto Político.	42
4.2.3 Impacto Ambiental.....	43
4.3 Conclusiones.....	45
4.4 Recomendaciones	46
Referencias	47

Índice de figuras

Figura 1 y 2. Imágenes de campo tomadas en la siembra experimental de OGMs en El Salvador	7
Figura 3. Vulnerabilidad al cambio climático según Municipio.	22
Figura 4. Área seca en la Comunidad de Hoya Honda, Cantón Tortuguero en el Municipio de Santa Clara, en la zona norte del Departamento de San Vicente.	23
Figura 5. Corredor Seco El Salvador basado en meses secos por precipitación por zonas de.....	24
Figura 6 y 7. Imágenes capturadas durante la entrega del paquete agrícola PIATEC 2022	26
Figura 8. Gráfica de las producciones de maíz para exportación en El Salvador en los últimos 6 periodos.	27
Figura 9. Gráfica de las producciones de maíz en El Salvador en los últimos 10 periodos.....	39
Figura 10. Costos de producción por manzana de maíz tecnificado en el ciclo 2019-2020.	41

Índice de tablas

Cuadro 1. Hitos relevantes sobre la biotecnología.....	20
Cuadro 2. Hitos relevantes sobre los OGMs en El Salvador.	21
Cuadro 3. Superficie estimada en el mundo de algodón Bt y Bt/tolerante herbicida en 2004.....	30
Cuadro 4. Comparación de costos, control fitosanitario, ganancias y pérdidas del agricultor.	34

Lista de acrónimos

ANC: Autoridad Nacional Competente.

CAMPO: Cámara Salvadoreña de Pequeños y Medianos Productores Agropecuarios.

CBD: Convenio sobre la Diversidad Biológica.

CENTA: Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal “Enrique Álvarez Córdova”.

CESTA: Centro Salvadoreño de Tecnología Apropiada.

CGIAR: Grupo Consultivo sobre Investigación Agrícola Internacional.

CIAT: Centro Internacional de Agricultura Tropical.

CONACYT: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México.

CRISPR: Repeticiones Palindrómicas Cortas Agrupadas y Regularmente Interespaciadas.

DEA: División de Estadísticas Agropecuarias.

DGEA: Dirección General de Economía Agropecuaria.

EMBRAPA: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria.

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

FDA: Administración de Alimentos y Medicamentos.

INTA: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

ISAAA: Servicio Internacional para la Adquisición de Aplicaciones de Agrobiotecnología.

MAG: Ministerio de Agricultura y Ganadería.

MARN: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

OGM: Organismo Genéticamente Modificado.

PCR: Reacción en Cadena de la Polimerasa.

TEC: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.

UNAM: Universidad Nacional Autónoma de México.

Resumen

La presente investigación tiene como objetivo la evaluación de los posibles impactos que se asocian a la introducción de cultivos de OGMs en El Salvador. Es importante mencionar que este es un tema largamente ignorado en el contexto nacional, donde por desinformación o la existencia de sesgos ideológicos se ha evitado el contemplar la idea de introducir cultivos genéticamente modificados a el sistema agrícola salvadoreño, restringiendo así la producción nacional, en particular de alimentos. Por medio de consultas específicas a expertos de la temática y una posterior investigación bibliográfica se realizó un análisis de los impactos que se verían involucrados en la introducción de cultivos de OGMs en El Salvador, donde se delimitó los posibles impactos en tres: Socioeconómico, Político y Ambiental. Teniendo consecuencias positivas en el sistema productivo salvadoreño, particularmente con la utilización correcta de tecnologías como maíz genéticamente modificado en virtud de su falta de utilización de insecticidas y una reducción de mano de obra, así como la revitalización de industrias novedosas, como la algodонера, frijolera y forrajera. En términos políticos es importante tomar en cuenta los posibles beneficiarios de estas tecnologías, así como el verdadero impacto que tendrá. Finalmente, no se encontró ninguna diferencia significativa negativa en términos ambientales entre producción con cultivos genéticamente modificados y cultivos no modificados genéticamente, dentro de las diferencias existe una reducción de utilización de pesticidas, así como también un mantenimiento de las poblaciones de insectos no target.

Palabras claves: Cultivos genéticamente modificados, agricultura, impactos, introducción

Abstract

The present investigation has an objective to evaluate the possible impacts associated with the introduction of GMOs crops in El Salvador. It is important to mention that this topic is largely ignored in the national context, whereby disinformation or the existence of an ideological bias has been avoided to contemplate the introduction of genetically modified organisms to the Salvadoran agricultural system, stalling the national production, food in particular. Through specific consultations to experts in the subject matter and a subsequent literature review an analysis of the impacts that would get involved in the introduction of genetically modified crops in El Salvador was carried out, where three impacts were delimited: Socioeconomic, political, and environmental. Having positive consequences in the Salvadoran productive system, particularly in the correct usage of technologies like genetically modified corn due to the lack of usage of insecticides and a reduction of workforce, as well as the revitalization of novel industries, like the cotton, bean and fodder. In political terms it's important to consider the possible beneficiaries of these technologies, like the real impact that it would entail. Finally, there wasn't a significantly negative difference in environmental terms between the production with genetically modified crops and non-genetically modified crops, within the differences there is a reduction in pesticide use, as well as a maintenance of non-targets bugs.

Key words: Genetically modified crops, agriculture, impacts, introduction.

Introducción

La biotecnología moderna ha pretendido un cambio en una gran cantidad de industrias, desde la medicina hasta la industria alimentaria, sin embargo, una industria en la que se ha vuelto cada vez más importante así como controversial es la agrícola, desde la creación de la primera planta transgénica se han observado una gran cantidad de beneficios que se pueden obtener de los cultivos de OGMs, como el adecuado control de plagas, la resistencia a herbicidas, la inmunidad a virus o la tolerancia a sequías, creando así cultivares cada vez más eficientes en términos productivos y volviéndose una poderosa herramienta para el problema ambiental.

El tema de introducción de cultivos de OGMs en El Salvador dio inicio en el año 2008, mediante la siembra experimental de maíz modificado, y fue concluido en el año 2009, obteniendo resultados satisfactorios. Sin embargo, la implementación de productos biotecnológicos, específicamente de cultivos biotecnológicos, no fue un tema considerado dentro del marco de prioridades de las autoridades competentes en aquel entonces y actualmente es una realidad que persiste en el país.

La introducción de OGMs en el país, concretamente los cultivos biotecnológicos, han sido un tema expuesto al juicio del ojo público, generando diversas opiniones tanto a favor como en contra. Generalmente, la oposición es impulsada por una combinación de factores como la desconfianza y la desinformación sobre el tema, o también, por el intento de conservar la naturaleza de una manera extremista, en un punto en el que el uso de ella es juzgado como un crimen.

En El Salvador, existen grupos detractores como “La Red Ciudadana frente a los Transgénicos en El Salvador”, que demuestran esta tendencia a rechazar los OGMs sin argumentos objetivos y que, al contrario, esparcen información errónea al público, generando aún más desinformación en la sociedad, dificultando la posibilidad de debatir objetivamente sobre la tecnología y su implementación en el país.

Por lo tanto, la presente investigación hace referencia a los posibles impactos que se asocian a la introducción de estos OGMs en El Salvador. Donde por medio de consultas específicas con un grupo objetivo de trabajo y una investigación bibliográfica se buscó presentar datos objetivos, que demuestran los verdaderos cambios que confiere al país la introducción de esta tecnología, comparándolo con los cambios que se observaron en países como Honduras, Costa Rica y demás países de la región Latinoamericana que han observado beneficios en términos productivos y ambientales.

Es importante mencionar que la introducción de una nueva tecnología es un tema multidimensional y complejo, por lo que para analizar los impactos que se asocian a la introducción de cultivos de OGMs en El Salvador se focalizó en el impacto socioeconómico, ambiental y político. Fundamentalmente en términos socioeconómicos, se esperaba un incremento productivo, por lo tanto, una reducción en importación de materia prima, así como también la apertura a nuevos mercados escasamente explorados en el país, como impacto ambiental no se encuentra diferencia con la producción de los cultivos contraparte de los OGMs, a excepción de una menor utilización de agroquímicos. Finalmente, en el sector político se tiene un desentendimiento del tema y de los posibles beneficiarios que existirían en la introducción de esta tecnología, particularmente desde la perspectiva de la sociedad salvadoreña promedio.

Capítulo I. Planteamiento del Problema

1.1 Formulación del Problema.

Existe una falta de estudios científicos, análisis técnicos y documentos sobre el impacto que podría traer una introducción a nivel experimental, semicomercial y comercial de OGMs al sector agrícola de El Salvador, siendo un tema largamente ignorado y hasta cierto grado temido por una gran parte de la población salvadoreña.

Ignorando así una de las posibles soluciones que podrían ayudar a solucionar la inseguridad alimentaria que se vive en el país; como menciona la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) en El Salvador, aproximadamente un 13.5% de la población sufre de una pobre alimentación, por lo que su consumo calórico no es suficiente para cubrir sus necesidades energéticas. Un 19.2% del sector de niñez con una edad menor a 5 años sufre de desnutrición crónica y, por otra parte, el 15.5% de la población estudiantil de primer grado sufre de crecimiento tardío. El 23% de la población con edades de 1 a 5 años padece de anemia, agudizado principalmente desde los 12 hasta los 17 meses de edad, con una prevalencia del 42%. Finalmente, sabemos que la deficiencia vitamínica es una realidad nacional, cabe mencionar que en niños menores de 5 años existe una deficiencia de Vitamina A de un 5.3% (sin fecha, p. 6). Una de las principales ventajas de la utilización de OGMS en la solución de la problemática alimenticia en El Salvador es su facilidad productiva, permitiendo que un mayor sector poblacional pueda recibir el contenido nutricional y calórico necesario a un precio más accesible, así como también se vuelva más fácil la alimentación del ganado como una fuente proteica ideal.

Desde la resistencia de plagas como es el caso de *Bemisia tabaci* que es una plaga y vector transmisor del virus denominado mosaico dorado en frijol llamado comúnmente “moteado amarillo” y que también fue causante de grandes pérdidas cuando aún se cultivaba algodón en EL Salvador, reportando un daño por plantas individuales de un 44.2% respecto a la producción de fibra en comparación a plantas sanas según Serrano, Sermeño y Larios (1979), en la memoria del taller Centroamericano y del Caribe sobre moscas blancas donde se hace referencia a los daños que a raíz de esta plaga se genera en los cultivos antes mencionados, hasta la tolerancia a sequías, teniendo datos como previsión de incremento en la temperatura media

anual que afecten las áreas aptas para los cultivos (CGIAR, 2014), existen una gama de problemas que afectan en gran medida a la agricultura salvadoreña, que condicionan, dificultan y hasta imposibilitan la capacidad de producción agrícola a nivel nacional, volviéndose así una nación incapaz de ser autosuficientes en nuestro propio abastecimiento alimenticio. Los cultivos de OGMs podrían representar una posible solución hacia estas problemáticas, ya que al ser introducidos de manera estratégica y de forma regulada, pueden derivar en grandes contribuciones.

1.2 Pregunta de Investigación y/o Hipótesis de la Investigación.

¿Cuáles son los posibles impactos asociados a la introducción de OGMs en El Salvador?

1.3 Antecedentes

1.3.1 Historia de cultivos de OGMs en El Salvador.

1.3.1.1 Contexto legal de cultivos de OGMs en El Salvador

Desde el año 2001 se tenía bajo el contexto legal de utilización de cultivos de OGMs el decreto número 530, adoptado el 30 de agosto y publicado en el diario oficial el 20 de septiembre del mismo año, el cual hace mención al artículo 30 de la Ley de semillas (El Salvador, 2001) que prohíbe la utilización, investigación, producción y comercialización de semillas transgénicas, énfasis en prohibición expedita de semillas, por otra parte, productos, derivados y subderivados de OGMs no estaban incluidos en esta ley, por lo que la importación de productos que contenían organismos no se vio afectada.

Todo esto cambió en el año 2008, cuando por medio del decreto número 616, adoptado el 30 de abril y publicado en el diario oficial número 95 el 23 de mayo del mismo año, se deroga el artículo 30 de la Ley de semillas, con este cambio del contexto legal se abría la posibilidad de trámite de solicitudes de utilización e implementación de cultivos de OGMs, bajo un contexto experimental.

Inmediatamente es derogado el artículo 30 de la Ley de Semillas, se aprueba el decreto número 78, publicado el 1 de Julio del año 2008, donde se aprueba el Reglamento Especial para el Manejo Seguro de los Organismos Modificados Genéticamente, bajo el contexto de la Ley de Medio Ambiente (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 1998), cuyo objetivo era que el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, en adelante MARN, junto con el apoyo de instituciones especializadas aplicase las normas de seguridad a las que habrá de sujetarse las variedades obtenidas mediante el uso de la biotecnología, con la finalidad de minimizar el impacto adverso sobre la diversidad biológica nativa.

Es importante mencionar que dentro de las actividades que se busca minimizar el impacto adverso se encuentra en el movimiento transfronterizo, transferencia, tránsito, manejo genético y producción con estos bajo un contexto agropecuario.

