

LA BIOÉTICA
en las ciencias
HORTOFRUTÍCOLAS

COORDINADORES

María Cecilia Valles Aragón y César Guillermo García González

LA BIOÉTICA *en las ciencias* **HORTOFRUTÍCOLAS**

COORDINADORES

María Cecilia Valles Aragón y César Guillermo García González



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
CHIHUAHUA



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
CHIHUAHUA

M.D. LUIS ALFONSO RIVERA CAMPOS
Rector

C.P. JESÚS IGNACIO RODRÍGUEZ BEJARANO
Secretario General

DRA. RUTH DEL CARMEN GRAJEDA GONZÁLEZ
Directora de Extensión y Difusión Cultural

M.A. MARTHA LORENA MIER CALDERÓN
Directora Académica

M.E. LUIS CARLOS HINOJOS GALLARDO
Director de Investigación y Posgrado

DRA. MYRIAM VICTORIA HERNÁNDEZ ACOSTA
Directora de Planeación y Desarrollo Institucional

LIC. ALBERTO ELOY ESPINO DICKENS
Director Administrativo



DR. RICARDO AARÓN GONZÁLEZ ALDANA
Director

MTRO. RAMÓN SAÚL LUJÁN AGUIRRE
Secretario Académico

DRA. LINDA CITLALLI NOPERI MOSQUEDA
Secretaria de Investigación y Posgrado

DRA. MARTHA IRMA BALANDRÁN VALLADARES
Secretaria de Planeación y Desarrollo Institucional

DR. MIGUEL ÁNGEL PIÑÓN MIRAMONTES
Secretario Administrativo

M.A.R.H. JUAN MANUEL CORDERO GONZÁLEZ
Secretario de Extensión y Difusión Cultural

Primera edición, 2025

La bioética en las ciencias hortofrutícolas

Coordinadores: María Cecilia Valles Aragón y César Guillermo García González /México

164 p.

-

ISBN Digital: 978-607-536-174-1

-

Coordinación editorial y cuidado de la edición: César Guillermo García González y María Cecilia Valles Aragón

Diagramación y diseño editorial: Creatura estudio (@somoscreatura)

Dirección de arte, diseño para portada: Creatura estudio

Apoyo editorial: Priscila Licón Flores

Fotografías de mural: Ángel Javier Machado Favela

Arte para portada de muralistas: Yenny Aiko Caballero Valdiviezo, Alexis Chávez Legarda, Marijose Valenzuela Hernández, Pamela Lizeth Ramos González, Silvia Elena Duarte Zapien y Héctor Jaimes García.

-

Autores: Mayra Isabel Salazar-Balderrama, María Cecilia Valles-Aragón, Myrna Concepción Nevárez-Rodríguez, Daniel Triana-Anzures, Nora Aidee Salas-Salazar, Mayra Cristina Soto-Caballero, Daniel Alejandro Hernández-Contreras, Griselda Vázquez-Quintero, Gricelda López-González, Rodrigo Alonso-Villegas, Graciela Ávila-Quezada, Mariela Rascón-Castillo, Rafael Ángel Parra-Quezada, María Noemí Frías-Moreno, Lucía Socorro Gutiérrez-González, Ofelia Adriana Hernández-Rodríguez, Damaris Ojeda-Barrios, Paola Adilene Castro-Rodríguez, Ramona Pérez-Leal, Joel Dominguez-Viveros, María Ofelia De la Garza-Gutiérrez, Damián Aarón Porras-Flores, Lorena Alejandra Tarín-Estrada, Telma Gricelda Torres-López, María Antonia Flores-Córdova, Esteban Sánchez-Chávez, María Laura Díaz-Baca, Damaris Leopoldina Ojeda-Barrios y Marisela Calderon-Jurado.

Derechos reservados, primera edición, 2025

© César Guillermo García González y María Cecilia Valles Aragón

© Universidad Autónoma de Chihuahua

Campus Universitario 1 s/núm.

Chihuahua, Chih., México. C.P. 31178

Correo: diex.editores@uach.mx

Tel. (614) 439 1853

Prohibida la reproducción o transmisión total o parcial del contenido de esta obra por cualquier medio, sea electrónico o mecánico, en cualquier forma, sin permiso previo por escrito del autor y de la Universidad Autónoma de Chihuahua.



LA BIOÉTICA
en las ciencias
HORTOFRUTÍCOLAS

COORDINADORES

María Cecilia Valles Aragón y César Guillermo García González



INTRODUCCIÓN

En el vasto y dinámico campo de las ciencias hortofrutícolas, donde la interacción entre la naturaleza, la tecnología y la sociedad moldea la producción de nuestros alimentos, se presentan constantemente dilemas éticos que requieren atención y reflexión cuidadosa. Este libro se adentra en este fascinante territorio, donde las decisiones que tomamos como individuos, comunidad y sociedad tienen repercusiones profundas y a menudo duraderas.

La bioética, es la disciplina que investiga las implicaciones éticas de las ciencias biológicas y médicas, encuentra un campo de aplicación rico y complejo en las ciencias hortofrutícolas. Desde la manipulación genética de cultivos para aumentar su resistencia a plagas hasta las decisiones sobre el uso de pesticidas y fertilizantes que impactan en la salud humana y la biodiversidad, cada avance técnico y cada práctica agrícola plantean preguntas fundamentales sobre qué es éticamente aceptable y deseable en nuestra relación con el entorno natural y nuestros sistemas alimentarios.

En este libro, exploramos cómo los principios bioéticos tradicionales de autonomía, justicia, no maleficencia y beneficencia se aplican a las decisiones y prácticas en las ciencias hortofrutícolas. Desde el respeto a la diversidad genética de las especies cultivadas hasta la equidad en el acceso a recursos agrícolas y la responsabilidad hacia las generaciones futuras, nos enfrentamos a desafíos que requieren un equilibrio delicado entre la innovación científica, el desarrollo económico y la responsabilidad ética.

A través de estudios de caso, análisis crítico y debates sobre políticas, este libro invita al lector a explorar cómo podemos navegar por estas complejas

encrucijadas éticas de manera informada y reflexiva. Más allá de las cuestiones técnicas y científicas, nos interrogamos sobre el papel de la ética en la configuración de un futuro alimentario sostenible y éticamente responsable para todos los habitantes del planeta.

El primer capítulo analiza el impacto de los huertos educativos (HE) en entornos escolares desde una perspectiva bioética, abordando los principios de beneficencia, no maleficencia, autonomía y justicia. Se destaca cómo los HE promueven la educación práctica en agricultura, ecología y nutrición, fomentando valores como el trabajo en equipo y la responsabilidad. Sin embargo, también se reconocen desafíos como la falta de conocimientos agrícolas entre docentes y estudiantes, y el riesgo de desmotivación. Además, se subraya la importancia de respetar la autonomía de los estudiantes, permitiéndoles tomar decisiones y aprender de sus errores, todo ello bajo un marco de respeto y consentimiento informado.

Por su parte, el segundo capítulo, se contextualiza sobre la producción de orégano en México, este es un cultivo destacado con una producción anual de aproximadamente 4,000 toneladas, siendo el país uno de los principales exportadores a nivel mundial después de Turquía. El orégano mexicano es reconocido por la alta calidad de sus aceites esenciales, lo que ha impulsado su comercialización. En términos botánicos, existen diversas especies cultivadas, incluyendo el *Origanum vulgare* de Europa y el *Lippia graveolens* nativo de México, ambas utilizadas comúnmente en la cocina por su aroma y sabor característicos. La planta ha desarrollado mecanismos de defensa que incluyen metabolitos secundarios con propiedades antimicrobianas, como flavonoides, fenoles y aceites esenciales, que han despertado interés por su aplicación en el control de patógenos agrícolas como *Erwinia amylovora*, causante del tizón de fuego en manzanos. Aunque el uso de antibióticos ha sido tradicionalmente efectivo, su sobreuso ha provocado resistencia bacteriana, motivando la búsqueda de alternativas más sostenibles como el Aceite Esencial de Orégano (AEO), rico en componentes como el carvacrol y el timol, que muestran eficacia antimicrobiana al afectar la membrana celular bacteriana. No obstante, se deben considerar aspectos éticos, como los principios de beneficencia, no maleficencia, au-

tonomía y justicia, al evaluar la implementación del AEO en la agricultura, asegurando beneficios económicos y de salud pública sin comprometer el medio ambiente ni la seguridad humana.

En lo que toca al tercer capítulo, este contextualiza que el aumento poblacional y económico global ha intensificado la presión sobre las fuentes de agua, debido a la necesidad de incrementar la producción de alimentos, energía y satisfacer la demanda urbana e industrial. Esto ha resultado en una significativa generación de aguas residuales contaminadas, a menudo vertidas sin tratamiento adecuado, exacerbando problemas ambientales y de salud pública. La contaminación de cuerpos de agua por metales pesados y otros compuestos peligrosos refleja una gestión inadecuada de desechos, afectando ecosistemas acuáticos y reduciendo la disponibilidad de agua potable, requiriendo inversiones costosas en su tratamiento. En este contexto, los humedales construidos con plantas ornamentales emergen como una solución viable y sostenible, capaces de remover una amplia gama de contaminantes mediante procesos naturales y combinados, aunque su eficacia puede ser limitada en climas áridos debido a la evaporación excesiva y la escasez de agua. La evaluación bioética de esta tecnología enfatiza principios como beneficencia, no maleficencia, autonomía y justicia, asegurando que los beneficios ambientales sean accesibles equitativamente, promoviendo así la gestión inclusiva y sostenible de los recursos hídricos.

El cuarto capítulo discute la relevancia de los concursos internacionales de vinos desde una perspectiva bioética, utilizando un método sintético para analizar la participación de los productores y el impacto en los consumidores. Se destaca la importancia del vino como patrimonio cultural y económico, así como su integración en un mercado globalizado que incrementa la competencia entre bodegas. Los principios de beneficencia, no maleficencia, autonomía y justicia se aplican en la organización de estos concursos para asegurar la equidad en la evaluación de los vinos participantes y la transparencia en la información proporcionada a los consumidores. Los resultados sugieren que los premios obtenidos en estos concursos sirven como guía para los consumidores al elegir entre la amplia variedad de vi-

nos disponibles, facilitando una decisión informada y promoviendo prácticas éticas en la industria vitivinícola global.

Además, el capítulo quinto aborda la implementación del riego parcial de la raíz (RPR) en huertos de manzano como una estrategia para mejorar la eficiencia en el uso del agua sin comprometer significativamente el crecimiento y rendimiento de las plantas. El RPR implica mantener una parte del sistema radicular seca mientras se riega otra parte, lo que activa respuestas fisiológicas que ayudan a regular la pérdida de agua por transpiración sin afectar la fotosíntesis ni el desarrollo general de la planta. Además, se discute el uso de bioestimulantes, especialmente derivados de algas marinas, que apoyan a las plantas durante períodos de estrés hídrico, mejorando su resistencia y rendimiento. Desde una perspectiva bioética, se examinan los principios de beneficencia, no maleficencia, justicia y autonomía en relación con la aplicación de estas tecnologías, destacando su potencial para reducir el consumo de agua en agricultura de manera responsable y sostenible.

La problemática global de la gestión de residuos sólidos urbanos (RSU) y la necesidad de adoptar prácticas sostenibles como el compostaje para mitigar sus impactos ambientales, es abordada en el capítulo seis. Destaca que, según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, la producción de alimentos debe duplicarse para el año 2050 debido al crecimiento poblacional, lo que presiona los recursos naturales y agrava los problemas como la pérdida de suelo y la contaminación por RSU. Se enfatiza en el compostaje como una solución viable para reducir la cantidad de residuos en vertederos y mitigar la contaminación ambiental, resaltando la importancia de adherirse a normativas de calidad para asegurar que los abonos orgánicos derivados sean seguros y efectivos en la agricultura sostenible.