Para que los procesos de solicitudes con este nuevo Reglamento Especial para el Manejo Seguro de los Organismos Modificados Genéticamente se llevarán a cabo satisfactoriamente el MARN forma oficialmente un Grupo de Trabajo en Bioseguridad el 8 de diciembre del año 2008. Es importante destacar que el MARN es la Autoridad Nacional Competente (ANC) encargada de la aplicación de las normas de seguridad de la biotecnología de acuerdo a los dispuesto en el Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología del Convenio sobre la Diversidad Biológica, Tal y como menciona la Ley de Medio Ambiente (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 1998) en el Artículo 68.

1.3.1.2 Solicitud de utilización de cultivos de OGMs en El Salvador.

El 15 de diciembre del 2008 por acción e interés del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal “Enrique Álvarez Córdova”, antes conocido como Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA), se realiza la primera solicitud de utilización de las tecnologías propiedad de las empresas, conocidas entonces como, Monsanto y DuWest Pioneer: Maíz Yieldgard-Roundup Ready, Roundup Ready y Herculex I para el establecimiento de parcelas experimentales, bajo la implementación de los proyectos: “Evaluación experimental y parcelas demostrativas de maíz genéticamente modificado: Maíz Yieldgard-Roundup Ready, Roundup Ready y Herculex 1, en sitio Santa Cruz Porrillo”, Evaluación experimental y parcelas demostrativas de maíz genéticamente modificado: Maíz Yieldgard-Roundup Ready, Roundup Ready y Herculex 1, en sitio San Andrés 1” y “Evaluación experimental y parcelas demostrativas de maíz genéticamente modificado: Maíz Yieldgard-Roundup Ready, Roundup Ready y Herculex 1, en sitio CEDA Izalco”. Las tecnologías evaluadas fueron: Yieldgard® - Roundup Ready®, para el control de las especies objetivo: Barrenador del tallo (*Diatraea spp.*), Gusano elotero (*Helicoverpa zea*) y Gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) y Roundup Ready para el control de maleza (uso del herbicida agrícola Roundup en aspersiones sobre el cultivo de maíz); Roundup Ready®, para el control de maleza mediante el uso del herbicida agrícola Roundup en aspersiones sobre el cultivo de maíz y Hérculex 1 que provee protección contra las especies objetivos Gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), Barrenador del tallo (*Diatraea spp.*) y Gusano elotero (*Helicoverpa zea*).

Tal y como menciona la Ley de Medio Ambiente (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 1998) en el Artículo 25. Todos los estudios de impacto ambiental fueron puestos a opinión pública por parte del solicitante en este caso el Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal, donde cualquier persona puede llegar y hacer consultas apropiadas y relevantes al proyecto, este periodo de consultas se llevó a cabo desde el 10 al 21 de noviembre del año 2008.

Finalizando las consultas públicas y la aprobación del estudio de impacto ambiental se realizan las solicitudes de movimientos transfronterizos de los OGMs, tal cual se establece en el Protocolo de Cartagena sobre la Seguridad de la Biotecnología del Convenio sobre la Diversidad Biológica, en adelante, Protocolo de Cartagena, en las fechas de 22 de diciembre al 23 de diciembre del año 2008.

Empezando del 19 de diciembre del año 2008 se preparó el terreno donde se tenía planeado llevar a cabo la siembra, tal cual se menciona en los estudios de impacto ambiental en las tres zonas establecidas, posteriormente se llevó a cabo la siembra el 9 de enero del año 2009.



Figura 1 y 2. Imágenes de campo tomadas en la siembra experimental de OGMs en El Salvador, de izquierda a derecha: 1: Cartel identificado la siembra de OGMs sembrados y 2: Siembra experimental siendo regada. Fuente: Jeremías Yanes / MARN (2008-2009)*

Dentro de esta siembra experimental se determinó la eficacia que estos cultivos de OGMs pueden presentar, en términos productivos, tal cual se menciona en el reporte elaborado por CENTA en el año 2009: “Evaluación de la eficacia de dos híbridos que expresan la proteína insecticida Cry1F en El Salvador”, donde se reportan tolerancias positivas al ataque de gusanos cogolleros y gusanos barrenadores del tallo

*Mae. Jeremías Yanes, catedrático de la UJMD y asesor de este trabajo

Finalizado este reporte por CENTA, el tema de introducción de cultivos biotecnológicos fue parado por un silencio administrativo, donde ya no hubo un interés por parte gubernamental de seguir expandiendo los resultados obtenidos en los estudios mencionados con anterioridad. Se vuelve de importancia remarcar el cambio gubernamental que hubo en el año 2009 como origen a este silencio administrativo por parte del gobierno, en años siguientes se observaron cambios a los métodos de producción agrícola, en los cuales, en ningún momento se hacía referencia a la posible utilización de OGMs.

1.4 Justificación.

El rechazo de la utilización de OGMs en sectores estratégicos como la agricultura, ya sea por falta de conocimiento o la existencia de un sesgo ideológico, supone una gran cantidad de pérdidas en términos de producción en el sector agrícola, por lo que la introducción de OGMs buscaría incrementar la producción de cultivos importantes y que formen parte de la dieta habitual salvadoreña, a fin de garantizar la Seguridad Alimentaria en el Contexto Nacional. Dentro de los problemas que pueden ayudar a solucionar el uso de OGMs se encuentra resistencia a plagas y enfermedades, tolerancia a sequías, así como una mayor producción.

Para que el país autorice una siembra experimental, semicomercial y comercial de cultivos genéticamente modificados, se necesita, en principio conocer el impacto real, que estos puedan tener, ya sea económico, ambiental o socio político y segundo contar con la seguridad jurídica suficiente que faculte y facilite la toma de decisiones en el contexto nacional.

1.5 Objetivos

General:

Evaluar los potenciales impactos asociados a la introducción de OGMs en El Salvador.

Específicos:

- Identificar los posibles beneficios socioeconómicos que involucran la introducción de OGMs al sector agrícola en El Salvador.
- Elaborar un análisis comparativo que coteje qué beneficios tienen los cultivos de OGMs en relación con sus homólogos convencionales.
- Analizar el posible impacto político que involucra la introducción de OGMs en el sector agrícola en El Salvador.

1.6 Alcances

1. Poner a disposición del público una actualización del estado de la implementación de cultivos de OGMs en el país, mediante la colocación de datos y hechos, así como también, mediante un análisis de la perspectiva, del conocimiento actual y de las decisiones tomadas en torno a la temática, de una manera imparcial, objetiva y clara.
2. Se pretende infundir una opinión crítica en el lector sobre la base de los hechos, de manera que comprendan las controversias y los desafíos existentes sobre la temática dentro del contexto nacional.

1.7 Delimitación.

Delimitación Espacial: La investigación está realizada dentro del contexto nacional.

Delimitación Temporal: La investigación fue realizada en un periodo comprendido de 3 meses, desde abril hasta junio del año 2022.

Delimitación de Contenido: Los aspectos específicos a analizar sobre el tema estuvieron circunscritos a antecedentes concretos durante el último centenio y a datos oficiales globales, y no a un análisis experimental de variables, de forma que se desarrolle una lectura de tipo inferencial, con un enfoque prospectivo y que esclarezcan ciertas incógnitas e incertidumbres que giran en torno al tema a tratar.

Capítulo II. Marco Referencial

2.1 Teorías Relacionadas.

2.1.2 ¿Qué es un OGM?

Según Martínez y Corona, un OGM es un organismo ya sea vegetal, animal o microorganismo, en el cual se ha introducido un segmento de ácido nucleico que se incorpora de manera estable al genoma, de forma diseñada y que está dirigido a obtener un nuevo fenotipo. Un fenotipo es la expresión de este ácido nucleico incorporado que se puede observar en el cambio de una característica física por ejemplo tamaño, color, etc. Esta introducción es realizada de tal manera que dicho gen no podría haber sido adquirido por el organismo a través de mecanismos que operan en la naturaleza sin la intervención humana (2007, p. 16).

Como menciona Carrasco (1999, p. 8), se emplean principalmente 3 métodos para introducir genes exógenos a una planta: el método es a través de la infección de la bacteria del suelo *Agrobacterium tumefaciens*, el segundo a través del uso de protoplastos y el tercero denominado técnica microcañón o cañón de partículas.

El primer método que se ideó se basa en el mecanismo natural de infección de la bacteria del suelo *Agrobacterium tumefaciens* que introduce un gen de su plásmido en las células de la planta infectada. Un plásmido es un fragmento de ADN circular y extracromosómico que suele contener información no vital para la bacteria. Este gen se integra en el genoma de la planta provocándole un tumor o agalla. Se aplicó con éxito por primera vez en 1984 en el tabaco y el girasol (Carrasco, 1999, p. 9).

El segundo método es el uso de protoplastos, que son células vegetales a las que se les ha liberado de la pared celular. De esta manera queda eliminada la barrera principal para la introducción de genes foráneos (Carrasco, 1999, p. 10).

El tercer método es el método del microcañón o cañón de partículas que consiste en bombardear tejidos de la planta con micropartículas metálicas cubiertas del fragmento de ADN que interesa se integre en el ADN de la planta. Se cree que es el procedimiento que más éxitos ha conseguido y el que promete más avances (Carrasco, 1999, p. 11).

2.1.3 Aspectos relacionados a la introducción de OGMs en países en subdesarrollo.

Como menciona Cantón (2014), los Países Menos Adelantados, son todos aquellos países que poseen ingresos bajos y a la vez enfrentan impedimentos en su crecimiento económico, caracterizados a su vez por una economía vulnerable. Si bien El Salvador es clasificado como un país en desarrollo, se vuelve lógico asumir que la metodología para analizar impactos que puedan existir en la introducción de una nueva tecnología como lo es los cultivos de OGMs, se vuelven comparables entre ambos tipos de naciones.

Se debe por lo tanto tener en cuenta que los posibles impactos que tenga una introducción de tecnologías como los cultivos de OGMs no se pueden medir de la misma forma en todos los lugares, existen diferencias, como lo son el suelo, el clima, condiciones socioeconómicas y condiciones sociopolíticas que se vuelve fundamental cuantificar para tener una introducción exitosa y carente de deficiencias (Cantón, 2014).

Si bien uno de los impactos que tiene una mayor relevancia en términos de determinación en la introducción de cultivos de OGMs es el posible impacto ambiental, ya que como menciona el International Life Sciences Institute Do Brasil (ILSI BRASIL por su acrónimo inglés): A la vez, el desarrollo y uso de esta tecnología (OGMs) exige el compromiso de no presentar riesgos novedosos en el ambiente donde sean introducidos. En el caso de cultivos, el ambiente se define como el agroecosistema donde éstos serán cultivados y los ecosistemas aledaños (2012). Se vuelve de vital importancia tomar en cuenta el impacto socioeconómico que involucra estas tecnologías, principalmente como una limitante para su introducción e implementación, ya que es ampliamente conocido el tipo de controversias que estas temáticas tienden a traer, tal como menciona Chilebio en el año 2015: A nivel social y político es un tema altamente polémico, particularmente la seguridad que estos presentan a la población en su siembra y en su consumo como alimento, en contraste, en la comunidad científica, no existe esta polémica, existen una gran cantidad de estudios que avalan la seguridad de la aplicación correcta de estas tecnologías. Dentro de las principales polémicas a las que hacen referencia existen los riesgos a la salud humana, el abuso de pesticidas y herbicidas, la desigualdad de distribución económica, el

etiquetado ineficiente y los problemas de propiedad intelectual, además claro de los mencionados problemas ambientales anteriormente.

Existen más de 2000 estudios científicos que evalúan y demuestran la seguridad que conlleva la utilización de los cultivos de OGMs, desde la salud humana hasta los posibles impactos ambientales, por lo que el motivo de la falta de implementación se puede reducir a un desconocimiento a los posibles impactos socioeconómicos y políticos que estas tecnologías traen a la agricultura de un país (Chilebio, 2015).

Además como concluyen Macall y Smyth, en su investigación del impacto económico que tendría una introducción de maíz genéticamente modificado a la agronomía salvadoreña, la mayoría del beneficio extraído de la utilización de maíz genéticamente modificado fuera hacia los consumidores y productores, infiriendo así un posible impacto positivo en término económico, al no solo crecer la producción, sino también la comodidad del precio en la que la población se puede alimentar, evitando así el importe de un alimento tan importante como es el maíz blanco (2020).

2.2 Conceptualización referente a la temática.

Las técnicas empleadas por la biotecnología y los productos obtenidos mediante la aplicación de esta siempre han estado expuestas ante la opinión pública, y, lastimosamente, en El Salvador, han sido juzgadas de manera negativa, especialmente en el área de la biotecnología vegetal, a través de opiniones infundadas, sin argumento y evidencia científica que las respalden.

La percepción pública sobre la temática ha estado y sigue estando basada a partir de diversas fuentes de información, que no necesariamente son textos científicos. Hoy en día, cualquiera puede opinar a partir de lo que lee, escucha y lo que ve en los diferentes contenidos proporcionados por internet, que no siempre son de confianza o de base científica. Debido a esto, en los debates generados en torno a la temática, es común encontrar opiniones con discrepancias y un uso sesgado e incorrecto de términos, principalmente en caso de opiniones en contra, aunque también pueden aparecer en algunas opiniones a favor.

Es por eso que para efectos de que la lectura de la presente monografía sea objetiva, dirigida eficiente y provechosa, se considera fundamental aclarar y colocar a disposición del lector, diferentes términos y elementos que son sustanciales para la comprensión de la temática bajo el contexto en el que se desarrolla, como ya se acotó, con énfasis una retrospectiva y perspectiva objetiva y basada en hechos reales.

2.2.1 Información básica para tener en cuenta

Los genes son segmentos de ADN en donde se encuentra la información necesaria para que se produzcan las distintas proteínas que llevan a cabo las funciones fisiológicas de un organismo, determinando de este modo, sus características. Todas las plantas, animales y bacterias, almacenan su información genética en el ADN, el cual puede leerse de la misma manera sin importar el organismo vivo al que corresponda, es por eso que, un gen proveniente de un organismo puede funcionar o acoplarse en otro organismo diferente (Finegold, ca.2021, p. 1).

Al descubrir la estructura del ADN y de los genes, así como la forma en la que este se traduce en determinados rasgos y funciones propias de un organismo, se volvió de mucho interés analizarlos de una manera más profunda, logrando así, su aislamiento, modificación, y métodos de transferencia hacia otro organismo (MedlinePlus, sin fecha).

Lo anterior descrito, es justamente de lo que trata la Ingeniería Genética. De acuerdo con Carrasco (1999), la Ingeniería Genética es aquella que permite el acceso y manipulación directa de los genes. Dicha tecnología, permite introducir en un organismo, como por ejemplo una planta, genes provenientes de otro organismo cualquiera, ya sea otra especie vegetal, un animal o un microorganismo. Es así como las plantas portadoras de un gen exógeno, al cual se le denomina *transgén*, se les conoce como plantas transgénicas o cultivo biotecnológico, Estos son conocidos también como Organismos Genéticamente Modificados (OGMs). Dichos organismos poseen en su material genético, un ADN recombinante, es decir, un ADN que combina segmentos de ADN de organismos diferentes. En efecto, las técnicas utilizadas en la Ingeniería Genética se le conocen como técnicas de ADN recombinante (Chilebio, 2018). Es así como los OGMs nacen de la necesidad de incorporar, en las plantas de interés agrícola, nuevos genes que

produzcan nuevas proteínas y que eventualmente le otorgaran a la planta rasgos o características beneficiosas para su desarrollo y producción, y que al mismo tiempo proporcionan un beneficio tanto para el ser humano como para el medio ambiente.

La ingeniería genética, las técnicas de ADN recombinante, así como los OGMs, provienen de la biotecnología. La biotecnología es una ciencia multidisciplinaria que trata del uso de la diversidad biológica, para la obtención de un bien o servicio. Dicha ciencia, ha estado presente a lo largo del desarrollo de las civilizaciones y siempre ha servido de apoyo para la solvencia de necesidades relacionadas a la subsistencia del ser humano. Es importante tener claro que la diversidad biológica se refiere a cualquier variable de vida existente en los ecosistemas, abarcando a la diversidad de especies de plantas, animales y microorganismos, siendo el principal componente de esta, la diversidad genética, que son propias de un grupo determinado de especies. Por tanto, la biotecnología, básicamente, se trata de la aplicación de técnicas sobre organismos vivos, pero al ser una ciencia bastante compleja, es necesario profundizar en el término para comprender el alcance que tiene dicha tecnología.

El Convenio sobre la Diversidad Biológica, en adelante CDB, define la biotecnología como: Toda aplicación tecnológica que utilice sistemas biológicos y organismos vivos o sus derivados para la creación o modificación de productos o procesos para usos específicos (Convenio sobre la Diversidad Biológica, 1994, Art. 2).

Es importante también tener en cuenta que, el CDB, es un instrumento internacional ratificado a la fecha por 196 países, el cual tiene como objetivos fundamentales la conservación de la diversidad biológica, la utilización sostenible de sus componentes y la participación justa y equitativa de los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos (Convenio sobre la Diversidad Biológica, 1994, Art. 1). Los alcances que involucran Biotecnología en el marco de dicho Convenio son operativizados por el Protocolo de Cartagena Sobre Seguridad de la Biotecnología, el cual es un acuerdo que tiene como finalidad contribuir a garantizar un nivel adecuado de protección en el campo de la transferencia, manipulación y uso seguros de los organismos vivos modificados resultantes de la biotecnología moderna (Protocolo de Cartagena Sobre Seguridad de la Biotecnología, 2003, Art. 1).

Ahora bien, la biotecnología tiene diferentes ramas, de las cuales, la biotecnología vegetal es la que resulta importante acotar bajo el contexto de la presente monografía. La biotecnología vegetal es aquella aplicada para el mejoramiento de plantas de interés agrícola, a través de técnicas de Ingeniería Genética, que modifican los genes de determinada especie. De la biotecnología vegetal nacen los cultivos de OGMs, que son aquellos que han sido modificados en su genoma para que éste exprese una o varias características específicas, que le permitan enfrentarse a diversas adversidades y a sobrevivir en un entorno determinado en el ambiente (como por ejemplo resistencia ante sequías o insectos), de manera que se aumente la productividad del cultivo. Pero los beneficios de los cultivos de OGMs van mucho más allá de la resistencia ante factores adversos. De acuerdo con ArgenBio (2020), la biotecnología vegetal propone diversas ventajas, como, por ejemplo, la mejora de las características morfológicas (tamaño del grano o de fruto, altura de la planta, etc.) así como la mejora en cuanto a la resistencia a plagas y enfermedades, y la tolerancia ante herbicidas. Otra de las aplicaciones que presenta la biotecnología vegetal, es la creación de cultivos que ofrezcan productos de mejor calidad, proporcionando alimentos más saludables y seguros.

Ha pasado mucho tiempo para que la agricultura llegase a un estado como el de hoy en día, en el que la transferencia de genes entre especies de manera selectiva se ha vuelto bastante común, y es así como se han obtenido muchísimas especies de plantas con características provenientes de otra especie u organismo. Esto es algo que se ha dado desde los inicios de la agricultura, en el que el ser humano realizaba cruces entre especies de manera tradicional, con el objetivo de resolver diversos problemas agrícolas, sin embargo, dichas técnicas de mejoramiento genético tradicional requieren muchas generaciones del cultivo con el fin de obtener una planta con una determinada característica. Por tanto, a partir de esta necesidad, nace la biotecnología vegetal, la cual se considera una herramienta esencial para la resolución de problemas relacionados a la producción agrícola, de manera que se evitan pérdidas económicas y pérdidas en cuanto a los volúmenes de las cosechas (Gutiérrez y otros, 2015).

Los OGMs han sido parte de nuestra vida cotidiana desde hace muchos años. Por ejemplo, la primera proteína recombinante aprobada para uso como medicamento para el ser

humano fue la insulina en el año 1982 para el tratamiento de pacientes con diabetes. Hasta ese entonces, los pacientes debían inyectarse insulina extraída del páncreas de cerdo, la cual muchas veces causaba alergias. Hoy en día, los laboratorios farmacéuticos producen insulina humana, a partir de bacterias genéticamente modificadas, de una manera más simple, de bajo costo y sin ningún riesgo para la salud (ArgenBio, 2022).

Por otro lado, existen también ciertas enzimas recombinantes que tienen aplicaciones en la industria alimentaria. Por ejemplo, el cuajo de ternero es una sustancia que se encuentra en el interior del estómago de rumiantes y es considerada esencial para la fabricación de quesos debido al alto contenido de la enzima quimosina, la cual favorece la coagulación de la leche. Dicha enzima se ha logrado producir a partir de microorganismos a los que se les ha incorporado el gen para la síntesis de la quimosina bovina (ArgenBio, 2022). La quimosina producida por microorganismos genéticamente modificados fue aprobada y ha estado presente en el mercado desde 1990 (Bravo, 2018).

Las enzimas recombinantes están presentes también, en el detergente en polvo utilizado para lavar ropa, estando diseñadas para remover selectivamente las manchas. Entre las enzimas que se pueden destacar, están las lipasas, las cuales remueven manchas de aceite; las proteasas, que remueven manchas proteicas como la sangre; y las amilasas, que remueven manchas de almidón. Estas enzimas fueron elaboradas con el objetivo de reducir y reemplazar los químicos, minimizar el uso de agua y el consumo de energía. Hoy en día, más del 90% de las enzimas provienen de microorganismos modificados genéticamente (ArgenBio, 2022).

2.2.2 Principales Hitos referentes a la temática.

FECHA	HITO
1970	Comienzos de la Ingeniería Genética, mediante los primeros aislamientos de genes y la posibilidad de modificarlos o copiarlos (Young, 2004), así como el descubrimiento y aislamiento de las enzimas de restricción (Gomez-Márquez, 2013).
1977	Descubrimiento del mecanismo de transferencia de ADN involucrado entre la bacteria <i>Agrobacterium</i> y las plantas (Gomez-Márquez, 2013).
1982	Se aprueba comercialmente por primera vez la insulina humana, para el tratamiento de la diabetes, transformándose así en la primera proteína terapéutica realizada mediante tecnologías de ADN recombinante. (Novo Nordisk Chile, ca. 2021).
1983	Creación de la reacción en cadena de la polimerasa (PCR), la cual permite replicar una porción de ADN ilimitadamente (Gomez-Márquez, 2013).
1986	Creación de la primera planta genéticamente modificada (Anon., 2014) así como también, se aprobó la primera vacuna recombinante contra la hepatitis B (Gomez-Márquez, 2013).
1990	La Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA, por sus siglas en inglés) aprueba el aditivo alimenticio denominado quimosina, una enzima recombinante utilizada en la producción de queso (Bravo, 2018).
1992	Adopción del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CBD). (CEPAL, sin fecha)
1994	Aprobación del primer vegetal transgénico para consumo humano, el tomate denominado Flavr Savr, convirtiéndose en el primer alimento transgénico en ser comercializado en USA (Gomez-Márquez, 2013).
2003	Entrada en vigor del Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología. (CEPAL, sin fecha)
2012	Jennifer Doudna, Emmanuelle Charpentier y su equipo de trabajo, descubren el sistema CRISPR/Cas9, el cual funciona como una herramienta para editar o

	corregir el genoma de una especie (La Vanguardia, 2017)
--	---------------------------------------------------------

Cuadro 1. Hitos relevantes sobre la biotecnología. Fuente: Elaboración propia mediante datos consultados en la red.

FECHA	HITO
1994	Ratificación del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CBD).
1998	Se promulga la Ley del Medio Ambiente (MARN, 2012).
2001	Mediante la adopción del decreto legislativo número 530, se emite la Ley de Semillas, donde se menciona el artículo 30, el cual prohíbe la utilización, investigación, producción y comercialización de semillas transgénicas (El Salvador, 2001, Art. 30)
2003	Ratificación y entrada en vigor del Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología. (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, sin fecha)
2008	<p>Adopción del decreto número 616, el cual promulga la derogatoria del artículo 30 de la Ley de Semillas. Con este cambio en el contexto legal, se abría la posibilidad de trámite de solicitudes de utilización e implementación de cultivos biotecnológicos, bajo un contexto experimental. Inmediatamente es derogado el artículo 30 de la Ley de Semillas, se aprueba el decreto número 78, donde se aprueba el Reglamento Especial para el Manejo Seguro de los Organismos Modificados Genéticamente, bajo el contexto de la Ley de Medio Ambiente (El Salvador, 2001, Art. 30)</p> <p>En diciembre, por iniciativa del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal “Enrique Álvarez Córdova” (CENTA), se realiza la primera solicitud de utilización de las tecnologías propiedad de las empresas, conocidas entonces como, Monsanto y DuWest Pioneer: Maíz Yieldgard-Roundup Ready, Roundup Ready y Herculex I para el establecimiento de parcelas experimentales (CENTA, 2009).</p>

2009	<p>La siembra experimental de la tecnología es llevada a cabo. Posteriormente, CENTA publica un reporte donde se demuestra la eficacia productiva de la tecnología, el cual lleva por título: “Evaluación de la eficacia de dos híbridos que expresan la proteína insecticida Cry1F en El Salvador”.</p> <p>Finalizado este reporte por CENTA, el tema de introducción de cultivos biotecnológicos fue parado por un silencio administrativo, donde ya no hubo un interés por parte gubernamental de seguir expandiendo los resultados de la experimentación con la tecnología (CENTA, 2009).</p>
------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Cuadro 2. Hitos relevantes sobre los OGMs en El Salvador. Fuente: Elaboración propia mediante datos consultados en la red.

Capítulo III Metodología.

La investigación es de carácter descriptiva-exploratoria, al tratarse de una monografía el enfoque principal es de tipo bibliográfico, sin embargo, se llevaron a cabo consultas específicas con un grupo objetivo de trabajo, donde se buscaba conocer la perspectiva sobre el tema de investigación de distintos expertos en la temática.

Dentro de las personas entrevistadas se tuvieron a:

- M.Sc. Diego Maximiliano Macall.
- M.Sc. Alejandro Hernández Soto.
- Ph.D Mario Ernesto Parada Jaco.