Asimismo, en el capítulo siete se señala que actualmente, los viñedos a nivel mundial cubren más de 7.3 millones de hectáreas, con una producción total de 77.8 millones de toneladas, esencial para la industria vinícola global. Por lo cual, el mejoramiento genético de la vid (*Vitis vinifera* L.) se

ha vuelto crucial debido a las amenazas ambientales constantes que afectan la producción, como el cambio climático y la proliferación de plagas y enfermedades. La investigación genética combina datos genómicos y fenotípicos para desarrollar nuevas variedades de uva adaptadas a condiciones climáticas específicas, utilizando tanto métodos tradicionales de selección como tecnologías avanzadas como la edición genética. Aunque México cuenta con diversas regiones vinícolas, como Baja California y Querétaro, donde se realiza investigación genética, otras áreas como Chihuahua aún están estableciendo las bases para iniciar programas formales de mejoramiento genético. Las preocupaciones éticas y de bioseguridad, incluida la pérdida de diversidad genética y los posibles impactos en la salud y el medio ambiente, deben abordarse mediante una regulación transparente y una comunicación efectiva entre científicos, agricultores y consumidores.

En el capítulo ocho se aborda el contexto de la investigación sobre los viñedos del Estado de Chihuahua, donde se aplicaron los principios bioéticos fundamentales para guiar las prácticas agrícolas de manera ética y sostenible. El principio de beneficencia se enfoca en maximizar los beneficios para los cultivos mediante prácticas agrícolas responsables, como el uso de portainjertos resistentes y la reducción del impacto ambiental. El principio de no maleficencia subraya la importancia de evitar daños a los cultivos, a través de la implementación de agroecosistemas adecuados y el manejo cuidadoso de plaguicidas. La autonomía se respeta al permitir que los propietarios de los viñedos tomen decisiones informadas sobre las prácticas agrícolas, basadas en recomendaciones éticas y científicas. Finalmente, el principio de justicia garantiza que todos los agricultores tengan acceso equitativo a recursos y conocimientos, promoviendo así la igualdad y la dignidad en la agricultura vitivinícola. Este enfoque bioético no solo busca mejorar la productividad y la calidad del viñedo, sino también preservar el medio ambiente y promover la salud de las comunidades locales involucradas.

Por su parte, el capítulo nueve habla del mezquite (*Prosopis spp.*), donde señala que es un género de plantas dicotiledóneas de la familia *Fabaceae*, que incluye más de 40 especies adaptadas a ambientes áridos y semide-

sérticos en todo el mundo. Entre las especies más conocidas se encuentra *Prosopis juliflora*, originaria de México, el Caribe, Centro y Sudamérica. El género se divide en cinco grupos taxonómicos, siendo Algarobia el más complejo debido a mestizaje frecuente. Varias especies, como *P. glandulosa*, *P. pubescens* y *P. velutina*, son importantes por sus vainas comestibles utilizadas para alimentación humana, ganadera y fauna silvestre, aunque *P. juliflora* puede ser tóxica debido a alcaloides neurotóxicos. El mezquite también se aprovecha en construcción, resina, y tiene propiedades medicinales que incluyen el tratamiento de enfermedades como cáncer y diabetes, gracias a compuestos fenólicos y flavonoides. Aunque beneficioso, el mezquite presenta desafíos éticos y ecológicos, como su potencial invasor y riesgos para la salud pública por alergias. La promoción de su cultivo y manejo sostenible es fundamental para maximizar beneficios y minimizar impactos negativos, asegurando una distribución justa de recursos y beneficios económicos.

Finalmente, el capítulo diez, explora la evolución y el impacto de los bioestimulantes y bioreguladores en la agricultura hortofrutícola desde una perspectiva bioética. Se destaca que, mientras la fertilización química tradicional ha mejorado la productividad agrícola, también ha generado preocupaciones ambientales. En contraste, los bioestimulantes y bioreguladores emergen como alternativas sostenibles al promover prácticas agrícolas más equilibradas y respetuosas con el medio ambiente. La bioética se presenta como un marco esencial para evaluar los beneficios y riesgos asociados, garantizando la autonomía, beneficencia, no maleficencia y justicia en la aplicación de estos productos, y fomentando el diálogo ético necesario entre todos los actores involucrados.

Por todo lo anterior, este libro aspira a ser un recurso valioso para investigadores, profesionales del sector agrícola, responsables de políticas y cualquier persona interesada en comprender mejor los desafíos éticos y las posibles soluciones en las ciencias hortofrutícolas. Al reflexionar sobre estas cuestiones, se espera contribuir al desarrollo de prácticas agrícolas más éticas y sostenibles que promuevan el bienestar humano y la integridad ambiental en un mundo interconectado y cambiante.



ÍNDICE

- Capítulo 1** **17**
BIOÉTICA DESDE LA PERSPECTIVA DE LOS HUERTOS EDUCATIVOS EN EL ENTORNO ESCOLAR
Por: Mayra Isabel Salazar-Balderrama, María Cecilia Valles-Aragón, Myrna Concepción Nevárez-Rodríguez
- Capítulo 2** **29**
PRINCIPIOS BIOÉTICOS EN EL USO DE ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO CONTRA *Erwinia amylovora* EN MANZANO
Por: Daniel Triana-Anzures, Nora Aidee Salas-Salazar, Mayra Cristina Soto-Caballero
- Capítulo 3** **45**
IMPLICACIONES BIOÉTICAS EN LA IMPLEMENTACIÓN DE HUMEDALES CONSTRUIDOS CON PLANTAS ORNAMENTALES PARA TRATAR AGUA RESIDUAL
Por: Daniel Alejandro Hernández-Contreras, María Cecilia Valles-Aragón, Griselda Vázquez-Quintero
- Capítulo 4** **59**
LA BIOÉTICA EN EL PROCESO DE PREMIACIÓN EN UN CONCURSO INTERNACIONAL DE VINOS
Por: Gricelda López-González, Rodrigo Alonso-Villegas, Graciela Ávila-Quezada
- Capítulo 5** **69**
IMPLICACIONES BIOÉTICAS EN APLICACIÓN DE RIEGO PARCIAL DE RAÍZ Y USO DE BIOESTIMULANTES EN MANZANO
Por: Mariela Rascón-Castillo, Rafael Ángel Parra-Quezada, María Noemí Frías-Moreno

Capítulo 6	85
APLICACIÓN DE LOS PRINCIPIOS DE LA BIOÉTICA EN LA ELABORACIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS	
Por: Lucia Socorro Gutiérrez-González, Ofelia Adriana Hernández-Rodríguez, Damaris Ojeda-Barrios	
Capítulo 7	107
VISIÓN BIOÉTICA DEL MEJORAMIENTO GENÉTICO DE VID (<i>Vitis Vinífera</i> L.) EN EL ESTADO DE CHIHUAHUA	
Por: Paola Adilene Castro-Rodríguez, Ramona Pérez-Leal, Joel Dominguez-Viveros	
Capítulo 8	117
LOS 4 PRINCIPIOS DE LA BIOÉTICA EN EL <i>TERROIR</i> DE LOS VIÑEDOS	
Por: María Ofelia De la Garza-Gutiérrez, Damián Aarón Porrás-Flores, Lorena Alejandra Tarín-Estrada	
Capítulo 9	133
EL MEZQUITE: EXPLORACIÓN DE SUS PROPIEDADES DESDE UNA PERSPECTIVA BIOÉTICA	
Por: Telma Gricelda Torres-López, María Antonia Flores-Córdova, Esteban Sánchez-Chávez	
Capítulo 10	149
PRINCIPIOS BIOÉTICOS GENERALES EN LA APLICACIÓN DE BIOESTIMULANTES Y BIOREGULADORES EN CULTIVOS HORTOFRUTÍCOLAS	
Por: María Laura Díaz-Baca, Damaris Leopoldina Ojeda-Barrios, Marisela Calderon-Jurado	



Título de obra mural:

Raspa Tarí, año 2025

Muralistas (autores):

Yenny Aiko Caballero Valdiviezo, Alexis Chávez Legarda, Marijose Valenzuela Hernández, Pamela Lizeth Ramos González, Silvia Elena Duarte Zapien y Héctor Jaimes García.

Ubicación:

Facultad de Ciencias Agrotecnológicas
Universidad Autónoma de Chihuahua
Av. Pascual Orozco s/n, Campus 1, Santo Niño, 31160 Chihuahua, Chih.



Capítulo 1
BIOÉTICA DESDE LA PERSPECTIVA
DE LOS HUERTOS EDUCATIVOS EN
EL ENTORNO ESCOLAR



Mayra Isabel Salazar-Balderrama, María Cecilia Valles-Aragón,
Myrna Concepción Nevárez-Rodríguez

1. INTRODUCCIÓN

Las problemáticas medio ambientales generadas por las actividades humanas en específico por la agricultura intensiva han derivado en el uso excesivo y la contaminación de los recursos naturales, incrementado con ello la necesidad de replantear las prácticas agrícolas dentro de estos sistemas de producción por alternativas más sostenibles (De la Fuente y Suárez, 2008).

Modificar las perspectivas y los estilos de vida consumistas de la sociedad actual es urgente. Educar y capacitar de forma sencilla y eficaz en temas de producción de alimentos mediante el cuidado de los recursos naturales es una oportunidad que permite que las personas puedan tomar decisiones más educadas e informadas en el presente con un impacto positivo en el futuro (Suárez-López *et al.*, 2021).

Considerando que el grosor de las personas actualmente habita las ciudades, ofrecer una formación relacionada con la agricultura en espacios urbanos y semiurbanos, por medio de huertos educativos (HE) podría resultar una estrategia didáctica efectiva. Esta propuesta puede influir de manera significativa en las personas principalmente en las generaciones más jóvenes, mediante la construcción y cuidado de estos huertos en entornos escolares, que vayan desde el nivel básico hasta el superior (Salazar *et al.*, 2023).

En los últimos años, los HE se han venido destacando como una herramienta didáctica valiosa, que promueve un aprendizaje activo y significativo en los estudiantes. Docentes y personal involucrado en procesos enseñanza-aprendizaje pueden utilizar los huertos como una posibilidad de proporcionar experiencias tangibles y prácticas en temas de agricultura dentro de las escuelas, universidades u otros centros educativos. (FAO, 2013).

Los huertos pueden ser utilizados por el sector educativo como laboratorios vivos de aprendizaje, que permiten a los docentes impartir ciencias naturales relacionadas con temas de agricultura, sostenibilidad y ecología,

además de otras ciencias incluyendo matemáticas y las sociales. Los estudiantes a través de actividades prácticas y el desarrollo de experimentos enriquecen su comprensión y conocimientos sobre ciencia y tecnología, además de generar una vinculación con los procesos agrícolas (Eugenio *et al.*, 2009).

Los espacios convertidos en HE fomentan valores como la responsabilidad, respeto, paciencia, trabajo en equipo y cuidado del medio ambiente. En resultado, de quienes participan en proyectos agrícolas sobre todo con enfoques agroecológicos muestran un mayor compromiso con su comunidad, desarrollando una visión más amplia y habilidades útiles para la vida como lo son la participación comunitaria y el trabajo colaborativo (Rodríguez Marín *et al.*, 2021).

Sin embargo, es necesario analizar el impacto de las consecuencias sociales, culturales, económicas, ambientales, entre otras, que se pueden derivar como resultado de la intervención de los entornos escolares por medio de HE. Encontrando en la bioética una reflexión sobre cuatro principios fundamentales, universalmente reconocidos: beneficencia, no maleficencia, autonomía y justicia (Ferro *et al.*, 2009). Siendo el objetivo de este trabajo de investigación el análisis de un mapa mental construido con estos principios desde la perspectiva de los HE en los entornos escolares.