Se llevaron a cabo reuniones en modalidad virtual a través de la plataforma Microsoft Teams con cada uno de los entrevistados, totalizando tres sesiones de trabajo bajo un enfoque de consulta dirigida, donde se buscaba conocer sus perspectivas y puntos de vista sobre los impactos asociados con la introducción de cultivos de OGMs en El Salvador en base a sus conocimientos y experiencias en la temática.

Todas las entrevistas fueron grabadas para posteriormente ser analizadas, deconstruidas y discutidas a más detalle en los capítulos siguientes.

Capítulo IV. Resultados de la investigación.

4.1 Resultados.

4.1.1 Resultados de lo consultado con M.Sc Diego Maximiliano Macall

Los temas de mayor interés referentes a la investigación fueron los siguientes:

4.1.1.1 Cambio climático nacional.

El impacto del cambio climáticos particularmente al suelo, donde un aumento de la temperatura promedio del aire, afecta la capacidad de absorción de humedad, por lo que toma más humedad de los suelos, llevando así un incremento de pérdidas de agua de suelo, teniendo como consecuencias, un mayor secado e impermeabilidad de posibles terrenos agrícolas, lo que tiende a incrementar la duración e intensidad de fenómenos adversos como las sequías, lo que vuelve más difícil la producción de alimentos (CESTA, 2019)

Según el estudio del consorcio CGIAR en su programa de investigación sobre cambio climático, agricultura y seguridad alimentaria, el cambio climático es una realidad que tendrá un impacto significativo en el futuro de la producción agrícola de El Salvador en el año 2030, por lo tanto, es indispensable reconocer y tomar acción en cuanto a las necesidades prioritarias para lograr adaptarse a las condiciones adversas que se presenten (Bouroncle y otros, 2014).

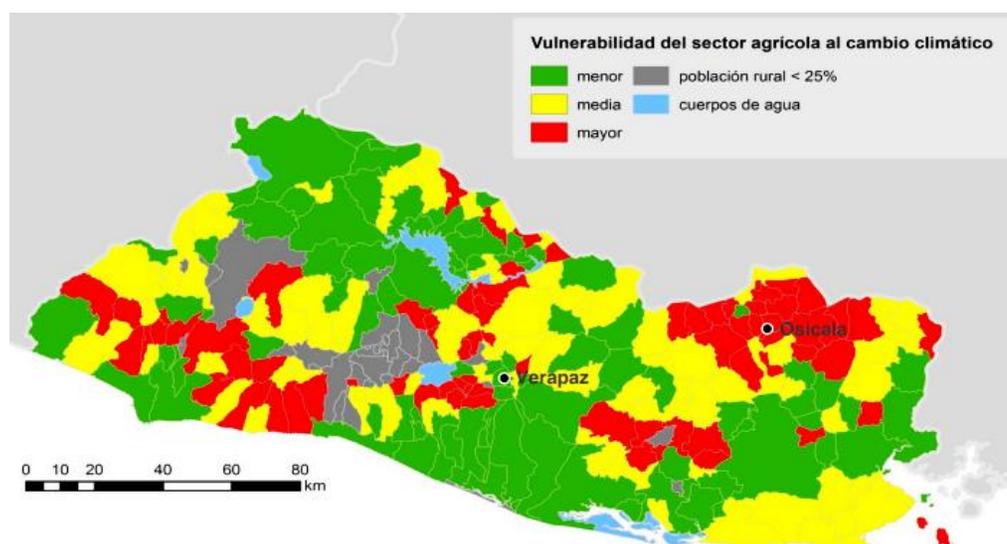


Figura 3. Vulnerabilidad al cambio climático según Municipio.

Fuente: La agricultura de El Salvador y el cambio climático: ¿Dónde están las prioridades para la adaptación? (Bouroncle y otros, 2014, p. 2).

4.1.1.2 Sequías

Dentro del contexto nacional se han experimentados sequías con un grave efecto en la agricultura nacional, particularmente en los años 2009 y 2012, sin embargo, en el 2010 se observaron condiciones climáticas inusuales y extremas, teniendo lluvias intensas dentro de los primeros meses de siembras, que fue seguida por una sequía en la segunda siembra. Por otra parte, se sufrió de una tormenta llamada 12E en el año 2011, de manera permanente por 11 días, dejando inundadas completamente a muchas comunidades y con grandes pérdidas en las cosechas y en los bienes materiales (CESTA, 2019).

En El Salvador aproximadamente un 4% de su área se encuentra afectada potencialmente por la sequía en grado severo lo que incluye los siguientes 25 municipios: San José, Bolívar, Comacarán, Meanguera del Golfo, San Antonio Pajonal (norte y este), San Alejo, Metapán (oeste), Yucuaiquín, San Miguel (centro-este), San Lorenzo (norte), Santa Rosa Guachipilín (oeste), Masahuat (noroeste), Pasaquina (oeste y sureste), San Idelfonso (sur), Santa Rosa de Lima, Texistepeque (norte), La Unión (norte), Conchagua (norte); también son afectadas pequeñas áreas: Uluazapa, Ahuachapán (norte), Santiago de la Frontera (norte), San Miguel y Apastepeque y la zona norte de San Vicente (CESTA, 2019).



Figura 4. Área seca en la Comunidad de Hoya Honda, Cantón Tortuguero en el Municipio de Santa Clara, en la zona norte del Departamento de San Vicente.

Fuente: Cambio climático y corredor seco: La lucha por la supervivencia (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2019, p. 13).



Figura 5. Corredor Seco El Salvador basado en meses secos por precipitación por zonas de vida de Holdridge

Fuente: Cambio climático y corredor seco: La lucha por la supervivencia (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2019, p. 16).

4.1.1.3 Fenómenos del niño y niña

Dentro del periodo “niño” se observa principalmente una falta de lluvias, por lo que su presencia prolongada conlleva sequías, teniendo consecuencias negativas como en la agricultura hasta el extremo de afectar la capacidad de poblaciones de abastecerse de agua, haciendo mención especial a todas aquellas que obtienen su consumo hídrico de las reservas de montaña (CESTA, 2019).

En los períodos “Niña” las lluvias incrementan hasta volverse prolongadas, lo que puede causar deslizamientos masivos de tierra, así como, derrumbes que pueden afectar, por medio de sus sedimentos en manantiales, la capacidad de abastecerse de agua de sectores de la población (ello ocurrió en Nicaragua, Honduras y El Salvador con el huracán Mitch, 1998) y Katrina en El

Salvador en el 2005 (CESTA, 2019), así como también puede afectar la producción agrícola, en virtud de causas inundaciones.

4.1.1.4 Estado actual de la producción de granos:

4.1.1.4.1 Paquete agrícola

En el periodo de gestión presidencial del ciudadano salvadoreño Mauricio Funes, se implementó el Plan de Agricultura Familiar con el propósito de beneficiar a la población rural del país que depende económicamente del cultivo de granos básicos, programa gestionado logísticamente por la Dirección General de Economía Agropecuaria (DGEA) y con apoyo del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal “Enrique Álvarez Córdova” (CENTA) para el tratamiento de semillas (FAO, 2011).

Según el portal de transparencia del Ministerio de Agricultura y Ganadería en su informe: “Subsidio Entrega Paquete Agrícola Semilla De Maíz y Fertilizante a Abril a Junio 2021 a Agricultores de Subsistencia”, el programa beneficiaba a 400,000 productores de subsistencia previamente empadronados, seleccionados en base a requisitos establecidos, financiado con un monto de \$36.5 millones destinados a incentivar el crecimiento de la producción de maíz y frijol. El paquete agrícola de maíz estaba compuesto por los siguientes insumos: 22 libras de semilla certificada de maíz H-59 y fertilizante granulado 16-20-0. Para el año 2022, en el nuevo periodo presidencial, con la Reforma a la Ley de Presupuesto 2022, se cuenta con \$13.5 millones más, destinados a la producción nacional, lo que se traduce a un total de \$50 millones, beneficiando a 600,000 productores de subsistencia, este nuevo programa se creó con la visión de lograr una cosecha más grande e histórica que propicie la pauta hacia la seguridad alimentaria del país, este nuevo paquete agrícola incluye además de las 22 libras de maíz y el fertilizante 16-20-0, un tratador de semillas y abono foliar (2022).



Figura 6 y 7. Imágenes capturadas durante la entrega del paquete agrícola PIATEC 2022, de izquierda a derecha: 6: Agricultores después de recibir su paquete agrícola y 7: Semilla de Maíz entregada en el paquete agrícola.

Fuente: El Salvador suma esfuerzos por la seguridad alimentaria con 600,000 paquetes agrícolas que entrega a productores (Presidencia, 2022).

4.1.1.4.2 Rendimiento de producción de Maíz (Variedades homólogas convencionales, híbridos y tecnología recomendada)

El comportamiento de las variedades modificadas genéticamente en cuanto a rendimiento es muy superior según el estudio de CENTA sobre la evaluación de híbridos, la tecnología recomendada y el testigo H59, en todas las localidades donde se realizó una evaluación experimental se observó que a pesar que los rendimientos del H-59 están por arriba de las 8.9 t/ha, los demás híbridos superan ese rendimiento, esto se asocia directamente a la composición genética de la planta puesto que la nueva tecnología incorpora el gen resistente a plagas, mientras que las otras variedades deben realizar un mayor esfuerzo ante estas amenazas biológicas (Parada y otros, 2009).

A continuación, se presenta una gráfica en la que se pueden observar las producciones de maíz para exportación en los últimos 6 años según informes de los Anuarios de Estadísticas Agropecuarias de El Salvador.



Figura 8. Gráfica de las producciones de maíz para exportación en El Salvador en los últimos 6 periodos. Fuente: Elaboración propia, utilizando los datos publicados en el Anuario de Estadísticas Agropecuarias de los años indicados, proporcionado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG, 2020).

4.1.1.5 Desinformación:

La desinformación es una de las principales razones por las cuales la implementación de los cultivos biotecnológicos ocasiona rechazo o aceptación por parte de la sociedad, es importante reconocer que además de realizar estudios e investigaciones sobre estos cultivos, también se debe dar a conocer sobre los beneficios a través de una comunicación efectiva que incluya a los agricultores y a la sociedad en general dado que, en este nicho, se encuentran los eventuales y potenciales usuarios y consumidores.

En el caso de los cultivos biotecnológicos, al considerarse un tema que genera polémica, se ha dado lugar a que diferentes grupos especialmente grupos ambientalistas, activistas políticos y sociólogos rurales, entre otros, hayan tomado los espacios para comunicar información sobre estos cultivos que no es verídica.

4.1.1.6 Migración externa del sector agrícola.

Una de las consecuencias de los puntos ambientales y la dificultad de siembra que se ha mencionado en los puntos anteriores es la dificultad de empleos rurales que provocan, ya sea por la dificultad de invertir en este sector, o la falta de empleos disponibles a las personas, lo que provoca un movimiento masivo del sector agrícola autosuficiente a la agroindustria, empleos domésticos, turísticos y, más reciente, la industria maquilera. En el peor de los casos de no poder obtener trabajos de esta índole en su localidad, la población rural se ve obligada a movilizarse masivamente a sectores urbanos y hasta otros países de la región americana, principalmente México y Estados Unidos de Norteamérica (CESTA, 2019).

4.1.2 Resultado de lo consultado con M.Sc. Alejandro Hernández Soto.

4.1.2.1 Caso de éxito de siembra de OGMs en Honduras.

Como primer punto se dio a conocer el caso de éxito que se ha tenido en Honduras con la introducción de maíz genéticamente modificado, teniendo su importancia en la similitud que tienen Honduras y El Salvador en cuestión de tamaño y forma de producción. Dentro de los aspectos positivos que tuvo esta introducción, se tiene lo siguiente: un incremento en producción de maíz en comparación con su híbrido convencional de un promedio del 50%, si bien el precio de la semilla es más elevado, este incremento productivo justifica la inversión, por otra parte, productores justifican que el manejo agronómico es similar entre híbridos genéticamente modificados e híbridos convencionales. En términos de utilización de pesticidas, se observó una reducción de utilización de pesticidas, teniendo, desde el punto de vista de los productores, un impacto positivo a la salud y el medio ambiente. Sin embargo, dentro de las limitantes de la implementación de estas tecnologías, existe una falta de servicio de extensión público encargado de instruir a los productores de maíz, así como también la falta de posibles créditos y ayudas económicas para que la inversión de esta tecnología sea más aceptada por los productores (Macall y otros, 2020).

En el mismo contexto, se tiene un estudio más detallado de los posibles impactos positivos económicos que trae el maíz genéticamente modificado con el evento Bt con casos de 115 qq/ha, teniendo un rendimiento promedio de 26 qq/ha más al compararlo con el del maíz convencional, si bien el costo de adopción de la tecnología es 40 dólares por hectárea superior a los híbridos de alto rendimiento, los beneficios de adoptar estas tecnologías no son sensibles a los cambios en los precios en término comercial, así como una disminución total en el uso de insumos, particularmente pesticidas (Ramírez, 2008).