2. METODOLOGÍA

Esta investigación es de tipo documental con un enfoque cualitativo mediante la cual se analizaron los cuatro principios de la bioética desde una perspectiva en los huertos educativos en el entorno escolar.

La búsqueda se realizó en los meses de marzo, abril y mayo del 2024, siendo la principal fuente de información artículos indexados a Google Académico, Scopus y Elsevier, acotando los criterios de búsqueda a temas que aborden la temática de criterios de bioética, huertos, huertos escolares, educación, salud, herramienta pedagógica, equidad, cultura de autopromoción.

ducción, soberanía alimentaria, entre otros. La revisión se hizo con alrededor 30 documentos entre artículos, capítulos de libros y tesis. Se realizó la discusión de la aplicación de los cuatro principios bioéticos mediante el análisis de un mapa desde una perspectiva de los HE en el entorno escolar (figura 1).



Figura 1. Perspectiva de la bioética de huertos educativos en el entorno escolar.

3. RESULTADOS

3.1 Principio de beneficencia

Los HE en el entorno escolar no solo ofrecen oportunidades de aprendizaje práctico, sino que también promueven el bienestar al fomentar una alimentación saludable mediante una concientización a la comunidad estudiantil sobre lo que ellos mismos están produciendo. Los alimentos sembrados en estos huertos se pueden considerar más frescos y nutritivos por estas razones pueden contribuir a mantener una buena salud en quienes los consumen, más si estos se integran a cocinas dentro de los

mismos espacios (Aranceta, 2008). Ahora bien, es necesario resaltar que la capacidad de los huertos para proveer alimentos dependerá de su tamaño, diversidad y las personas que trabajen o participen dentro del mismo (Fontalvo-Buelvas y De la Cruz-Elizondo, 2021).

Asimismo, comunicar a los estudiantes de manera más vivencial sobre el origen de los alimentos que consumen diariamente ofrece nuevas oportunidades de aprendizaje. Por ejemplo, la experiencia de probar hortalizas o frutos que ellos mismos sembraron, cuidaron y cosecharon, algo que probablemente no habrían hecho en otras circunstancias (Morales *et al.*, 2021). Además, las prácticas involucradas en los HE permiten explicar procesos como el desperdicio de comida y la necesidad de cuidar los recursos naturales utilizados en su producción. De este modo, los huertos a través de sus prácticas, pueden contribuir a que los jóvenes desarrollen una cultura de autoproducción de alimentos en los espacios que habitan (Rodríguez-Marín *et al.*, 2021).

Los HE ofrecen la oportunidad de integrarse de manera orgánica a los programas pedagógicos en cualquier nivel educativo proyectándose como una herramienta didáctica que los docentes utilicen para enseñar una variedad de temas (Aldea, 2012). En particular, son valiosos para abordar cuestiones relacionadas con la seguridad y soberanía alimentaria, la importancia de la biodiversidad y las prácticas agrícolas sostenibles en las cuales sobresalen el cuidado de recursos naturales como el agua, el suelo y la biodiversidad. Esto puede fomentar una mayor conciencia ambiental y respeto por la naturaleza en los estudiantes (Rodríguez-Haros *et al.*, 2012). Al aplicar estos principios y prácticas, los docentes pueden promover de manera estructurada su integración con el plan de estudios, sus asignaturas y diversos temas relacionados (Fontalvo-Buelvas, 2021).

Los huertos pueden ser canales que contribuyen en las necesidades humanas, de subsistencia, satisfacción, ocio inclusive esto puede ligarse a las necesidades de la pirámide de Maslow (1943), que jerarquiza las necesidades humanas desde las necesidades básicas (fisiológicas) a las superiores (seguridad, afiliación, reconocimiento y autorrealización) (Fontalvo-Buelvas y De la Cruz-Elizondo, 2021).

3.2 Principio de no maleficencia

Dentro del contexto de los HE se busca garantizar que las prácticas agrícolas y educativas no causen daño innecesario a las personas, las plantas, los animales o el ambiente en general. Sin embargo, el proceso de aprendizaje no está exento de pérdidas y errores, y está lejos de ser inmediato. Esto puede causar estrés y, en algunos casos, generar daños debido a prácticas agrícolas incorrectas o equivocadas. Tales situaciones pueden llevar a una baja o nula producción, lo que puede desanimar a las personas, especialmente a los docentes y estudiantes que trabajan en el huerto. Esta desmotivación puede resultar en frustración e incluso en la decisión de abandonar el proyecto del huerto establecido en estas escuelas (Armenta *et al.*, 2019).

Cabe mencionar que, dentro de un contexto urbano, los directivos y docentes promedio suelen tener poco o nulo conocimiento en procesos agrícolas. Además, sus cargas académicas y administrativas son generalmente abrumadoras, lo que aumenta la probabilidad de que se sientan superados por los desafíos que los HE conllevan (Armenta *et al.*, 2019) y dejen de ver la inversión que estos pueden llegar a ser dentro del proceso de enseñanza.

La agricultura en México en especial en el norte enfrenta importantes retos, los cuales inevitablemente afectan el desarrollo de los HE establecidos en esta región. Esta situación incrementa la posibilidad de que en algún momento se pierda el interés en seguir invirtiendo tiempo y recursos en estos espacios, lo que podría generar un problema ambiental debido a que los materiales usados para su instalación tendrían que ser desechados como residuos (Monterroso Rivas y Gómez Díaz, 2022) yendo a parar a basureros o quedando en las escuelas como contaminadores visuales.

3.3 Principio de autonomía

El respeto a la autonomía de los estudiantes que se involucran en los huertos es fundamental para su desarrollo personal, emocional y cognitivo. En

especial cuando niñas y niños participan en actividades de jardinería y cuidado de huertos, es importante que se les permita tomar decisiones y tener un grado de control sobre sus acciones en el espacio. Darles la oportunidad de elegir qué semillas sembrar y que plantas cuidar les da un sentido de propiedad sobre su trabajo en el huerto, al igual que involucrarlos en la planificación y diseño. Ellos deben saber que al experimentar se pueden equivocar y que eso será un aprendizaje en sí mismo (González, 2021).

Respetar la autonomía de quienes integran los HE les brinda una experiencia que fomenta el pensamiento crítico, la toma de decisiones y resolución de problemas en conjunto, así como el desarrollo de habilidad que resultan de suma importancia para el cuidado integral del espacio. Además, mientras fomentan estas habilidades, también cultivan un aprecio por el medio ambiente y la naturaleza (Suarez-López *et al.*, 2021).

Finalmente, es necesario anticipar y avisar si el proceso requiere ser documentado y que exista una necesidad de recolección de datos para alguna investigación o proyecto a desarrollar, el respetar la autonomía de los docentes y estudiantes en cuanto a la información que estos deseen proporcionar sobre su experiencia es importante. Lo más recomendable será contar con una aprobación por escrito de los involucrados, en caso de que estos sean menores de edad o que tengan alguna condición que les imposibilite tomar decisiones por sí mismos, la aprobación será firmada por los tutores (Arguedas-Arguedas, 2010).

3.4 Principio de justicia

Practicar la justicia dentro de la agricultura es buscar la conservación y protección de los recursos naturales involucrados como lo son; agua, suelo y biodiversidad promoviendo prácticas agrícolas más sostenibles (Rodríguez-Marín *et al.*, 2021). El trato justo y equitativo de las personas involucradas en los procesos de cultivo y cuidado del espacio, así como el respeto a todas las formas de vida existentes en el proceso de construcción y mantenimiento del huerto es base dentro de la justicia. Además, es importante

considerar aspectos como seguridad alimentaria, el respeto por el medio ambiente, la responsabilidad social y la equidad en el trato y en el acceso a los recursos (Morales *et al.*, 2021).

Dentro de los programas o proyectos desarrollados para apoyar a instituciones educativas que puedan aportar en temas de construcción y mantenimiento de huertos, es fundamental asegurar que la asignación de recursos sea equitativa. Esto significa, asegurar que las comunidades marginadas también tengan acceso a los programas que incluyan capacitación en temas referentes a los procesos de agricultura, prácticas sostenibles y valores relacionados como la ética, empoderamiento y autonomía (Ruiz y Rodríguez, 2015).

Todas las personas dentro de los HE deben sentir que están en espacios seguros, donde son bienvenidas y respetadas sin importar su origen, condición o creencias. Si se habla de seguridad, los huertos deben considerar no solo la integridad física de sus participantes, sino también el crear un ambiente propicio donde se generen las condiciones que contribuyan a incentivar la participación y el aprendizaje sin temor a la discriminación o exclusión, fomentando comunidad y el beneplácito de compartir conocimientos, sentires y experiencias como parte fundamental en el entorno (Pérez, 2022).

Es crucial considerar las preocupaciones y necesidades de todas las personas involucradas en la formación de los HE, promoviendo siempre que sea posible un diálogo abierto y la toma de decisiones colaborativa (Farfán-García *et al.*, 2022).

4. CONCLUSIONES

El integrar los cuatro principios bioéticos en el contexto de los HE pueden resultar un apoyo de suma importancia para potenciar estos espacios como una herramienta didáctica que además de apoyar y fortalecer a los programas pedagógicos contribuyan en la formación de personas con una

perspectiva más amplia sobre temas que coadyuven a sanar al tejido social y puedan generar cambios a futuro dentro de la cultura de autoproducción y el cuidado del medio ambiente.

Los HE integrados con una sólida base bioética tienen el potencial de influir positivamente en la comunidad estudiantil. Sin embargo, hay que ser objetivos en cuanto a que cada espacio donde se construya un huerto tendrá dificultades específicas que hay que sortear, entre ellas las naturales del entorno que en combinación con la falta de conocimientos en temas de agricultura al final pueden ser alarmantes detonadores para abandonar estos proyectos.

Considerar como propuesta el diseño de programas de capacitación acompañados de materiales didácticos sencillos y de fácil uso puede funcionar para minimizar los índices de abandono de los HE. Así mismo, es necesario contemplar capacitadores dentro de estos programas que puedan mantener una comunicación constante con las personas que serán capacitadas en cuanto a la instalación, manejo y mantenimiento de los espacios.

Sin embargo, será necesario pensar en las necesidades individuales de cada espacio donde se llevarán a cabo los HE ya que esto contribuirá a que la comunidad estudiantil pueda participar de manera segura, autónoma y sin riesgo para su bienestar físico y mental.

Cabe hacer mención que el que los directivos estén dispuestos a involucrarse con el proyecto del huerto será de suma importancia y aporte para la continuación y crecimiento de los mismo, ya que les genera empatía en cuanto al trabajo y gran esfuerzo que hacen los docentes directamente encargados con su construcción y cuidado.

Los HE regulados por los cuatro principios éticos promueven un ambiente de justicia, equidad y respeto, tanto para el medio ambiente como para las personas involucradas. Esto contribuye a la creación de comunidades más solidarias, saludables, y sostenibles.

5. REFERENCIAS

- Aldea, E. (2012). El huerto escolar como recurso educativo de centros de educación [Tesis de maestría en Educación]. La Rioja, España: Universidad Internacional de La Rioja.
- Aranceta, J. (2008). Realidad actual de los comedores escolares en España. En *El libro blanco de la alimentación escolar* (pp. 1-12). McGraw-Hill Interamericana de España.
- Arguedas-Arguedas, O. (2010). Elementos básicos de bioética en investigación. *Acta médica costarricense*, 52(2), 76-78.
- Armienta Moreno, D. E., Keck, C., Ferguson, B. G., & Saldívar Moreno, A. (2019). Huertos escolares como espacios para el cultivo de relaciones. *Innovación educativa* (México, D.F.), 19(80), 161-178.
- De la Fuente, E. B., & Suárez, S. A. (2008). Problemas ambientales asociados a la actividad humana: la agricultura. *Ecología austral*, 18(3), 239-252.
- Eugenio, M., Zuazagoitia, D., & Ruiz-González A., (2009). “Huertos EcoDidácticos y Educación para la Sostenibilidad. Experiencias educativas para el desarrollo de competencias del profesorado en formación inicial”, *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, volumen 15, número 1, 2018.
- Farfán García, A. G., Navarrete Pita., & Mendoza Mero, Á. E. (2022). Creación de huertos familiares para el desarrollo de la seguridad alimentaria en la ciudadela Panorama. *Revista Estudios del Desarrollo Social: Cuba y América Latina*, 10(1).
- Ferro, M., Molina Rodríguez, L., & Rodríguez, W. A. (2009). La bioética y sus principios. *Acta odontológica venezolana*, 47(2), 481-487.

- Fontalvo-Buelvas, J. C. (2021). El Huerto Agroecológico y sus procesos sustentables para apoyar las funciones sustantivas de la Facultad de Biología-Xalapa, Veracruz [Tesis de maestría]. México: Universidad Veracruzana.
- Fontalvo- Buelvas, J. C. F., & de la Cruz Elizondo, Y. (2021). Huertos universitarios y necesidades humanas: una aproximación bibliográfica y vivencial desde el huerto agroecológico de la Universidad Veracruzana en México. *La Colmena*, (14), 29-46.
- González, A. M. T. S., Pacheco, P. M. T., & Vergaray, J. M. (2021). Aplicación del programa para mejorar la autonomía de los niños en etapa pre escolar. *Apuntes universitarios*, 11(2), 150-171.
- La Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2013). Sistematización de experiencias exitosas de huertos escolares pedagógicos, <https://www.fao.org/3/as225s/as225s.pdf>
- Maslow, A. (1943). A theory of human motivation. *Psychological review*, 50(4), 370-396.
- Monterroso Rivas, A. I., & Gómez Díaz, J. D. (2022). Retos de adaptación al cambio climático para la agricultura de México.
- Morales, H., Ferguson, B. G., Chung, K., & Nigh, R. (2021). Escalamiento de la agroecología desde el huerto escolar y la importancia de reconocer la cultura, los alimentos y lugar. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, 58, 642-665.
- Nova, A., (2022). “Agricultura agroecológica, seguridad y soberanía alimentaria”. *Estudios de Desarrollo Social: Cuba y América Latina*. Número 10.
- Pérez, F. P. (2022). El huerto comunitario y su impacto socioemocional en la vida de las mujeres de Los Altos de Chiapas. *Diversidad*, (22), 111-123.

- Rodríguez-Marín, F., Portillo Guerrero, M. Á., & Puig Gutiérrez, M. (2021). El huerto escolar como recurso para iniciar la Alfabetización Ambiental en Educación Infantil.
- Ruiz, Á. B., y Rodríguez, J. M. M. (2015). Los huertos escolares comunitarios: fraguando espacios socioeducativos en y para la sostenibilidad. *Foro de educación*, 13(19), 213-239.
- Salazar Balderrama, M. I., Valles Aragón, M. C., & Rangel Ledezma, Y. S. (2023). Plataforma virtual Laboratorio Agroecológico, capacitación a docentes de primaria sobre la construcción de un huerto.
- Suárez-López, R., Ramos-Truchero G., & Tutor, D., Gutiérrez, C., (2021). El “Percepciones y aprendizajes en un huerto educativo en Educación Primaria”. *Revista de Investigación e Innovación Educativa*, volumen 18, pp. 64-74.



Capítulo 2
PRINCIPIOS BIOÉTICOS EN EL USO
DE ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO
CONTRA *Erwinia amylovora* EN
MANZANO



Daniel Triana-Anzures, Nora Aidee Salas-Salazar,
Mayra Cristina Soto-Caballero

1. INTRODUCCIÓN

El orégano mexicano es reconocido en el mundo por su calidad, esto debido a los aceites esenciales que conforman su composición química y que permiten que sea utilizado en distintas áreas, hecho que incrementó su comercialización (Huerta, 1997).

El cultivo de orégano abarca más de dos docenas de especies de plantas, cuyas flores y hojas tienen un olor característico a especias. Entre las variedades más comunes en la cocina se encuentran las hojas secas de *Origanum vulgare*, nativo de Europa, y *Lippia graveolens*, originaria de México (Pierce, 1999).

Las plantas por su parte han desarrollado mecanismos de defensa contra una variedad de microorganismos patógenos, produciendo una amplia gama de metabolitos secundarios con actividad antimicrobiana (Dixon, 2001). En los últimos años, ha surgido un interés creciente en el uso de compuestos orgánicos bioactivos extraídos de plantas con propiedades antimicrobianas, en respuesta a la resistencia desarrollada por los microorganismos a los antibióticos (Daferera *et al.*, 2003). Entre estos metabolitos secundarios destacan los flavonoides, fenoles, terpenos, aceites esenciales, alcaloides, lectinas y polipéptidos (Cowan, 1999).

Combatir la *Erwinia amylovora* (Ea), bacteria causante del tizón de fuego, es uno de los principales retos que enfrentan los productores de manzano (*Malus sylvestris var. domestica*), ya que es una enfermedad devastadora que puede incluso generar la muerte de árboles infectados, siendo la proliferación de la infección un problema serio, presentándose principalmente en las flores al ser los estigmas el principal lugar para el desarrollo de la bacteria (Shtienberg *et al.*, 2003).

Se puede decir que la Ea afecta a la manzana, una de las frutas más consumidas en el mundo. China es el principal productor global, con 44.5 millones de toneladas en 2023, lo que representa el 54% de la producción mundial de 82.93 millones de toneladas. Por su parte, México, es el duodécimo productor, produjo 810,906 toneladas en 2023 (USDA, 2023).

De igual forma, en Chihuahua, 31,823 hectáreas se dedicaron al cultivo de manzana en 2018, produciendo 569,821 toneladas en los municipios de Cuauhtémoc y Guerrero, siendo los municipios con mayor superficie plantada (SIAP, 2018). En esta región, el costo del manejo de plagas en huertos de alta tecnificación puede llegar al 22.2% de los costos de producción, mientras que en huertos de mediana tecnificación es del 10.6%. El manejo de enfermedades por hongos y bacterias representa el 57% del costo total de manejo de plagas en huertos de alta tecnificación (Ramírez-Legarreta & Jacobo-Cuéllar, 2002).

En el caso particular, del manejo del tizón de fuego se basa en la integración de múltiples prácticas, que incluyen aplicaciones preventivas de cobre, poda sanitaria, protección de heridas y aspersiones de antibióticos durante la floración (Aćimović *et al.*, 2015).

Por ello, el método de control más utilizado es el uso de antibióticos, que muestran una disminución considerable de las cepas bacterianas. Sin embargo, el uso inadecuado de estos productos químicos, ha llevado al desarrollo de resistencia en las bacterias, lo que resulta en la necesidad de utilizar concentraciones cada vez más altas o, en algunos casos, en la pérdida total de efectividad de los antibióticos (Romo *et al.*, 2011).

Los avances en el fitocontrol del tizón de fuego han sido impulsados por factores como la resistencia desarrollada a los antibióticos, el aumento en la prevalencia de la enfermedad y el incremento social por la seguridad y la sostenibilidad de los sistemas de producción agrícola (Johnson & Stockwell, 2000). Por lo tanto, es imperativo explorar compuestos para combatir la bacteria (Tsiantos *et al.*, 2003).

Entre los agentes de control natural de Ea, se encuentran el timol y el carvacrol que son los componentes antimicrobianos más importantes presentes en el Aceite Esencial de Orégano (AEO), los cuales desestabilizan la membrana externa de las bacterias Gram negativas, liberando parte del lipopolisacárido y aumentando así la permeabilidad del trifosfato de adenosina (ATP) en la membrana citoplasmática, lo que resulta en la formación de poros y la lisis bacteriana (Abdul *et al.*, 2017).

Sin embargo, actualmente los productores están utilizando métodos de control de compuestos orgánicos a base extractos de plantas vegetales como orégano, tomillo y canela que han demostrado su ineficacia solo amortiguando los síntomas, creando resistencia a la enfermedad (Ramírez-Legarreta & Jacobo-Cuéllar, 2008). Lo cual genera una situación preocupante para la producción de manzana en la región de Chihuahua.

Por lo anterior, considerando las implicaciones del AEO como alternativa al uso de antibióticos en el control de Ea, es importante considerar las implicaciones bioéticas del uso de este tipo de control por parte de los productores, considerándolo como un beneficio, pero no como una solución 100 % fiable.

2. METODOLOGÍA

En este estudio se analizó la problemática de la aplicación del AEO como agente inhibidor de Ea en la agricultura desde la perspectiva de la bioética. El estudio fue de tipo documental utilizando el método sintético, con un enfoque cualitativo de los cuatro principios de la bioética y la aplicación del AEO en el control de Ea en la agricultura.

La información se buscó en artículos indexados en Google Académico, Redalyc y Scielo, en inglés y en español. Las palabras analizadas fueron “bioética, Aceite Esencial de Orégano, *Erwinia amylovora*, control biológico, antibióticos”, los requisitos cumplidos por las publicaciones fueron los siguientes: a) documentos indexados a editoriales reconocidas; b) documentos publicados en el periodo 1997-2024; c) abordar conceptos de aceite esencial de orégano, agente inhibidor de *Erwinia amylovora*, manzano y bioética. Todos los documentos se recopilaron con Mendeley Web importer y Desktop©.



Figura 1. Ilustración de la aplicación de los principios bioéticos en el uso del AEO contra la *Ea* en manzano.

Los documentos se revisaron siguiendo los siguientes parámetros:

1. Se analizaron 100 documentos en inglés y español, y se seleccionaron 38 documentos con los conceptos de aceite esencial de orégano, agente inhibidor de *Ea*, manzano y bioética.
2. Se analizó la información de cada documento para establecer el uso potencial que tiene el AEO como una alternativa efectiva y sostenible para el control del tizón de fuego en los cultivos de manzanos.
3. Se analizaron los cuatro principios de la bioética en la aplicación de AEO contra la bacteria *Ea*.

3. RESULTADOS

3.1 Principio de beneficencia

Según Koksall *et al.* (2010), el orégano es una planta ampliamente cultivada en todo el mundo, reconocido por su comercialización como uso doméstico y culinario, además por sus propiedades medicinales. Su aceite esencial, de gran importancia en la industria y la farmacéutica, se utiliza en una variedad de productos como jabones, perfumes, cosméticos y saborizantes, lo que resalta los beneficios económicos y de salud a través de sus diversas aplicaciones.

Según Albado *et al.* (2001), menciona que las hojas de orégano, tanto frescas como secas, son empleadas para la preparación de alimentos debido al excelente sabor que confieren a las comidas, mejorando la experiencia culinaria y promoviendo una alimentación más placentera y saludable.

Por su parte, la extracción del AEO deja como subproducto el bagazo de orégano, rico en flavonoides con propiedades antioxidantes y antimicrobianas (Zavala *et al.*, 2006; Corral, 2011). Aprovechar este residuo se alinea con el principio de beneficencia en bioética, ya que podría mejorar la sostenibilidad y eficiencia de la industria del orégano, disminuyendo así los residuos y beneficiando a la sociedad en general (Rolando *et al.*, 2007).