4.1.2.2 Impacto de una posible introducción de algodón genéticamente modificado.

Posterior a esto se mencionó un posible impacto de la introducción de algodón genéticamente modificado en el mercado agroindustrial de El Salvador, se sabe que la exportación del algodón fue relevante económicamente en la industria salvadoreña, particularmente en los años 1963, donde llegó un 24.6 de la contribución de las exportaciones totales, sin embargo esta relevancia económica se vio reducida principalmente por el problema de plagas que existían, dentro de los más relevantes existen: el picudo (*Anthonomus grandis*), el gusano de alabama (*Alabama arguillacea*), el gusano bellotero (*Heliothis zea*) y el áfido (*Aphis Gassypii*), lo que llevaba a la utilización de pesticidas, reduciendo así el margen de ganancia a los agricultores, así como también un incremento de problemas de salud en la población del sector agrícola del país, llevando así a una reducción del mercado relevante de algodón del país (Zepeda, 2018).

Con base a esta problemática de exceso de utilización de pesticida para el control de plagas nace la utilización de algodón genéticamente modificado, particularmente el algodón BT, que busca la resistencia a diferentes tipos de insectos por la presencia de las proteínas Cry, teniendo a Estados Unidos, Australia y México que comenzaron sus siembras comerciales en 1996, seguidos por Argentina, China y Sudáfrica, volviéndose así una alternativa funcional a pequeños agricultores que sufren un exceso de plagas en cultivos de algodón (Silva, C. A. 2009), se vuelve por lo tanto un posible nuevo mercado de interés en la agroindustria salvadoreña, buscando la reducción de importaciones y el posible fortalecimiento del procesamiento de las fibras de algodón.

País	Superficie (Miles de has)
Estados Unidos	2,789
China	3,700
India	500
Australia	250
Sudáfrica	150
México	75
Argentina	25
Colombia	11
Total	7,500

Cuadro 3. Superficie estimada en el mundo de algodón Bt y Bt/tolerante herbicida en 2004.
Fuente: Algodón genéticamente modificado (Silva, 2009, p. 12).

4.1.2.3 Impacto de una posible introducción de frijol genéticamente modificado con resistencia al virus del mosaico dorado.

Como punto adicional el entrevistado hizo referencia a una variedad de frijol genéticamente modificado con una resistencia al virus del mosaico dorado, como menciona López-Munguía, Siendo una variedad desarrollada y producida por la Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria (EMBRAPA por su acrónimo en portugués) como un ente estatal, ha tenido la ventaja de evitar pérdidas de hasta 300,000 toneladas al año, representando casi el 100% de la cosecha para algunos productores (2014).

En El Salvador se ha identificado la presencia del virus del mosaico dorado desde el año 1967, estando distribuido por todo el país en los años 1990, constituyendo esto un problema económico junto con el crecimiento poblacional de su vector la mosca blanca (*Bemisia tabaci*), es

aceptado, que generalmente y puede variar dependiendo del nivel de gravedad, se tienen pérdidas de 53%-100% de producción (Alvarado y González, 1990), por lo tanto sería lógico asumir que una posible introducción de este frijol genéticamente modificado fuera positivo en término económico para productores de frijol en el país, ya que este virus sigue siendo un problema prevalente en la producción nacional de frijol. Además, como menciona el entrevistado se volvería una fascinante oportunidad de desarrollo la posible introducción de un sistema de rotación de cultivo con frijol genéticamente modificado (para proporcionar de nitrógeno al suelo), dentro del cual podría entrar el maíz genéticamente modificado, el híbrido convencional o las variedades nativas.

4.1.2.4 Impacto de la introducción de maíz genéticamente modificado para ensilaje en la cadena lechera de El Salvador

Como mencionaba el entrevistado, otro posible mercado donde los OGMs podrían ayudar es el sector lechero del país, donde hace referencia a las variedades utilizadas para ensilaje, las cuales presentan la ventaja de no coincidir con las etapas de polinización en las mayorías de variedades nativas, siendo este uno de los principales riesgos ambientales que presentan los OGMs, al poder existir flujos génicos, presentando así un posible mercado de interés que estaría pendiente a un mayor análisis para su posible introducción.

La importación de maíz extranjero es un problema que cada vez se vuelve más relevante, particularmente en los agricultores nacionales, desestabilizando los precios y por lo tanto alterando las posibles ganancias que podrían tener los productores en el territorio salvadoreño, se menciona pérdidas de hasta 80 millones de dólares que tienen que asumir los productores del país. (Reyes, 2021), si se busca como país dejar de depender de la agricultura de subsistencia y pasar a una agricultura productiva o que por lo menos sea capaz de abastecer industrias como la lechera, es necesario la utilización de nuevas tecnologías, dentro de las que puede destacar el maíz genéticamente modificado. Dentro de las importaciones de maíz se tienen 115,000 toneladas métricas de maíz amarillo, en el año 2021 bajo el contexto de las medidas necesarias para asegurar la seguridad alimentaria ante el impacto de la pandemia de COVID-19 (Alfaro, 2021).

4.1.2.5 Perspectiva de Impacto de posible introducción de cultivos editados genéticamente

Finalmente, la entrevista tocó como último punto una perspectiva de lo que podrían traer la edición de genes por técnicas como CRISPR/CAS9, haciendo énfasis en que El Salvador no debe dejar ir la oportunidad de poder involucrarse con tecnologías como estas, principalmente en la edición genética de cultivos tradicionales, como sería el loroco, buscando una mejor producción que tenga aplicación a mercados extranjeros.

Existe una verdadera oportunidad de desarrollo en términos de implementación y utilización de cultivos editados genéticamente, instituciones en Latinoamérica como la Universidad Nacional Autónoma de México, el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey en México, el Centro Internacional de Agricultura Tropical en Colombia y el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria en Argentina, están trabajando en el desarrollo de una gran variedad de cultivos con atributos que previamente no se habían explorado, como es el caso de un arroz resistente a las sequías, creado por la Universidad de Costa Rica, arroz y yuca resistente una gran variedad de enfermedades creado por el Centro Internacional de Agricultura Tropical en Colombia, mientras que en Brasil están desarrollando tomates ricos en antioxidantes. Es importante hacer la distinción que, a diferencia de un OGM, un cultivo editado genéticamente no tiene secuencias de ADN foráneos al genoma original, por lo que su regulación se vería alterada (Ventura, 2020).

4.1.3 Resultados de lo consultado con el Ph.D Mario Ernesto Parada Jaco.

4.1.3.1 Diferencia de producción entre materiales convencionales y OGMs.

El Salvador es un país con una población aproximada de 6, 325, 827 habitantes y se estima que en los próximos años aumente a los 10 millones de personas, por otro lado, el maíz es un cultivo que tiene mucha importancia en el consumo alimenticio de los salvadoreños, forma parte de la dieta habitual debido al valor agregado que se le otorga a esta materia prima en los productos finales que se obtienen a partir de este grano, por esta razón, el país realiza una

inversión económica en la importación de maíz blanco con la finalidad de suplir la limitada oferta local.

En el informe de investigación experimental que presentó el CENTA, explicado anteriormente en el contexto legal sobre los cultivos biotecnológicos y mencionado por el Dr. Parada Jaco se presentan los resultados obtenidos de la producción de maíz de los materiales utilizados. Al comparar los rendimientos de producción en las estaciones experimentales con base en el umbral económico se observó un 25% de incremento en el rendimiento del cultivo en las variedades genéticamente modificadas en relación con su homólogo convencional, mismo que se entrega en los paquetes agrícolas y conocido como H59. Los rendimientos fueron comparados en toneladas por hectárea (T/Ha), el maíz H59 alcanza una productividad que varía entre 50 y 60 quintales por manzana, mientras que con los cultivos biotecnológicos se obtendrían rendimientos hasta de 87 quintales por manzana (Parada y otros, 2009).

4.1.3.2 Análisis económico entre materiales convencionales y OGMs.

Otro punto de vital importancia es la inversión económica que se realiza para la producción del cultivo, sobre el cual el entrevistado comentó que fue una variable en la que se identificó que la inversión en los materiales biotecnológicos es recomendada para la producción en grandes extensiones del cultivo de maíz.

Se presenta una tabla comparativa de costos en la que se incluye el control de insectos plagas y maleza, rendimientos y ganancias que podría obtener un agricultor al implementar este cultivo biotecnológico con los tratamientos sugeridos aplicados durante la investigación.

Hibrido	Manejo Recomendado Por la Tecnología				
	Total Costos Variables	Control Insectos	Control Malezas	Rto T/Ha	Renta \$
DK 234 YGRR	53.42	0.00	53.42	11.27	3716.74
H-59	226.68	100.45	126.23	9.59	3160.33
DIFF	173.26	100.45	72.81	1.69	556.41
Manejo Tradicional del Agricultor					
DK 234 YGRR	226.91	100.56	126.36	10.79	3557.11
H-59	226.91	100.56	126.36	10.63	3501.76
DIFF	0.00	0.00	0.00	0.16	54.53
Testigo sin Aplicación de Insecticida					
DK 234 YGRR	171.60	0.00	171.60	11.19	3689.84
H-59	171.60	0.00	171.60	8.96	2953.05
DIFF	0.00	0.00	0.00	2.23	736.79

Cuadro 4. Comparación de costos, control fitosanitario, ganancias y pérdidas del agricultor.

Fuente: Evaluación de la eficacia de híbridos de maíz con la tecnología Yieldgard y Roundup en El Salvador (CENTA, 2009, p. 42).

Al realizar la comparación de las variedades en estudio genéticamente modificadas con las variedades homólogas convencionales se observó una diferencia significativa para el análisis económico, evaluando 3 tratamientos diferentes en cuanto a insumo invertido en el manejo agronómico del cultivo y labores de este, la tecnología recomendada por la empresa facilitadora de la variedad, el tratamiento aplicado regularmente por el agricultor y un tratamiento con el manejo básico. Se observó que en las 3 estaciones experimentales se obtuvieron resultados distintos y que las variedades genéticamente modificadas presentaron una apreciable disminución de inversión económica para el manejo y desarrollo productivo.

El diferencial o renta neta por hectárea entre YieldGard® y H-59 es de \$556 dólares, bajo el manejo Recomendado por la Tecnología. Este es el que presenta un escenario competitivo y simula lo que puede ganar, o dejar de ganar, dependiendo la opción que siga el productor.

4.1.3.3 Manejo agronómico entre materiales convencionales y OGMs.

Una buena producción de maíz se basa en sólidas prácticas agronómicas, empezando con selección de suelos fértiles y apropiados para su producción, así como la utilización de semillas de buena calidad y finalmente un control apropiado de plagas, enfermedades y manejo nutricional que asegure los rendimientos máximos (InfoAgronomo, 2018)

Con respecto al manejo agronómico del cultivo, el entrevistado menciona que los cultivos biotecnológicos, al contener el evento en su composición genética que le infiere las características de resistencia ante las plagas que ocasionan mayor daño a su homólogo convencional, requieren menos aplicaciones de insecticidas, con lo cual existe una ventaja económica en función a la mano de obra empleada en el manejo del cultivo.

Por otro lado, una observación importante que el entrevistado realizó fue en cuanto a la relación entre las características edafológicas de las zonas experimentales y los cultivos, tanto materiales convencionales como OGMs, no hubo diferencia significativa en referencia al desarrollo del cultivo.

4.2 Discusión.

Dentro de lo discutido con los expertos en la temática y lo investigado se decidió delimitar los posibles impactos que se deben de tomar en cuenta en la introducción de OGMs en la agricultura, siendo los más relevantes el Impacto Socioeconómico, Impacto Político e Impacto Ambiental.

4.2.1 Impacto Socioeconómico

El impacto socioeconómico en un país hace referencia al cambio que este puede experimentar, en cuanto a las capacidades, oportunidades y calidad de vida de la población, que dependen de la implementación o no de estrategias proporcionadas por el gobierno de turno y que contribuyen al desarrollo de la nación. Por ejemplo, los impactos socioeconómicos de la introducción de cultivos biotecnológicos en los diferentes países que han implementado la tecnología pueden verse reflejados tanto en la mejora de la ciencia y la educación, como en la reducción de la pobreza y el hambre de la población.

Es así como los resultados obtenidos a partir de las entrevistas realizadas mantienen relación con lo que sostienen otros autores, tal y como informa ArgenBio (2020, p. 8) los cultivos genéticamente modificados, ofrecen un excelente retorno de la inversión para los agricultores que utilizan dicha tecnología. De 1996 a 2018, el beneficio en el ingreso agrícola global neto fue de 225 mil millones de dólares, equivalente a un aumento promedio en el ingreso de 96.7 dólares/hectárea.

De igual forma, International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA por su acrónimo en inglés) (2014), menciona que, en un análisis global de 147 estudios en los últimos 20 años, se comprobó que la adopción de los cultivos genéticamente modificados redujo el uso de pesticidas químicos en un 37 %, aumentó el rendimiento de los cultivos en un 22 % y aumentó las ganancias de los agricultores en un 68 %. Por otra parte, diversos estudios entre 1996-2013, mostraron que los cultivos biotecnológicos, contribuyeron a la seguridad alimentaria y ayudaron a contrarrestar la pobreza de 16,5 millones de pequeños agricultores y sus familias, siendo un total de 65 millones de personas.

En términos mundiales, existe una buena cantidad de adopción y utilización de los cultivos de OGMs. Particularmente en el año 2019, se tenía un total de 17 millones de

productores en 29 países, con un total de 190,4 millones de hectáreas de cultivos genéticamente modificados (ARGENBIO, 2020, p. 1).