Por ello, el uso de métodos de extracción más seguros y eficientes, como la extracción supercrítica con dióxido de carbono, se ha vuelto prevalente en comparación con los métodos convencionales como la destilación con arrastre de vapor y el uso de solventes orgánicos (Simándi *et al.*, 1998). Esto se debe a las propiedades favorables del dióxido de carbono, que no es tóxico, no explosivo y fácil de remover, lo que facilita las operaciones de separación de los productos extraídos (Yépez *et al.*, 2001).

Así mismo, la composición química de los aceites esenciales (AE) puede variar debido a factores como el medio ambiente, la procedencia de la planta y el método de extracción (Combariza *et al.*, 1994). Es crucial comprender estos factores para minimizar los efectos adversos o cambios indeseables en la composición de los AE, lo que ayuda a prevenir daños tanto a los usuarios finales como al medio ambiente.

Como lo mencionan Grande *et al.* (2023), el carvacrol y el timol son componentes del aceite esencial de orégano que modifican la permeabilidad de la membrana celular bacteriana, considerándolos por ello como agentes de alta actividad antimicrobiana. Lo anterior, no solo es en beneficio económico de los agricultores, sino también de los consumidores ya que previene enfermedades infecciosas en el ser humano.

Es visible que la bacteria *Ea* ha ocasionado pérdidas económicas considerables para los productores de los cultivos que ataca, en especial de los manzaneros, quienes, preocupados por esta situación, recurren a métodos tradicionales para combatir la enfermedad, generando con ello efectos nocivos para la salud y el medio ambiente (Gamero *et al.*, 2019). Sin embargo, Ultee (2002) muestra que el carvacrol es capaz de inhibir la *Erwinia* sin que sea necesario emplear agroquímicos y pesticidas dañinos para la salud y el entorno.

3.2 Principio de no maleficencia

Conocer los beneficios y las consecuencias del uso de Aceites Esenciales (AE) permite garantizar un uso responsable y sostenible. En este sentido, Flores (2010) menciona que existe variabilidad en la toxicidad de los aceites esenciales, como es el caso del carvacrol presente en el AE de orégano (AEO), que contiene una dosis letal 50 inferior a la planta de orégano, mientras que componentes como α -pineno, β -pineno, β -cariofileno y borneol suelen generar somnolencia y causar efectos que irriten la piel (Camacho, 2011).

De acuerdo a Combariza (1994), la composición química de los aceites esenciales varía debido a factores externos como el medio ambiente, área de procedencia de la planta y método de extracción, por lo que al conocer la composición química de los AE permite minimizar efectos adversos tanto en el ser humano como en el ambiente, garantizando su seguridad y eficacia.

Por otro lado, Psallidas & Tsiantos (2000) descubrieron que el cobre podía ser utilizado como tratamiento de ciertas enfermedades en plantas,

especialmente las causadas por hongos. Tal fue el caso del tizón de fuego, que era susceptible al cobre, por lo que durante casi 50 años se empleó como el ingrediente principal en tratamientos para combatir la bacteria. Lamichhane, (2018) mostró evidencia de que el cobre se acumula en el suelo y agua incrementando su toxicidad.

Con relación al aumento de la resistencia bacteriana a los antibióticos, según Munita & Arias (2016), dicha situación representa un área de ocupación para la salud pública. La agricultura tradicional, como señala Rodríguez *et al.* (2004), contribuye a esta problemática mediante el uso de fumigantes como el bromuro de metilo, que puede afectar negativamente tanto a la salud humana como al medio ambiente. Es esencial minimizar estos impactos negativos y adoptar prácticas agrícolas más sostenibles para preservar la salud pública y el equilibrio ecológico.

3.3 Principio de autonomía

La búsqueda de alternativas agrícolas en zonas áridas de México debe considerar tecnologías para el uso eficiente del agua y especies resistentes a la sequía, como el orégano. Investigaciones acerca del comportamiento del orégano a distintas prácticas agrícolas, son esenciales para aumentar la productividad y el rendimiento del cultivo. Esto proporciona a los agricultores conocimientos y herramientas para mejorar su sustento económico de manera independiente (Olalde *et al.*, 2000).

Sin embargo, la posibilidad de emplear alternativas sostenibles en la agricultura debe estar disponible para todos los productores. No obstante, el uso de fitocontroladores en enfermedades como el tizón de fuego suele ser difícil de aceptar por los manzaneros tradicionales. Además, se requieren investigaciones que aborden diversos aspectos relacionados con la planta, su fisiología, genética, factores medioambientales y su interacción. Por lo tanto, es importante generar conocimiento que amplíe el panorama y concientice a los productores tradicionales (Caicedo *et al.*, 2021).

Según Ngugi *et al.* (2011), muchos países que enfrentan esta enfermedad utilizan antibióticos como principal método de control. Sin embargo, en la

Unión Europea está prohibida la aplicación de antibióticos. En esta región, la tendencia es minimizar el uso de antibióticos y emplear otras medidas de control, las cuales no han demostrado ser muy eficaces en el manejo de la enfermedad en cultivos de peral y manzano.

Por lo tanto, el uso de orégano, respaldado por evidencia científica, reconoce el derecho de elegir este método de tratamiento ya que, a pesar de las opciones convencionales disponibles, los métodos tradicionales de control como el AEO siguen siendo una opción válida para muchas personas (Calvo-Irabién *et al.*, 2014).

3.4 Principio de justicia

Según Huerta (1997), a pesar de ser el segundo productor mundial de orégano, México enfrenta desafíos en su producción. La mayoría de las especies explotadas son silvestres y carecen de prácticas agrícolas adecuadas. La producción comercial se realiza en zonas marginadas, generando una explotación desmedida que amenaza la biodiversidad. Es necesario implementar un manejo racional para mejorar el nivel socioeconómico de las familias en estas regiones.

Lo anterior, visibiliza que en México existe una baja capacidad de producción de orégano tanto agrícola como industrial. Esta baja capacidad genera complicaciones para dar valor agregado al orégano, como por ejemplo el convertirlo en aceite esencial para su comercialización. Sin embargo, representa también una oportunidad para el desarrollo de cultivos que se adapten biotecnológicamente a diversas regiones del país, permitiendo así una explotación sostenible del orégano mexicano (García-Pérez, 2012).

México no enfrentaba prohibiciones ni bloqueos para la comercialización del orégano en diversos países, entre los que destacan el Reino Unido, Alemania, Francia y Canadá, situación que prevalece hasta la actualidad (CONAFOR, 2009). Sin embargo, el proceso de comercialización continua con la implicación de intermediarios, lo que genera menores ingresos para los productores de orégano silvestre y cultivado. Lo anterior hace evidente la falta de una estructura organizacional en la que se priorice los intereses

de los productores y que pueda alinearse a una política nacional para equilibrar la explotación de los recursos naturales con el desarrollo económico de las regiones, evitando la degradación ambiental y minimizando las áreas de bajo nivel socio económico.

Por otro lado, el AEO permite disminuir el uso de antibióticos que ha generado la resistencia a las bacterias, como es el caso del tizón de fuego, que aunado al incremento social de promover la sostenibilidad del ambiente y de los sistemas de producción agrícola sostenibles, se convierte en una opción viable para los agricultores (Johnson & Stockwell, 2000).

4. CONCLUSIONES

Los principios bioéticos permiten tomar decisiones consensuadas en el conocimiento de los beneficios y consecuencias que implica el uso de AEO en la agricultura como alternativa para combatir el tizón de fuego, tanto en la salud de los seres humanos como en el medio ambiente.

En cuanto, al principio de beneficencia se puede destacar que el AEO aporta beneficios tanto a los productores de manzana para combatir el tizón de fuego y de esa manera minimizar las pérdidas económicas causadas por dicha enfermedad, además beneficia a los seres humanos y al medio ambiente al ser una alternativa más sostenible que los antibióticos al reducir la contaminación y la resistencia bacteriana.

Por otro lado, es elemental considerar el principio de no maleficencia con el cual se evalúan las posibles consecuencias del AEO, por ejemplo, la afectación de la piel y la toxicidad que genera, por lo que se debe implementar control de calidad para garantizar un uso adecuado del AEO en la agricultura sostenible y por ende en el medio ambiente y la salud humana.

El principio de autonomía conlleva la toma de decisiones informada por parte de los agricultores en cuanto al AEO como controlador de Ea en cultivos como el manzano, para ello es esencial el acceso a información acerca de los beneficios y consecuencias del AEO en la agricultura como alternativa a los antibióticos.

Por último, el principio de justicia menciona que se debe asegurar que el AEO no causa daños irreparables al medio ambiente ni a la salud de los seres humanos, implica acceso a prácticas agrícolas sostenibles que implican el uso de alternativas al uso de antibióticos.

5. REFERENCIAS

- Abdul Qadir, M., Shahzadi, S. K., Bashir, A., Munir, A., & Shahzad, S. (2017). Evaluation of Phenolic Compounds and Antioxidant and Antimicrobial Activities of Some Common Herbs. *Int J Anal Chem*, 2017, 3475738. doi: <http://dx.doi.org/10.1155/2017/3475738>
- Acimović, E. A. (2015). Fire blight (*Erwinia amylovora*) of rosaceous plants: Pathogen virulence and selection and characterization of biological control agents. *Frontiers in Plant Science*. doi:10.3389/fpls.2015.00016
- Albado, E., Saez, G., & Grabiell, S. (2001). Composición química y actividad antibacteriana del aceite esencial del *Origanum vulgare* (orégano). *Revista Médica Herediana*, 12(1), 17-19.
- Caicedo-López, L. H., Aranda, A. L. V., De la O, D. S., Gómez, C. E. Z., Márquez, E. E., & Zepeda, H. R. (2021). Elicidores: implicaciones bioéticas para la agricultura y la salud humana. <https://www.redalyc.org/journal/3615/361570669009/html/>
- Calvo-Irabién, L. M., Parra-Tabla, V., Acosta-Arriola, V., Escalante-Erosa, F., Díaz Vera, L., Dzib, G. R., & Peña-Rodríguez, L. M. (2014). Phytochemical diversity of the essential oils of Mexican Oregano (*Lippia graveolens Kunth*) populations along an Edapho-climatic gradient. *Chemistry & biodiversity*, 11(7), 1010–1021. <https://doi.org/10.1002/cbdv.201300389>
- Camacho, M. H. E. (2011). Caracterización fisicoquímica del aceite esencial de la muña (*Minthostachys setosa*) y su estudio antibacteriano (Tesis). Universidad Nacional del Callao, Perú.

- CONAFOR. (2009). Comisión Nacional Forestal: Fichas de información comercial de productos forestales. <http://www.conafor.gob.mx/biblioteca/fichas-de-informacion-comercial-productos-forestales.pdf>.
- Combariza, M. Y., Tirado, C. B., Stashenko, E., & Shibamoto, T. (1994). Limonene concentration in lemon (*Citrus volkameriana*) peel oil as a function of ripeness. *Journal of High Resolution Chromatography*, 17(9), 643-646.
- Corral, T. L. C. (2011). Aprovechamiento de los residuos que se generan en la extracción del aceite esencial de orégano (*Lippia graveolens HBK*) [tesis maestría]. Instituto Politécnico Nacional. Durango, México.
- Cowan, M. M. (1999). Plant products as antimicrobial agents. *American Society for Microbiology*. 12: 564-565.
- Daferera, D. J., B. N. Ziogas, and M. G. Polissiou. (2003). GC-MS analysis of essential oils from some Greek aromatic plants and their fungitoxicity on *Penicillium digitatum*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 48: 2576-2581.
- Dixon, N. R. A. 2001: Natural products and plant disease resistance. *Journal of Young Investigators*. 411: 843-847.
- Flores, G. M. C. (2010). Investigación de los aceites esenciales, sus características y finalidad de uso: Análisis del estado de su regulación en Chile y el mundo (Tesis). Universidad de Chile, Chile.
- Gamero P. E., Valdez O. S., Ortiz S. I., Montelongo M. A., Chávez S. J., Rosales S. R. (2019). Inhibición del desarrollo in vitro de *Erwinia amylovora* mediante el uso de aceite y extracto de orégano. Disponible en: https://congresorebiza.mx/wp-content/uploads/2019/11/REBIZA_2019.pdf#page=32
- García-Pérez, Enrique, Fernando Francisco, Castro-Álvarez, Gutiérrez-Uribe, Janet Alejandra, & García-Lara, Silverio. (2012). Revisión de la producción, composición fitoquímica y propiedades nutraceuticas del orégano mexicano. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(2), 339-353.