En Burkina Faso, un país africano de los más pobres del mundo y con recursos naturales limitados, la siembra de algodón genéticamente modificado aumentó un 65% y los agricultores reportaron que han triplicado los aumentos en rendimiento. A nivel global, para el año 2010, se sembraron 148 millones de hectáreas de cultivos de OGMs, por 15.4 millones de agricultores provenientes de 29 países diferentes. De los agricultores que utilizaron dicha tecnología, un total de 1404 millones fueron pequeños agricultores provenientes de países subdesarrollados (FAO, 2011, pp. 2 y 3).

Sin embargo, es importante mencionar que, pese a que el entrevistado Alejandro Hernández Soto recomienda el algodón genéticamente modificado como un cultivo al que pudiera apostarle, la realidad y el contexto de trabajo de acuerdo a la agenda agrícola en El Salvador, nos deja ver que, en la actualidad, el algodón no es considerado uno de los cultivos prioritarios para atender.

ChileBio (2014) en una noticia sobre los impactos socioeconómicos y ambientales de los cultivos de OGMs a nivel mundial entre 1992-2012, menciona que, en 17 años, la tecnología Bt permitió que los rendimientos de maíz incrementaran en un 10.4%,

En el caso de El Salvador, la agricultura ha sido la base de subsistencia de las familias, especialmente mediante la siembra de maíz híbrido, siendo esta la principal fuente de ingreso para los agricultores salvadoreños. Diego Maximiliano Macall comenta que “para el 2014, 300.000 familias estaban involucradas con la producción de maíz en El Salvador” por otro lado, también menciona que “el 91% de productores en El Salvador utiliza un híbrido y es característico de El Salvador”, menciona que el agricultor se debe de estar abasteciendo anualmente con materia prima, en este caso con el paquete agrícola, para garantizar su subsistencia. Si bien es cierto, la semilla proporcionada en el paquete tiene sus beneficios, también tiene sus limitaciones, como, por ejemplo, los efectos adversos del cambio climático.

El cambio climático es un factor que ha impactado fuertemente la economía de las familias agricultoras, ya que los fenómenos climáticos han dañado fuertemente a la agricultura del país, causando graves pérdidas en la producción de granos básicos, lo que ha dificultado abordar problemas como crisis alimentaria que vive El Salvador, convirtiéndolo en uno de los países más pobres y necesitados en Latinoamérica. Diego Maximiliano Macall comentó en la entrevista que “como somos un país pequeño y somos más gente nosotros si necesitamos híbridos pues no hay otra manera de alimentarnos, aun con la cantidad de adopción de híbridos en El Salvador, ahora con el cambio climático, cada vez nos alimentamos menos”.

Lo antes mencionado por el entrevistado, entabla una relación con lo descrito en el artículo redactado por Orellana (2019) donde informa que, las sequías y lluvias prolongadas, o bien la presencia de plagas, son factores que han golpeado gravemente el sector agrícola del país. Las sequías son uno de los principales factores causantes de pérdidas en granos básicos, haciendo énfasis en la región del corredor seco centroamericano, de la cual El Salvador es parte y por tanto presenta una vulnerabilidad alta a sufrir sequías fuertes y prolongadas. En dicho artículo, se presentan las pérdidas correspondientes a los periodos entre 2014 a 2019, los cuales registraron 607.7 millones de dólares de pérdidas en granos básicos, haciendo énfasis en el maíz, el cual tuvo pérdidas mayores en comparación a otros cultivos de interés agrícola. En dichos años, reportó mayores pérdidas en los periodos correspondientes a 2014-2015, 2015-2016 y 2018-2019, con cantidades de 8.2 millones, 11.6 millones y 6.4 millones de quintales perdidos respectivamente, contabilizando un total de 26.2 millones de quintales en 3 periodos.

Igualmente, en las cifras otorgadas por los Anuarios de Estadísticas Agropecuarias de El Salvador, proporcionadas por el Ministerio de Agricultura y Ganadería, se puede observar la variación de la producción de maíz a través de los años, teniendo altos y bajos pero nunca mejorando la producción de manera sustancial, debido a los impactos que sufre debido a factores externos como el clima, que son problemas que quedan fuera de las manos del agricultor, limitando así, su subsistencia y bienestar. A continuación, se presenta una tabla que ilustra las variaciones en las producciones de maíz en los últimos 10 años (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020).

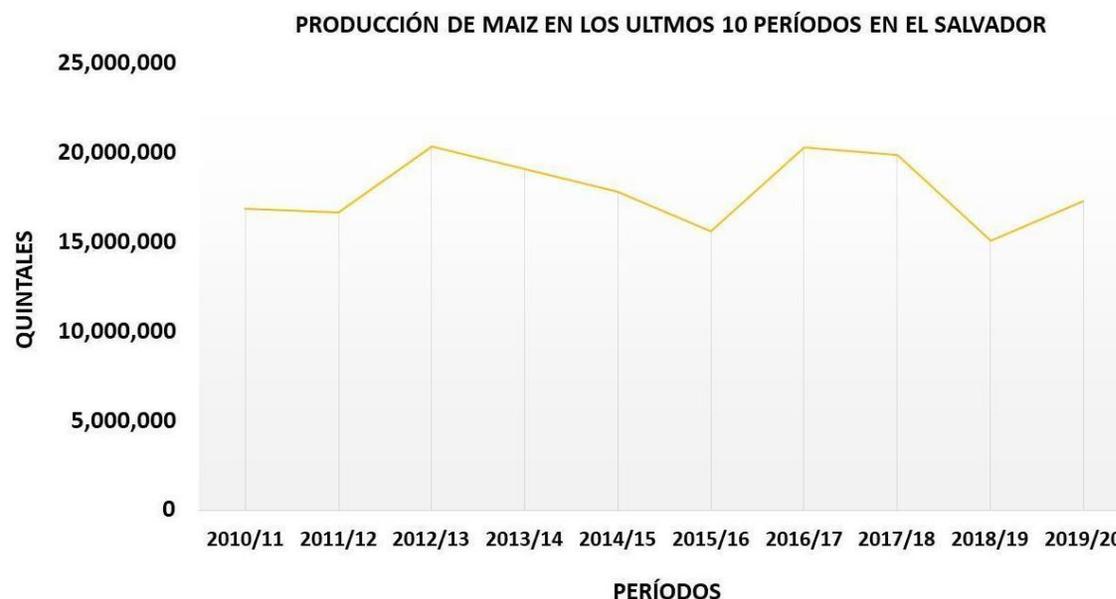


Figura 9. Gráfica de las producciones de maíz en El Salvador en los últimos 10 periodos.

Fuente: Elaboración propia, mediante los datos publicados en el Anuario de Estadísticas Agropecuarias 2019-2020, proporcionado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG).

Asimismo, Guzmán (2022) en su artículo, hace hincapié sobre la problemática que significa el cambio climático para El Salvador. En dicho artículo, Luis Treminio, presidente de la Asociación Cámara Salvadoreña de Pequeños y Medianos Productores Agropecuarios (CAMPO), menciona que “el cambio climático es una realidad y se debe trabajar en base a ello, (se deben) buscar alternativas más resistentes a los cambios del clima, para minimizar los posibles efectos, trabajar en investigación de semillas más resistentes, entre otros” Asimismo, en dicho artículo, el ministro interino de Agricultura, Enrique Parada Rivas, asegura que con la entrega de 600,000 paquetes agrícolas, se está previendo la seguridad alimentaria, mencionando que “la meta de productividad por manzana es de 55 quintales de rendimiento y con esto, contabilizando 600,00 manzanas, podemos decir que tendremos autoabastecimiento de maíz a nivel nacional”.

Sin embargo, Treminio dice que la entrega de los paquetes agrícolas es una “forma errada de abordar el problema de la crisis alimentaria, porque no se resolverán dando paquetes agrícolas, al contrario, ahora serán 600,000 productores que necesitan abonos, no podrán aplicar suficiente fertilización y bajará la producción”, esto último refiriéndose a otro problema que enfrentan los productores salvadoreños; el alto costo de los fertilizantes. Igualmente menciona que “el promedio nacional es de 50 quintales por manzana y para elevar ese promedio es necesario una

mejor fertilización y semillas de alto rendimiento, y ninguna de las dos cosas tienen los productores” (Guzman, 2022).

El entrevistado también comentó que las consecuencias de los conflictos bélicos entre naciones que son potencias mundiales, y de las cuales El Salvador depende, afectan la producción de granos básicos, debido a que el precio de los insumos agrícolas se eleva significativamente, aumentando el precio de producción por manzana de maíz. El entrevistado mencionó que “(se sigue) ocupando las mismas tecnologías (refiriéndose al híbrido), y la gente pues, esperando y rogándole a Dios que el invierno sea apropiado porque si no se va a aguantar hambre”.

Alfaro (2022, P. 3), menciona que, entre los principales factores que afectan la producción de maíz en El Salvador, son los altos precios de los insumos y el aumento de las importaciones de maíz blanco por la eliminación de aranceles. Este último factor, es importante acotar, ya que presenta un golpe directo para el productor salvadoreño. Luis Treminio, en dicho artículo menciona que, Con las importaciones que realizan los Gobiernos, ponen a competir al pequeño productor con productos totalmente subsidiados, por ejemplo, el maíz de los Estados Unidos tiene el 50 % de subsidio y, el paquete que da el Gobierno apenas cubre el 5 % del costo de producción. De igual forma, Raul Aguilar, directivo de CAMPO, menciona que si alguien decide producir una manzana de maíz y los costos andan cerca de los \$900, ¿cuánto le va a costar o en cuánto va a tener que vender el quintal de maíz para poder sacar los costos de producción?, va a tener que vender arriba de los \$20 y eso es alarmante porque a ese precio de mercado es complicado venderlo.

Para complementar lo antes mencionado, a continuación, se presenta un análisis a profundidad de los costos de producción por manzana de maíz tecnificado, correspondientes al ciclo agrícola del 2019-2020, proporcionados por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (2020).

RENDIMIENTO POR MANZANA (QQ/Mz)		COSTO(\$) POR MANZANA			COSTO(\$) POR QUINTAL			
70.81		940.86			13.29			
INSUMOS		UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO DÓLARES	COSTO PARCIAL DÓLARES		COSTO TOTAL DÓLARES	
Semilla*		LB	25.91	2.49	64.52		370.18	
Fertilizante Formulado		QQ	4.78	24.91	119.07			
Sulfato de Amonio		QQ	5.81	12.88	74.83			
Urea		QQ	2.50	24.33	60.83			
Pesticidas y Foliars					50.94			
LABORES DE CULTIVO	NÚMERO DE APLICACIONES	MASCULINO			FEMENINO			COSTO TOTAL DÓLARES
		JORNAL	COSTO UNITARIO DÓLARES	COSTO PARCIAL DÓLARES	JORNAL	COSTO UNITARIO DÓLARES	COSTO PARCIAL DÓLARES	
Chapoda		5	6.67	33.35				156.74
Siembra		5	6.69	33.45				
Fertilización		3	5	6.64				
Aplicación de Pesticidas y Foliars		4	3	6.69				
Limpias		3	4	7.50				
Caporal de Cultivo		1	6.67	6.67				
COSECHA Y TRANSPORTE INTERNO		ANIMAL/MECANICA***			MANO DE OBRA			
		PASE	COSTO UNITARIO DÓLARES	COSTO PARCIAL DÓLARES	JORNAL	COSTO UNITARIO DÓLARES	COSTO PARCIAL DÓLARES	
Dobla					5	7.00	35.00	196.26
Tapizca					7	6.71	46.97	
Destuce y Desgranado		70.81	0.52	36.82				
Transporte Interno		70.81	0.36	70.80				
Caporal de Cosecha					1	6.67	6.67	
COSTO DIRECTO								805.50
Administración		3%						24.17
Imprevistos		2%						16.11
Intereses **		4%						32.22
Alquiler de la Tierra		Mz.						62.86
COSTO INDIRECTO								135.36
COSTO TOTAL								940.86

* La semilla y el fertilizante donados por el MAG se considera con un precio de agroservicio para calculos de Costos de Producción

** Tasa de interes por desembolsos

*** Incluye impuesto de IVA y el costo de los ayudantes

Figura 10. Costos de producción por manzana de maíz tecnificado en el ciclo 2019-2020.

Fuente: Costos de Producción de Cultivos Agrícolas (MAG, 2020, p. 9).

Todo lo antes mencionado por las diversas fuentes de información, refleja que El Salvador no produce la cantidad suficiente de alimento para sus habitantes. CAMPO estima que la población salvadoreña consume aproximadamente 18.8 millones de quintales de maíz cada año, lo cual es preocupante, ya que en el periodo entre 2020 a 2021, la producción de maíz disminuyó, en comparación con años anteriores, a 17.1 millones de quintales cultivados (Alfaro, 2022).