- Grande V., Lesly, González V., Rosa, Lucas L., Juan, Carhuallanqui P., Andrea, Guevara F., José, & Ramos D., Daphne. (2023). Efecto antimicrobiano del aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare*) frente a *Staphylococcus aureus* en carne de pollo. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 34(1), e24598. Epub 27 de mayo de 2024. <https://dx.doi.org/10.15381/rivep.v34i1.24598>
- Huerta, C. (1997). Orégano Mexicano: Oro vegetal. Biodiversitas. Bol. CONABIO 3: 8-13 pp.
- Johnson KB and Stockwell VO. (2000). Biological control of fire blight. Pp 319-337.: Vanneste JL. Fire blight: The Disease and its Causative Agent. Eds. Cab International. Wallingford UK. 370 p.
- Koksal, O.; Gunes, E.; Orkan, O. and Ozden, M. (2010). Analysis of effective factor on information sources at Turkish oregano farms. African J. Agric. Res. 5:142-149.
- Lamichhane, J. R., Osdaghi, E., Behlau, F., Köhl, J., Jones, J. B., & Aubertot, J. N. (2018). Thirteen decades of antimicrobial copper compounds applied in agriculture: A review. Agronomy for Sustainable Development, 38(3), 28.
- Munita & Arias, C. A. (2016). Mechanisms of antibiotic resistance. *Virulence mechanisms of bacterial pathogens*, 481-511.
- Ngugi, H. K., Lehman, B. L., & Madden, L. V. (2011). Multiple treatment meta-analysis of products evaluated for control of fire blight in the eastern United States. *Phytopathology*, 101(5), 512-522.
- Olalde-Gutiérrez, V. M.; Escalante-Estrada, J. A.; Sánchez-GARCÍA, P.; Tijerina-Chávez, L.; Mastache-Lagunas, A. A.; Carreño-Román, E. (2000). Crecimiento y distribución de biomasa en girasol en función del nitrógeno y densidad de población en clima cálido. *Terra Latinoamericana*, 18: 313-323 pp.
- Pierce, A. (1999). Practical guide to natural medicines. The American Pharmaceutical Association. A Stonesong Press Book. Estados Unidos.
- Psallidas, P. G., & Tsiantos, J. (2000). Chemical control of fire blight. En J. L. Vanneste (Ed.), *Fire blight: The disease and its causative agent* (pp. 199-234). CABI Publishing.

- Ramírez-Legarreta, M. R., Jacobo-Cuéllar, J. L., Gardea-Béjar, A. A., & Parra-Quezada, R. A. (2008). Modelo de desarrollo floral en manzanos [*Malus sylvestris* (L.) Mill. Var. *domestica* (Borkh.) Mansf.] Red Delicious y Golden Delicious como herramienta de toma de decisiones en el manejo integrado de enfermedades. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 26, 153-163.
- Ramírez-Legarreta, M. R., & Jacobo-Cuéllar, J. L. (2002). Impacto Ambiental del Uso de Plaguicidas en Huertos de Manzano del Noroeste de Chihuahua, México. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 20(2), 168-173.
- Rolando, A., Díaz, R., & Puerta, A. (2007). Aceite esencial de orégano: tratamiento por digestión anaeróbica de los residuos generados en su obtención. *Cuadernos de Agroecología*, 2(1).
- Romo Chacón, A., Berlanga Reyes, D. I., Guerrero Prieto, V. M., Martínez Campos, R., Romero Gómez, S., & Ramírez Legarreta, M. R. (2011). Management of *Erwinia amylovora* with orégano (*Lippia berlandieri*) essential oil and resistance study to streptomycin on apple trees cv. 'Golden Delicious'.
- Shtienberg D, Shwartz H, Oppenheim D, Zilberstaine M, Herzog H, Manulis S and Kritzman G. (2003). Evaluation of local and imported fire blight warning systems in Israel. *Phytopathology* 93:356-363.
- Simándi, B., Oszagyán, M., Lemberkovics, É., Kéry, Á., Kaszács, J., Thyrión, F., & Mátyás, T. (1998). Supercritical carbon dioxide extraction and fractionation of oregano oleoresin. *Food Research International*, 31(10), 723-728.
- SIAP. (2018). Levanta el SIAP padrón georreferenciado de manzana en el estado de Chihuahua. *Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera*. Recuperado de <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/levanta-el-siap-padrón-georreferenciado-de-manzana-en-el-estado-de-chihuahua-213628#:~:text=La%20super%EF%AC%81cie%20destinada%20al%20cultivo,mil%20821%20toneladas%20en%202018>
- Tsiantos J, Psallidas P and Chatzaki A. (2003). Efficacy of alternatives

to antibiotic chemicals for the control of fire blight of pears. *Annals of Applied Biology* 143: 319-323.

Ultee, A., Bennik, M. H. J., & Moezelaar, R. (2002). The Phenolic Hydroxyl Group of Carvacrol Is Essential for Action against the Food-Borne Pathogen *Bacillus cereus*. *Applied and Environmental Microbiology*, 68(4), 1561-1568.

USDA. (2023). Apple production. Recuperado de <https://fas.usda.gov/data/production/commodity/0574000>. United States Department of Agriculture.

Yépez, B., Rivera, A., & López, S. (2001). Extracción de aceite esencial de limoncillo (*Cymbopogon Citratus*) con dióxido de carbono supercrítico. Congreso Colombiano de Ingeniería Química, 1-12, Santa Fe de Bogotá, Colombia.

Zavala, N., Loarca, P., y García, G. (2006). Evaluación del contenido fenólico, capacidad antioxidante y actividad citotóxica sobre células CaCo-2 del extracto acuoso de orégano (*Lippia graveolens Kunth*). Congreso Nacional de Química Médica, Querétaro, México.



Capítulo 3
IMPLICACIONES BIOÉTICAS EN LA
IMPLEMENTACIÓN DE HUMEDALES
CONSTRUIDOS CON PLANTAS
ORNAMENTALES PARA TRATAR
AGUA RESIDUAL



Daniel Alejandro Hernández-Contreras,
María Cecilia Valles-Aragón, Griselda Vázquez-Quintero

1. INTRODUCCIÓN

La creciente población global y su cada vez mayor capacidad económica, ha conducido inevitablemente a una mayor presión sobre las fuentes de suministro de agua, como resultado de la necesidad de producir más alimentos y energía, así como de abastecer con mayores volúmenes a las zonas urbanas y a las actividades productivas, principalmente la agricultura y la industria (Gómez, *et al.*, 2019).

La producción y consumo de bienes y servicios no solo han incrementado la demanda de agua, sino que también han generado un aumento significativo en la producción de aguas de un solo uso o residuales. Una gran proporción de estas aguas residuales es vertida sin tratamiento en cuerpos de agua superficiales, lo que agrava la contaminación de cuerpos de agua potable y plantea serios desafíos ambientales y de salud pública (Tzanakakis *et al.*, 2020). La considerable contaminación de los cuerpos de agua se atribuye en gran medida a la gestión inadecuada de desechos a nivel industrial y doméstico, destacando la presencia de sustancias tóxicas como metales pesados y compuestos recalcitrantes (Guzmán-Colis *et al.*, 2011).

Como consecuencia, numerosos ecosistemas acuáticos, tanto dulces como marinos, exhiben manifestaciones evidentes de deterioro (Ortiz-Gallarza, 2009). Esto no solo ha llevado a una disminución en la cantidad y calidad de los servicios ambientales que proporcionan, sino que también ha resultado en la pérdida, en algunos casos de forma irreversible, de su diversidad biológica (SEMARNAT, 2016). La contaminación de las aguas superficiales y de los acuíferos reduce inmediatamente la disponibilidad del líquido, lo cual hace necesario procesos e inversiones económicas de gran tamaño para su tratamiento y potabilización (FAO-Aquastat, 2018).

Dentro de los tratamientos más amigables con el medio ambiente para la remoción de contaminantes en plantas de tratamiento de agua residual, el uso de plantas es una opción eficaz y sostenible. Los humedales construidos (HC), son sistemas diseñados con canales al aire libre, sustratos y vegetación específica de acuerdo a las necesidades y condiciones del medio ambiente. Actualmente, son una alternativa prometedora para la remoción y eliminación de diversos contaminantes del agua (Vymazal, 2011).

Estos sistemas son eficientes para la eliminación de una amplia gama de contaminantes, incluidos metales pesados y compuestos orgánicos e inorgánicos gracias a la combinación de procesos fisicoquímicos y biológicos que suceden en el sistema húmedo (García *et al.*, 2010).

Por otra parte, la eficiencia de estos sistemas de remoción puede verse afectada por la evaporación excesiva y la limitada disponibilidad de agua que suele presentarse en climas áridos (Zhang *et al.*, 2014). Estos factores afectan la disponibilidad del agua y por lo tanto, la capacidad de las plantas de absorber contaminantes y mantener un entorno húmedo adecuado para los procesos biológicos necesarios para la remoción de contaminantes del agua (Vymazal, 2007). Por lo tanto, es fundamental diseñar estos sistemas para garantizar su eficacia a largo plazo, además de manejar cuidadosamente la integración de tecnologías complementarias que homogenicen el trabajo en todo momento, como el riego controlado y el uso de sustratos específicos para la retención de la humedad en el sistema, que es necesario para mejorar significativamente el rendimiento de los HC en estas regiones (Zhang *et al.*, 2014).

El uso de plantas ornamentales en HC para la remoción de contaminantes en el tratamiento de aguas es un área de estudio que combina múltiples campos de estudio, como la biología vegetal, la microbiología, las ciencias ambientales y el impacto social desde la perspectiva ética. Por lo que, es fundamental valorar dicha alternativa bajo los principios de la bioética, como beneficencia, no maleficencia, autonomía y justicia, con lo cual es posible evaluar con claridad las implicaciones y efectos positivos y negativos que esta tecnología puede generar al momento de su aplicación. Sin embargo, debido a las limitaciones climáticas que presentan los territorios semidesérticos, las plantas deben ser capaces de resistir la sequía lo que limita significativamente las opciones disponibles y deben ser seleccionadas de acuerdo a su desarrollo en dicho entorno. Este desafío demanda una investigación y una planificación minuciosa para identificar especies que puedan prosperar en estas condiciones desfavorables (Kadlec & Wallace, 2008).

2. METODOLOGÍA

Para el análisis de las implicaciones bioéticas en la implementación de HC, se llevó a cabo una revisión sistemática de la literatura disponible. Se consultaron bases de datos académicas como PubMed, Scopus y Google Scholar, utilizando palabras clave como “humedales construidos”, “plantas ornamentales”, “remoción de contaminantes”, “clima semidesértico” y “bioética”.