4.2.2 Impacto Político.

El escenario político es un factor muy importante a tener en cuenta en casos como la introducción de una nueva tecnología, dicho escenario es un pilar vital en la toma de decisiones que pueden ralentizar o acelerar la adopción e implementación de novedosas tecnologías como pueden ser los OGMs, como mencionaba Ph.D Mario Ernesto Parada Jaco: “Yo antes de esto, siento que estas leyes, más que permitirnos tener una precaución están deteniendo estas tecnologías (refiriéndose a los OGMs), ningún productor va a llegar con su solicitud y le va a decir al Ministerio de Medio Ambiente tenemos ciento ochenta días hábiles contestarle si si o no llegar a hacer un estudio de impacto ambiental”. Si bien es necesario que estas leyes existan para una introducción segura de los OGMs, a su vez deben de dejar de servir como un obstáculo, particularmente teniendo en cuenta la necesidad que tendrá el país de adoptar nuevas tecnologías agrícolas. Un caso que se puede mencionar de manera comparativa puede ser la situación regulatoria de Chile, siendo un país clave para la exportación de semillas OGMs hacia el hemisferio norte del continente americano, tienen una normativa que facilita y a la vez fomenta la producción de semillas transgénicas en un ambiente seguro y aislado, con evaluaciones caso a caso, en una normativa elaborada y modificada desde el año 1992. A su vez en términos de producción agrícola cada propuesta debe de ser sometida a una evaluación de impacto ambiental (ChileBio, 2015).

Es evidente por lo tanto la necesidad de una renovación al marco legal para la introducción de OGMs, uno que no sea un obstáculo y que vele por una introducción informada, basada en ciencia y carente de sesgos ideológicos, siendo este último uno de los principales factores taxativos al momento de introducir OGMs en el país, como mencionaba Ph.D Mario Ernesto Parada Jaco: “A veces sentía que al trabajar con OGMs se trabajaban con monstruos, así lo miraba el Ministerio de Medio Ambiente en ese tiempo, de hecho cuando empezábamos a tocar las mazorcas con las manos desnudas, venían y decían que nos íbamos a morir, porque estamos tocando un material completamente malo.” Si no existe un conocimiento certero y objetivo en el sector político de estas tecnologías, las leyes sirven para retrasar estas introducciones más que para asegurar una introducción segura. Existen muchos casos de distintas opiniones o puntos de vista sesgados, desde posibles efectos adversos que podría tener a la salud humana y animal, casos de desigualdades de distribución de la riqueza de la utilización de estas

tecnologías o posibles impactos negativos en el medio ambiente, si bien estas dudas son válidas, es importante tener en cuenta la amplitud de los estudios que se han tenido con los OGMs con el paso del tiempo, son tecnologías que llevan desde 1986 de su invención (ChileBio, 2015), han sido por lo tanto evaluadas en una gran variedad de posibles riesgos involucrados.

Por otra parte, mencionaba M.Sc Diego Maximiliano Macall, en términos de impacto político: “Política entiendo yo, como beneficio como grupo o como individual y cuales son mis intereses, como familia que depende del maíz (...) si yo adopto maíz transgénico, mi tope sería el 91% de personas, el otro 9% no participa en el mercado, los cuales obtienen su beneficio en menos horas trabajando, menos aplicación de pesticida, siendo un tema multidimensional.”

4.2.3 Impacto Ambiental

El principal impacto ambiental que generalmente se tiene en cuenta en la introducción de OGMs es el de problema de flujo de genes, en particular, de especies con genes foráneos a especies nativas, con una combinación genética que se busca ser preservada y estudiada a fondo sin ninguna contaminación genética, como mencionaba M.Sc. Alejandro Hernández Soto: “Si hay discusión en maíz, por el tema de flujo de genes, que es, digamos el argumento de batalla de la gente que se opone a esto”, sin embargo, el también acoto: “El maíz para ensilaje no llega a floración, y ahí tienes una solución, que responde a un mercado local que es de leche, normalmente los maíces criollitos (haciendo referencia a las variedades nativas) su ventana de polinización no coincide con los momentos de siembra de maíces comerciales” Si bien el flujo de genes es un problema ambiental que puede tener impacto en la introducción de OGMs, estas problemáticas se tienen previstas y están propensas a evaluaciones y análisis de riesgo que buscan minimizar lo máximo posible las consecuencias, no existe hasta la fecha casos relevantes de un flujo de genes, donde se confieran genes foráneos a especies nativas, o en el peor de los casos a malezas que adquieran resistencia a herbicidas, todos estos son riesgos que se toman en cuenta cuando se elabora un estudio de impacto ambiental, por lo tanto, se busca minimizar la posibilidad que casos como estos se presenten (GreenFacts, 2004).

Otro posible impacto que se tiende a tomar en cuenta cuando se trata temas de introducción de OGMs es el del efecto que estos puedan tener en la fauna local, en particular insectos, precisamente en el caso de su interacción con eventos Bt, como menciona Ph.D Mario Ernesto Parada Jaco: “Nosotros en ese trabajo, pueden leer, que estuvimos viendo la parte de la relación con los artrópodos, incluyendo los insectos que si reducía o aumentaba con los OGMs y no encontrábamos una reducción de insectos que fueran benéficos o plaga, a excepción de aquellos target o insectos blanco, el caso de *Helicoverpa*, el caso de *Spodoptera* y el caso de *Diatraea*, nosotros vimos esa gran diferencia”. Distintos estudios que consistieron de 7279 registros de invertebrados en 120 artículos han llegado a la conclusión de que el maíz Bt no presenta ningún efecto en la población de artrópodos, lombrices o nematodos en los lugares donde se siembra, por lo tanto, la producción con maíz transgénico es menos peligroso que la producción con híbridos convencionales, ya que se incrementa el uso de insecticidas (Agro-Bio, 2022).

4.3 Conclusiones.

1. Con base a lo investigado se puede afirmar que, para la introducción de cultivos de OGMs, es necesario tomar en cuenta los posibles impactos Socioeconómicos, Políticos y Ambientales, que puedan condicionar la implementación de la tecnología en el sector agrícola de El Salvador.
2. En términos socioeconómicos, se presenta un incremento productivo de maíz al utilizar cultivos de OGMs, en virtud de la disminución de la utilización de insecticidas y mano de obra, a su vez, se vuelve fundamental la utilización de cultivos de OGMs para la reducción de importaciones en posibles industrias emergentes como la algodónera, la frijolera, la forrajera y la apertura a cultivos editados genéticamente, atendiendo mercados en potencia.
3. No hay diferencia comprobada entre la siembra y producción del maíz convencional con el maíz genéticamente modificado en sectores ambientales, de hecho, la siembra de cultivos de OGMs supone una disminución del uso de insecticidas, contribuyendo así a la conservación del medio ambiente.
4. Existe una desinformación en torno a la tecnología en el sector político, lo que conlleva a un desentendimiento al momento de tomar decisiones al respecto de su introducción e implementación. Por lo tanto, el impacto político se vuelve más que solo un análisis de leyes, también se vuelve fundamental tomar en cuenta los beneficiarios de esta introducción, si verdaderamente vale la pena para la población en general la introducción de OGMs a la agricultura salvadoreña.

4.4 Recomendaciones

- A las instituciones vinculadas directamente a la temática continuar con futuras investigaciones con respecto a la tecnología de manera que evalúen, promuevan o, en el mejor de los casos, deriven en la eventual adopción de cultivos de OGMs en El Salvador.
- A los tomadores de decisiones en torno a la temática, incluir dentro de su competencia y marco de actuación, una postura clara, definida y circunscrita a los compromisos tanto nacionales como internacionales suscritos por el país con relación a la adopción, gestión e implementación de la Biotecnología Moderna.
- A la comunidad científica salvadoreña fomentar la divulgación científica mediante una comunicación eficiente con la población, de modo que se resuelvan ciertas inquietudes e incógnitas que prevalecen en la sociedad con respecto a la biotecnología.
- Al sector algodonero, forrajero y de granos básicos, específicamente el maíz de El Salvador, que se apoye de la implementación de cultivos de OGMs por los beneficios que estos confieren, como la disminución de importaciones en materias primas o hasta la obtención de insumos comercializables, llamados commodities, que pueden utilizarse para la fabricación de otros productos más refinados.

Referencias

- AGRO-BIO. 2022. *Maíz transgénico es inocuo para otros organismos, revela nuevo estudio* [en línea]. [Consulta: 25 de junio de 2022]. Disponible en: <https://agrobio.org/ma%C3%ADz-transg%C3%A9nico-inocuo-seguro-organismos-insectos>
- ALFARO, Karla. 6 de junio de 2022. Producción de granos básicos en El Salvador cayó 442,000 quintales. En: *Revista El Economista*. [en línea]. [Consulta: 27 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.eleconomista.net/actualidad/Produccion-de-granos-basicos-cayo-442000-quintales-en-cosecha-20202021-en-El-Salvador-20220606-0001.html>
- ALFARO, Karla. 21 de abril de 2022. El Salvador: Importaciones y alza en insumos complicarán cosecha 2022-2023. En: *Revista El Economista*. [en línea]. [Consulta: 27 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.eleconomista.net/actualidad/El-Salvador-Importaciones-y-alza-en-insumos-complicaran-cosecha-2022-2023-20220421-0001.html>
- ALVARADO, Carlos y GONZÁLEZ, Walter. 1990. *Incidencia y pérdidas debidas al virus del mosaico dorado en dos variedades de frijol común (Phaseolus vulgaris) en dos localidades de El Salvador* [en línea] [Tesis de ingeniería agronómica] Universidad de El Salvador. [Consulta: 19 de junio de 2022]. Disponible en: <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/16427/1/13100151.pdf>.
- ARGENBIO. [sin fecha]. *Aplicaciones de la biotecnología*. [en línea]. [Consulta: 10 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.argenbio.org/biotecnologia/aplicaciones-de-la-biotecnologia/177-biotecnologia-hay-enzimas-en-mi-jabon-en-polvo#:~:text=Aplicaciones%20de%20la%20biotecnolog%C3%ADa&text=Efectivamente%2C%20el%20detergente%20en%20polvo,manteca%20o%20I%C3%A1piz%20de%20labios.>
- ARGENBIO. [sin fecha]. *Los cultivos transgénicos en el mundo* [en línea]. [Consulta: 10 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.argenbio.org/cultivos-transgenicos/12549-los-cultivos-transgenicos-en-el-mundo>
- ARGENBIO. 2020. *Nuevo informe de impacto socio-económico de los cultivos transgénicos a 25 años de su adopción*. [en línea]. [Consulta: 10 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.argenbio.org/actualidad/72-mas-novedades/mas-novedades-en-el-mundo/12574-beneficios-de-la-biotecnologia-agricola>
- ARGENBIO. [sin fecha] *Aplicaciones de la biotecnología: quimosina para el queso*. [en línea]. [Consulta: 10 de junio de 2022]. Disponible en:

<https://www.argenbio.org/biotecnologia/aplicaciones-de-la-biotecnologia/188-quimosina-para-el-queso>

ARGENBIO. Sin fecha. *Cultivos transgénicos*. [en línea]. [Consulta: 21 de junio de 2022].

Disponible en: <https://www.argenbio.org/cultivos-transgenicos>

ARGENBIO. Sin fecha. *La biotecnología y la industria farmacéutica: el ejemplo de la insulina*. [en línea]. [Consulta: 10 de junio de 2022]. Disponible en:

<https://argenbio.org/biotecnologia/aplicaciones-de-labiotecnologia/179-la-biotecnologia-y-la-industria-farmaceutica-el-ejemplode-la-insulina>

BALAM. 2012. ¿Qué es la agricultura de subsistencia y cuál es su origen?. En: *Balam agriculture* [en línea], [Consulta: 12 de junio de 2022]. Disponible en: <https://balam.es/que-es-la-agricultura-de-subsistencia-y-cual-fue-su-origen/>

BOURONCLE, Claudia, IMBACH, Pablo, LÄDERACH, Peter, RODRÍGUEZ Beatriz, MEDELLÍN Claudia y FUNG, Emily. 2014. *La agricultura de El Salvador y el cambio climático: ¿Dónde están las prioridades para la adaptación? Grupo Consultivo sobre Investigación Agrícola Internacional* [en línea], [Consulta: 12 de junio de 2022]. Disponible en:

https://www.cac.int/sites/default/files/An%C3%A1lisis_de_Vulnerabilidad_El_Salvador.pdf

BRAVO, Elizabeth. 2018. Cuajo transgénico y el control empresarial de la empresa quesera. En: *biodiversidadla* [en línea]. [Consulta: 10 de septiembre de 2022]. Disponible en:

https://www.biodiversidadla.org/Documentos/Cuajo_transgenico_y_el_control_empresarial_en_la_produccion_quesera

CANTÓN, Isabel. 2014. El Impacto de los alimentos transgénicos en el desarrollo de los países menos adelantados. En: *Comillas* [en línea]. [Consulta: 13 de junio 2022]. Disponible en:

<https://repositorio.comillas.edu/xmlui/bitstream/handle/11531/32/TFG000200.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