Para los criterios de inclusión se tomaron en cuenta estudios que evaluaran la eficiencia de plantas ornamentales en la remoción de contaminantes en aguas residuales, investigaciones que discutieran criterios bioéticos en relación con la implementación de estas tecnologías y artículos que abordaran políticas medioambientales y principios éticos aplicables. Se excluyeron estudios que no presentaran datos empíricos, artículos de opinión sin sustento científico ni aquellos que no estuvieran disponibles en inglés o español. Los estudios seleccionados se evaluaron en función de su diseño experimental, la especie de plantas utilizadas, los tipos de contaminantes abordados y las consideraciones éticas discutidas.

Los 30 documentos seleccionados se recopilaron para identificar las principales orientaciones, beneficios, desafíos y problemas bioéticos asociados con esta tecnología de tratamiento ambiental. Para definir claramente la estructura de la información, se realizó un mapa mental con las ideas clave de cada uno de los principios bioéticos, relacionados con el uso de HC para tratamiento de agua, plantados con ornamentales (Figura 1).

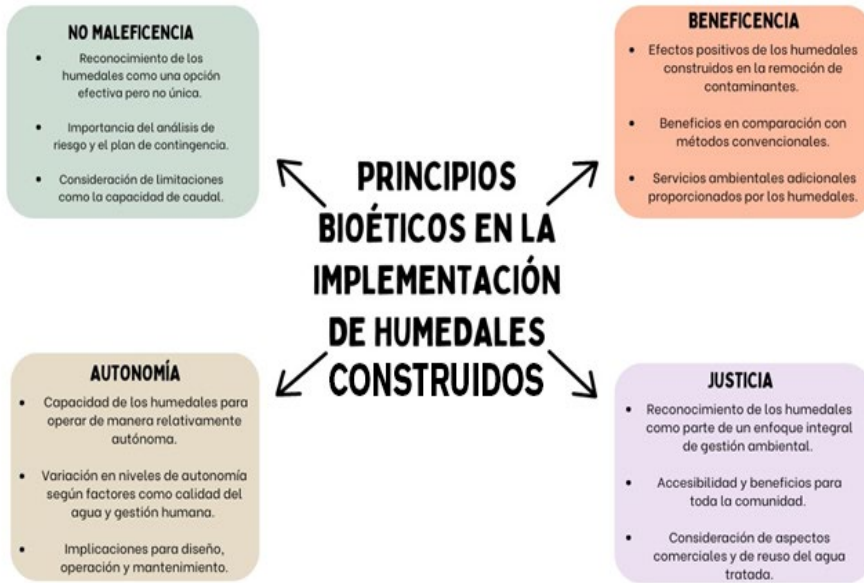


Figura 1. Mapa mental de los principios bioéticos en la implementación de humedales construidos.

3. RESULTADOS

3.1 Principio de beneficencia

En el contexto de los HC con plantas ornamentales, es crucial evaluar los efectos de la investigación y los beneficios derivados de este enfoque de tratamiento de aguas residuales, en comparación con otros métodos convencionales (Vymazal *et al.*, 2011).

La implementación de estos sistemas trae consigo múltiples efectos en el bienestar ambiental y social. Según Cronin *et al.* (2018), los HC actúan como filtros naturales, que remueven los diversos contaminantes y nutrientes del agua de manera efectiva, con lo cual no solo mejora la calidad del agua, sino que también puede ayudar a prevenir la contaminación de cuerpos de agua cercanos y proteger la salud pública.

3.1.1 Beneficios de los Humedales Construidos

En comparación con otros métodos convencionales de tratamiento de aguas residuales, los HC con plantas ornamentales ofrecen una serie de beneficios (Morales *et al.*, 2013).

En primer lugar, son altamente efectivos para la remoción de contaminantes, como destacan Miller y Spoolman (2019). Además, son más sostenibles y económicamente viables especialmente en zonas rurales (Vymazal *et al.*, 2011). Asimismo, estos sistemas aprovechan procesos naturales de remoción, lo que se traduce en menores costos de operación en comparación con las plantas de tratamiento convencionales (Brix *et al.*, 1997). Además, los HC requieren menos energía y mantenimiento, ya que no dependen de equipos electromecánicos complejos (Kadlec *et al.*, 2009).

3.1.2 Servicios Ambientales

Estos sistemas no solo benefician el medio ambiente al tratar las aguas residuales, sino que también prestan otros servicios ambientales. Norton (2005) señala que estos humedales pueden proporcionar hábitats para la vida silvestre, mejorar la biodiversidad y contribuir a la conservación de los ecosistemas acuáticos. Además, pueden mitigar los efectos del cambio climático al almacenar carbono y regular el ciclo del agua (Mitsch *et al.*, 2013).

Dentro de sus beneficios ambientales y socioeconómicos, los HC también tienen un valor estético significativo. La presencia de vegetación utilizada para la remoción propicia la creación de hábitats acuáticos, los cuales pueden mejorar la calidad visual de paisajes urbanos y rurales, contribuyendo al bienestar psicológico y emocional de las personas que los disfrutan (Gascoigne *et al.*, 2013; Everard *et al.*, 2015).

3.2 Principio de no maleficencia

En la implementación de HC con plantas ornamentales para el tratamiento de aguas residuales, es esencial considerar cuidadosamente los riesgos y las contingencias relacionadas con su implementación.

Es importante reconocer que los HC con plantas ornamentales no son la solución única al problema de las aguas residuales, pero pueden ser una opción efectiva y sostenible. En comparación con otros métodos de tratamiento, como las plantas de tratamiento convencionales, los HC ofrecen una serie de ventajas. Por ejemplo, estudios como el de Miller y Spoolman (2019) han demostrado su eficiencia en la remoción de contaminantes, como nutrientes y metales pesados, utilizando procesos naturales de filtración y absorción por parte de las plantas y microorganismos asociados. Además, son más económicos de construir y mantener, y tienen un menor impacto ambiental.

En términos de la viabilidad de esta tecnología para caudales muy grandes, es necesario consultar los diversos trabajos previos. Según estudios, como el de Mitsch y Gosselink (2015) los HC son sistemas altamente efectivos para la remoción de contaminantes, incluyendo nutrientes y metales pesados, a pequeña y mediana escala. Sin embargo, al considerar caudales muy grandes, la capacidad de estos humedales para mantener una eficiencia óptima podría verse comprometida.

La eficacia de los HC depende de diversos factores, incluyendo la carga de contaminantes y la tasa de flujo de agua (López *et al.*, 2023). En el caso de caudales muy grandes, es probable que la capacidad de retención y el tiempo de residencia del agua en el humedal se vean reducidos, lo que podría limitar su eficacia en la remoción de contaminantes (Kadlec y Knight 1996).

3.2.1 Análisis de Riesgo

Antes de la implementación de HC con plantas ornamentales, se debe realizar un análisis de riesgo completo que considere todas las implicaciones ambientales y sanitarias. Esto incluye evaluar el riesgo de impactos negativos en los ecosistemas circundantes, como la alteración de hábitats acuáticos y la introducción de especies invasoras (Cronin *et al.*, 2018; Mitsch & Gosselink, 2015). Además, se deben considerar posibles problemas relacionados con plagas y enfermedades que puedan afectar la salud de las plantas y la eficacia del tratamiento, además de las implicaciones a la salud de áreas circunvecinas. (Gersberg, Elkins, & Lyon, 1986; Kadlec & Wallace, 2009).

3.2.2 Plan de Contingencia

Un plan de contingencia sólido es fundamental para abordar los riesgos potenciales y garantizar la efectividad de los humedales, este plan debe considerar la adaptabilidad de las plantas seleccionadas para enfrentar condiciones climáticas extremas, como inundaciones, sequías y heladas, que pueden afectar su capacidad de tratamiento (Mitsch & Gosselink, 2015; Vymazal, 2011). Además, se deben establecer protocolos que permitan monitorear la salud de las plantas, detectar cualquier problema emergente y tomar medidas correctivas de manera oportuna (Brix, 1997; Kadlec & Wallace, 2009).

3.3 Principio de autonomía

La implementación de HC con plantas ornamentales para el tratamiento de aguas residuales ha sido ampliamente considerada como una solución efectiva y sostenible en la gestión ambiental (Kadlec *et al.*, 1996). Sin embargo, es necesario conocer si estos sistemas tienen la capacidad de trabajar de forma autónoma y, en caso afirmativo, en qué nivel de autonomía operan. Esto es esencial para comprender la viabilidad a largo plazo y la efectividad de esta tecnología ambientalmente amigable.

3.3.1 Autonomía de los Humedales Construidos

Se ha observado que estos sistemas pueden funcionar de manera relativamente autónoma en la remoción de contaminantes. Según Cronin *et al.* (2018), los HC son ecosistemas autosostenibles que aprovechan procesos naturales, como la filtración biológica y la adsorción de contaminantes por parte de las plantas, para limpiar el agua. Esta capacidad de autorregulación se debe a la diversidad biológica y la interacción entre los diferentes componentes del humedal, lo que permite que el sistema se adapte gradualmente y responda a cambios medioambientales y de carga contaminante (Gersberg *et al.*, 1986).

3.3.2 Niveles de Autonomía

Es importante considerar que la autonomía de los HC puede variar según diversos factores, como la calidad del agua de entrada, la composición de

la vegetación, la carga contaminante y la gestión humana (López *et al.*, 2023). Según Miller y Spoolman (2019), los HC pueden operar en diferentes niveles de autonomía, desde sistemas totalmente naturales y autónomos, hasta sistemas semi naturales que requieren cierto grado de intervención humana para mantener su eficacia. En áreas con una alta carga contaminante o variaciones extremas en las condiciones ambientales, es posible que se requiera una gestión más activa para garantizar el funcionamiento óptimo del humedal construido (Manzo *et al.*, 2021).

Por otra parte, permite a las comunidades y personas elegir entre diversas opciones de tratamiento según sus necesidades y preferencias específicas. La autonomía en la elección de HC con plantas ornamentales como sistema de tratamiento es una alternativa sostenible y visualmente agradable que puede adaptarse a diferentes climas y comunidades (Powers & Faden, 2006). Las múltiples opciones tecnológicas con las que se cuenta, aseguran que las comunidades puedan seleccionar el método que mejor se ajuste a sus necesidades y circunstancias, promoviendo así una mayor participación y aceptación de las soluciones implementadas (Norton, 2005).

3.4 Principio de justicia

El principio de justicia busca distribuir de forma equitativa los beneficios y los riesgos, así como en garantizar que las soluciones propuestas sean accesibles para toda la comunidad. En la implementación de HC es fundamental considerar que no son la solución a todos los problemas ambientales, pero deben ser accesibles y beneficiosos para toda la comunidad.

La implementación de HC puede desempeñar un papel importante en la gestión sostenible de los recursos hídricos y la conservación del medio ambiente (Zamora *et al.*, 2023). Estos sistemas ofrecen múltiples beneficios, como la remoción de contaminantes y la mejora de la biodiversidad, pero deben considerarse como parte de un enfoque integral de gestión ambiental que incluya otras estrategias y tecnologías.

3.4.1 Accesibilidad y Beneficios para Toda la Comunidad

Para cumplir con el principio de justicia, los HC con plantas ornamentales deben ser accesibles y en beneficio de la comunidad, independientemente de su origen o condición, por lo que necesitan diseñarse de manera que sean fácilmente integrados en entornos urbanos y rurales, y que sean gestionados de forma participativa, teniendo en cuenta las necesidades y preocupaciones de todas las partes interesadas (Vymazal *et al.*, 2011).

Autores como Masi *et al.* (2018) resaltan la importancia de considerar rigurosamente la seguridad y la calidad de los productos generados por tecnologías de tratamiento de aguas residuales, particularmente cuando se trata de plantas ornamentales que podrían entrar en contacto con sustancias potencialmente tóxicas. Además, Kadlec y Wallace enfatizan en los peligros directos para la salud pública en caso de reutilización de aguas tratadas sin un proceso adecuado de desinfección, lo que llevará a una distribución injusta de riesgos entre las partes interesadas. Por lo tanto, se recomienda discreción en la promoción y el comercio de plantas ornamentales y, especialmente, comestibles debido a los riesgos para la salud pública.