CARRASCO, J. F. 1999. Plantas Transgénicas. En: *Butlletí Centre d'Estudis de la Natura del Barcelonès Nord* [en línea]. **IV**(3), [Consulta: 03 de agosto de 2022]. Disponible en:

https://mgsb.es/publicacions/index_archivos/Transgenicas.pdf

- CESTA. 2019. *Cambio climático y corredor seco la lucha por la supervivencia* [en línea]. [Consulta: 12 de junio 2022]. Disponible en: <https://cesta-foe.org.sv/wp-content/uploads/2013/12/CORREDOR-SECO.pdf>.
- CHILEBIO. 2015. *Los 10 hechos más importantes de los cultivos transgénicos en el 2014*. [en línea]. [Consulta: 10 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.chilebio.cl/2015/02/13/los-10-hechos-mas-importantes-de-los-cultivos-transgenicos-en-el-2014/>
- CHILEBIO. 2015. *Transgénicos y Controversia* [en línea]. [Consulta: 10 de junio 2022]. Disponible en: <https://www.chilebio.cl/controversia-transgenicos/>.
- CHILEBIO. 2014. *Cultivos transgénicos: impactos socio-económicos y ambientales a nivel mundial 1996-2012*. [en línea]. [Consulta: 10 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.chilebio.cl/2014/05/14/cultivos-transgenicos-impactos-socio-economicos-y-ambientales-a-nivel-mundial-1996-2012/>
- COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE. sin fecha. Convenio sobre la Diversidad Biológica. En: *observatoriop10.cepal.org* [en línea]. [Consulta: 10 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://observatoriop10.cepal.org/es/tratados/convenio-la-diversidad-biologica>
- EL SALVADOR, Ley de Semillas. 2001. *Decreto N. 530* D.O. No. 177, Tomo N° 352. [en línea] [Consulta: 10 de junio de 2022]. Disponible en: <https://cidoc.marn.gob.sv/documentos/ley-de-las-semillas/>
- EL SALVADOR, Reglamento especial para el manejo seguro de los organismos modificados genéticamente. 2008. *Decreto N. 78* [en línea] D.O. No. 122, Tomo N° 380. [Consulta: 11 de junio de 2022]. Disponible en: <https://cidoc.marn.gob.sv/documentos/decreto-ejecutivo-n-78-reglamento-especial-para-el-manejo-seguro-de-los-organismos-modificados-geneticamente/>
- FINEGOLD, David. ca. 2021. Genes y cromosomas. En: *msdmanuals*. [en línea]. [Consulta: 15 de junio 2022]. Disponible en: <https://www.msdmanuals.com/es/hogar/fundamentos/gen%C3%A9tica/genes-y-cromosomas>
- GREENFACTS. 2004. *¿Qué efectos podrían tener los cultivos transgénicos sobre el medio ambiente?* [en línea]. [Consulta: 23 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.greenfacts.org/es/omg/3-cultivos-modificados-geneticamente/5-flujo->

[genes.htm#:~:text=Los%20cultivos%20transg%C3%A9nicos%20pueden%20producir,y%20otros%20efectos%20no%20intencionales](#)

INFOAGRONOMO. 2018. Guía de manejo integrado del cultivo de maíz. En: *Infoagronomo* [en línea], [Consulta: 16 de junio de 2022]. Disponible en: <https://infoagronomo.net/guia-manejo-integrado-cultivo-de-maiz/?fbclid=IwAR2Cng-oRTTcP0D5hDfb2GU0vpK4dwY6LyrOfGk4dYkmY80J3XQDuLf0M3w>

INTERNATIONAL LIFE SCIENCES INSTITUTE DO BRASIL. 2012. *Guía para la Evaluación de Riesgo Ambiental de Organismos Genéticamente Modificados* [en línea]. En: *conacyt.mx* [Consulta: 10 de junio de 2022]. Disponible en: <https://conacyt.mx/cibiogem/images/cibiogem/comunicacion/publicaciones/Guia-evaluacion-riesgo-OGMs.pdf>.

INTERNATIONAL SERVICE FOR THE ACQUISITION OF AGRI-BIOTECH APPLICATIONS. 2014. *Resumen de ISAAA 49-2014: Diez hechos principales*. [en línea]. [Consulta: 21 de junio de 2022]. Disponible en:

<https://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/49/toptenfacts/default.asp>

LA INFORMACION. 2014. *La evolución de los transgénicos, del tomate Flavr Savr al maíz resistente a la sequía*. [en línea]. [Consulta: 17 de septiembre de 2022]. Disponible en:

https://www.lainformacion.com/tecnologia/la-evolucion-de-los-transgenicos-del-tomate-flavr-savr-al-maiz-resistente-a-la-sequia_oCWQGqfVcWOXIcstqG0p67/

LA VANGUARDIA. 2017. *Premio a los pioneros de la revolucionaria técnica CRISPR de edición genética*. [en línea]. [Consulta: 18 de septiembre de 2022]. Disponible en:

<https://www.lavanguardia.com/ciencia/quien/20170131/413875548853/premio-pioneros-revolucionaria-tecnica-crispr-edicion-genetica.html>

LÓPEZ-MUNGUÍA, Agustín. 2014. Biotecnología en los alimentos del mañana. En: *Revista Unam* [en línea]. **15**(8), pp. 2-12 [Consulta: 19 de junio de 2022]. ISSN 1607 – 6079.

Disponible en: <http://www.revista.unam.mx/vol.15/num8/art63/art63.pdf>.

MACALL, Diego y SMYTH, Stuart. 2019. Ex-ante impact assessment of GM maize adoption in El Salvador. En: *GM CROPS & FOOD* [en línea], **11**, pp. 70-78 [Consulta: 19 de junio de 2022]. ISSN 2164-5698. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1080/21645698.2019.1706424>.

MACALL, Diego, TRABANINO, Carlos, SOTO, Alejandro y SMYTH, Stuart. 2020.

Genetically modified maize impacts in Honduras: production and social issues. *Transgenic*

research. En: *Transgenic Research* [en línea], **29**, pp. 575–586 [Consulta: 19 de junio de 2022]. ISSN 0962-8819. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s11248-020-00221-y>

MARTINEZ, Siomara y CORONA, Belkis. 2007. Algunos conceptos relacionados con los organismos genéticamente modificados (OGMS). En: *Rev. Salud Anim.* [en línea] **29**(1), pp. 1-7 [Consulta: 03 de agosto de 2022]. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/rsa/v29n1/rsa01107.pdf>

MEDLINEPLUS. sin fecha. *¿Qué es el ADN?*. [en línea]. [Consulta: 15 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://medlineplus.gov/spanish/genetica/entender/basica/adn/>

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA. 2020. *Anuario de Estadísticas agropecuarias*. [en línea]. [consulta: 30 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.mag.gob.sv/anuarios-de-estadisticas-agropecuarias/>

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA, 2020. *Costos de producción de cultivos agrícolas*. [en línea]. [Consulta: 25 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.mag.gob.sv/wp-content/uploads/2021/09/INFORMES-DE-COSTOS-DEPRODUCCION-2019-2020.pdf>

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA, 2022. El Salvador suma esfuerzos por la seguridad alimentaria con 600,000 paquetes agrícolas que entrega a productores En: *Presidencia.gob.sv* [en línea]. [Consulta: 30 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.presidencia.gob.sv/el-salvador-suma-esfuerzos-por-la-seguridad-alimentaria-con-600000-paquetes-agricolas-que-entrega-a-productores/>

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. 1998. *Ley del Medio Ambiente*. [en línea] [Consulta: 10 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.transparencia.gob.sv/institutions/marn/documents/1538/download#:~:text=La%20Ley%20del%20Medio%20Ambiente,calidad%20de%20vida%20de%20las>

MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO. sin fecha. *¿Qué es el Protocolo de Cartagena?*. [en línea]. [Consulta: 18 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/biotecnologia/organismos-modificados-geneticamente-omg-/protocolo-cartagena/#:~:text=Fue%20adoptado%20el%2029%20de,Miembros%20son%20Partes%20de%20Protocolo.>

NOVO NORDISK. sin fecha. 100 años de insulina. En: *Novo Nordisk Chile* [en línea] [Consulta: 17 de septiembre de 2022]. Disponible en:

<https://www.novonordisk.cl/about/insulin-100-years.html>

ORELLANA, Javier. 2019. Pérdidas en granos básicos en El Salvador superaron \$607.7 millones entre 2014-2019. En: *El Economista*. [en línea]. [Consulta: 27 de junio de 2022].

Disponible en: <https://www.eleconomista.net/economia/Perdidas-en-granos-basicos-en-El-Salvador-superaron-607.7-millones-entre-2014-2019-20190923-0012.html>

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA. 2011. *El Salvador: Gobierno lanza ambicioso Plan de Agricultura Familiar*. [en línea], [Consulta: 12 de junio de 2022]. Disponible en:

<https://www.fao.org/in-action/agronoticias/detail/es/c/508364/>

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA. 2012. Estudio de características del corredor seco Centroamericano [en línea] En: *CIDOC*. [Consulta: 12 de junio de 2022]. Disponible en:

<https://cidoc.marn.gob.sv/documentos/estudio-de-caracterizacion-del-corredor-seco-centroamericano-paises-ca-4-tomo-i/>

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA. [sin fecha]. *El Salvador en una mirada*. [en línea]. [Consulta: 25 de mayo de 2022]. Disponible en:

<https://www.fao.org/elsalvador/fao-en-elsalvador/el-salvador-en-una-mirada/ar/>

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA. 2011. *Aumenta la superficie con cultivos transgénicos*. [en línea], [Consulta: 14 de junio de 2022]. Disponible en:

<https://www.fao.org/in-action/agronoticias/detail/en/c/490532/>

PARADA JACO, Mario, ALARCÓN, Laura, MARROQUÍN, Roberto, CASTILLO, Estela y HURTADO, Guillermo. 2009. *Evaluación de la eficacia de híbridos de maíz con la tecnología Yieldgard y Roundup en El Salvador*. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal “Enrique Álvarez Córdova”. [Consulta: 20 de junio de 2022]

RAMÍREZ, José. 2008. *Análisis del impacto económico de la introducción de maíz transgénico con resistencia a insectos en Honduras*. [en línea] [Tesis de Ingeniería en

Administración de Agronegocios] Universidad Zamorano. [Consulta: 18 de junio 2020].

Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/47a59370-8096-46a1-90fb-66c3b8d74579/content>.

REYES, Magdalena. 21 de julio de 2021. Importación de maíz provocó \$80 millones en pérdidas para el agro. En: *elsalvador.com* [en línea]. [Consulta: 21 de junio de 2022].

Disponible en: <https://www.elsalvador.com/noticias/negocios/cereales-produccion-agricola-maiz-importacion/861398/2021/#:~:text=Por%2020%20millones%20de%20quintales,de%20tener%20ganancias%2C%20enfrenta%20p%C3%A9rdidas>.

SECRETARÍA DEL CONVENIO SOBRE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA. 2000.

Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología del Convenio sobre la Diversidad Biológica: texto y anexos. [en línea]. [Consulta: 10 de junio de 2022]. Disponible en:

<https://s3.amazonaws.com/km.documents.attachments/b6ab/e2d9/b7745d429a1a3baf684d2a83?AWSAccessKeyId=AKIAT3JJQDEDLXMBJAHR&Expires=1663715526&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3D%22CBD%2520CartagenaProtocol%25202020%2520ES-F%2520WEB.pdf%22&response-content-type=application%2Fpdf&Signature=dbvPsD4ft3bbqLUyu2NfKCzJvlg%3D>

SERRANO, Leopoldo, SERMEÑO, Miguel y LARIOS, Joaquín. 1993. *Las moscas blancas (Homoptera: Aleyrodidae) en América Central y El Caribe: Las Moscas Blancas en El Salvador*. [en línea]. 2da ed. Turrialba, Costa Rica. [Consulta: 3 de agosto de 2022]. ISBN 9977-57-142-2. Disponible en:

<https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=pyEOAQAIAAJ&oi=fnd&pg=PA42&dq=estudio+de+bemisia+tabaci+en+algodon+el+salvador+1963&ots=2KOAmKs6M5&sig=w eqzAMU786rVpKazLBMgdiCKEc8#v=onepage&q=estudio%20de%20bemisia%20tabaci%20en%20algodon%20el%20salvador%201963&f=false>

SILVA CASTRO, Carlos Arturo. 2009. Algodón genéticamente modificado. En: *Repositorio Agrosavia* [en línea] [Consulta: 21 de junio de 2022]. Disponible en:

<http://hdl.handle.net/20.500.12324/18672>

TOMME, Young. 2004. Organismos genéticamente modificados y bioseguridad. En: *cidoc.marn.gob.sv* [en línea] [Consulta: 21 de junio de 2022]. Disponible en:

<https://cidoc.marn.gob.sv/documentos/organismos-geneticamente-modificados-y-bioseguridad/>

VENTURA, Luis. 2020. Latin American researchers use gene editing to develop new crops that benefit farmers and consumers. En: *Alliance for science* [en línea]. [Consulta: 19 de junio 2022]. Disponible en: <https://allianceforscience.cornell.edu/blog/2020/12/latin-american-researchers-use-gene-editing-to-develop-new-crops-that-benefit-farmers-and-consumers/>.

ZEPEDA, Ernesto. 2018. Vista de Impacto Ecológico del Uso de Pesticidas en el Cultivo de Algodón sobre los Ecosistemas Acuáticos de El Salvador. En: *Revistas.ues.Edu.sv* [en línea]. [Consulta: 18 de junio 2022]. Disponible en:

<https://revistas.ues.edu.sv/index.php/launiversidad/article/view/960/884>