En consecuencia, se sugiere que, si bien se pueden comercializar los productos generados por los HC, se deben establecer criterios estrictos de calidad para garantizar la seguridad tanto de las plantas como del agua tratada. En cuanto al reúso del agua tratada, se debe priorizar su uso en aplicaciones no destinadas al consumo humano, a menos que haya pasado por un proceso de desinfección adecuado y se haya verificado su calidad según los estándares establecidos (Casanova *et al.*, 2022).

4. CONCLUSIONES

Los HC construidos con plantas ornamentales ofrecen una serie de beneficios significativos que van más allá de la simple remoción de contaminantes. Estos sistemas no solo mejoran la calidad del agua tratada, sino que también promueven la sostenibilidad ambiental al proporcionar hábitats para la vida silvestre y mejorar la biodiversidad local. Además, la prestación de servicios ambientales, como la mejora del paisaje junto con su

valor estético, contribuye a la calidad de vida de las comunidades locales, creando espacios verdes y atractivos que pueden ser disfrutados por todos. Sin embargo, para maximizar estos beneficios, es crucial apegarse al principio de no maleficencia, que exige una evaluación cuidadosa de los riesgos potenciales asociados con estos sistemas. Esto incluye la implementación de medidas de contingencia adecuadas para mitigar problemas como la propagación de especies invasoras o la acumulación de contaminantes en el suelo y las plantas. Reconociendo que los HC no son una solución única al problema de las aguas residuales, su efectividad y sostenibilidad dependen en gran medida de una gestión adecuada que incluya monitoreo continuo y la adopción de medidas correctivas cuando sea necesario.

Además, la autonomía de los HC con plantas ornamentales en la remoción de contaminantes es un elemento clave que puede variar según diversos factores, incluyendo el tipo de contaminante, las condiciones climáticas y la salud y viabilidad de las plantas utilizadas. Es esencial considerar estos aspectos al diseñar y gestionar estos sistemas para garantizar su efectividad a largo plazo y su contribución continua a la sostenibilidad ambiental. Por otro lado, el principio de justicia exige que estos sistemas sean accesibles y beneficiosos para toda la comunidad, lo cual implica diseñar e implementar los humedales de manera equitativa y participativa. Este enfoque no solo asegura que todos los miembros de la comunidad se beneficien de las mejoras ambientales, sino que también fomenta una mayor aceptación y apoyo para la gestión sostenible de los recursos hídricos y la conservación del medio ambiente. Al garantizar que estos humedales sean diseñados e implementados mediante la inclusión de todas las partes interesadas, podemos avanzar hacia un futuro más justo y sostenible, donde los beneficios ambientales y sociales de los HC con plantas ornamentales se distribuyan equitativamente.

5. REFERENCIAS

- Brix, H. (1997). Do macrophytes play a role in constructed treatment wetlands? *Water Science and Technology*, 35(5), 11-17. [https://doi.org/10.1016/S0273-1223\(97\)00047-4](https://doi.org/10.1016/S0273-1223(97)00047-4).
- Casanova, E., Martínez, J., & García, M. (2022). *Reúso de agua tratada en aplicaciones no potables: Normativas y procesos de desinfección. Revista Internacional de Gestión Ambiental*, 12(3), 34-47. <https://doi.org/10.1016/j.riga.2022.04.003>
- Cronin, K., Lodge, A., Sattar, A., Wickramasinghe, S. R., & Headley, T. (2018). Constructed wetlands: An overview of current research and future needs. *Journal of Environmental Management*, 209, 55-68.
- Cronin, M. A., Bergey, E. A., & Keim, M. E. (2018). Ethical considerations in disaster research. *Disaster Medicine and Public Health Preparedness*, 12(1), 106-108.
- Everard, M., Johnston, P., Santillo, D., & Staddon, C. (2020). The role of wetlands in the water-energy-food nexus. *Ecosystem Services*, 12, 9-17. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2015.06.002>.
- FAO. (s. f.). Recursos hídricos. Sistema de información sobre el uso del agua en la agricultura y el medio rural de la FAO. Recuperado de http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water_res/indexesp.stm
- García, J., Rousseau, D. P., Morató, J., Lesage, E., Matamoros, V., & Bayona, J. M. (2010). Contaminant removal processes in subsurface-flow constructed wetlands: A review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 40(7), 561-661. <https://doi.org/10.1080/10643380802471076>.
- Gascoigne, W. R., Hoag, D., Koontz, L., Tangen, B. A., Shaffer, T. L., & Gleason, R. A. (2013). Valuing ecosystem and economic services across land use scenarios in the Prairie Pothole Region of the Dakotas, USA. *Ecological Economics*, 86, 287-298. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.05.008>
- Gersberg, R. M., Elkins, B. V., & Lyon, S. R. (1986). Characteristics of plants used in wastewater treatment processes. *Water Research*, 20(4), 363-368.

- Gómez-Sandoval, L., Páez, R., & Flores-Díaz, A. (2013). Comportamiento de los sólidos en suspensión y sedimentables en cuerpos de agua: Búsqueda de métodos aplicables al monitoreo comunitario. En *Memorias del Tercer Congreso Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas*. UNAM, Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental.
- Kadlec, R. H., & Knight, R. L. (1996). *Treatment Wetlands*. CRC Press.
- Kadlec, R. H., & Wallace, S. D. (2008). *Treatment Wetlands*. CRC Press.
- Kadlec, R. H., & Wallace, S. D. (2009). *Treatment Wetlands* (2nd ed.). CRC Press.
- López, M. A., Fuenzalida, V., Vera, M., Rojas, C., & Vidal, G. (2023). Remoción de contaminantes en los humedales artificiales de flujo subsuperficial: Una revisión. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 39(1), 1-20. <https://doi.org/10.20937/RICA.2023.39.01.01>
- Masi, F., Martin, E., Mancini, M. L., Azzini, E., Venanzoni, R., & Maiani, G. (2018). Edible ornamental plants: A contribution of biodiversity to health. *Foods*, 7(2), 23.
- Miller, G. T., & Spoolman, S. (2019). *Sustaining the Earth*. Cengage Learning.
- Mitsch, W. J., & Gosselink, J. G. (2015). *Wetlands*. John Wiley & Sons.
- Morales, G., López, D., Vera, I., & Vidal, G. (2013). *Humedales contruidos con plantas ornamentales para el tratamiento de materia orgánica y nutrientes contenidos en aguas servidas*. En *Sistemas de humedales para el manejo, tratamiento y mejoramiento de la calidad del agua* (pp. 162-163). Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- Norton, B. G. (2005). Environmental ethics and weak anthropocentrism. *Environmental Ethics*, 27(1), 59-74.
- Ortiz-Gallarza, S. M., & Ortega-Rubio, A. (2014). Los organismos bentónicos como bioindicadores de la salud ecológica de los océanos. En A. Ortega-Rubio (Ed.), *Bioindicadores* (pp. 173-192). ISBN 978-607-8429-05-9.
- Powers, M., & Faden, R. (2006). *Social Justice: The moral foundations of public health and health policy*. Oxford University Press.

- Reddy, K. R., & DeBusk, W. F. (1985). Nutrient removal potential of selected aquatic macrophytes. *Journal of Environmental Quality*, 14(4), 459-462. <https://doi.org/10.2134/jeq1985.00472425001400040001x>
- Scholz, M., & Grabowiecki, P. (2007). Community-driven decentralized wastewater management. *Environmental Management*, 40(4), 532-544.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2016). Informe de la situación del medio ambiente en México: Compendio de estadísticas ambientales, indicadores clave y de desempeño ambiental (Capítulo 6: Agua).
- Tzanakakis, V. A., Paranychianakis, N. V., & Angelakis, A. N. (2020). Water supply and water scarcity. *Water*, 12(9), 2347. <https://doi.org/10.3390/w12092347>
- Vymazal, J. (2007). Removal of nutrients in various types of constructed wetlands. *Science of the Total Environment*, 380(1-3), 48-65. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2006.09.014>
- Vymazal, J. (2011). Constructed wetlands for wastewater treatment: Five decades of experience. *Environmental Science & Technology*, 45(1), 61-69. <https://doi.org/10.1021/es101403q>
- Zamora Castro, S. A., Lascuráin Fernández, M., & Chípuli Castillo, A. M. (2023). Perspectivas globales del uso de humedales construidos como acción gubernamental para gestionar aguas residuales. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 39(1), 1-20. <https://doi.org/10.20937/RICA.2023.39.01.01>
- Zhang, D., Gersberg, R. M., Ng, W. J., & Tan, S. K. (2014). Constructed wetlands in China. *Ecological Engineering*, 61, 1-19. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.09.059>



Capítulo 4

LA BIOÉTICA EN EL PROCESO DE PREMIACIÓN EN UN CONCURSO INTERNACIONAL DE VINOS



Gricelda López-González, Rodrigo Alonso-Villegas,
Graciela Ávila-Quezada

1. INTRODUCCIÓN

Desde los tiempos más remotos el vino ha constituido una bebida muy apreciada por la humanidad, su cultura está ligada al desarrollo económico, demográfico y cultural de muchas antiguas regiones, está considerado como la bebida patrimonio inmaterial de la humanidad. La cultura del vino en un mundo globalizado ha incrementado la oferta y por lo tanto la competencia entre bodegas, quienes aplican su cadena de valor (De Fez Rodrigo, 2014). La industria vitivinícola, cuenta con tres acciones tradicionales para dar a conocer sus ofertas: la participación en festivales de vino, concursos y su aparición en guías de vino (García, 2001).

En este sentido, el mundo del vino se encuentra regulado por una serie de normatividades de forma globalizada, donde la Organización Internacional de la Viña y el Vino (OIV) con sede en Francia, respalda cada una de las actividades en la industria vitivinícola con una serie de lineamientos a seguir, éstos van desde la producción de uva en el campo, en el procesamiento y en las evaluaciones de los vinos en concursos. Hoy en día, las recompensas y las puntuaciones de los vinos otorgadas por especialistas son valiosas una vez que se sumergen en un mercado altamente competitivo y donde los factores intangibles en el vino son cada vez más una influencia en su valor comercial (De Fez Rodrigo, 2014).

Por otro lado, un consumidor que va iniciando en el mundo de los vinos se pierde en la multitud de ofertas de vino, tipos de, la región productora, la variedad de vid, la añada, entre otros, por lo tanto, las diferentes propuestas en vino, premios, reconocimientos y algunas guías de compras son la ayuda al consumidor en sus opciones de compra. Los reconocimientos, especialmente las medallas de oro ofrecen al consumidor principiante la información extrínseca de las dimensiones de calidad (Honoré-Chedozeau et al., 2015). Para quienes no saben cómo decidirse por una etiqueta de vino, el saber que en el mercado existe un vino premiado, es una de las motivaciones que los impulsa a generar expectativas sobre su calidad como una excusa para probar vinos nuevos, situación que favorece en gran manera al productor por su vino galardonado.

La relación entre vino y bioética cada día es más clara, menos compleja, siempre y cuando se haga un consumo inteligente y responsable del mismo (Rodríguez 2014). Por lo cual, los principios bioéticos (beneficencia, no maleficencia, autonomía y justicia) se deben aplicar en cada una de las diferentes etapas en el desarrollo del concurso de vinos, debido a la magnitud a nivel internacional de dicho evento, la importancia de este para la comercialización del vino nacional y los efectos en los resultados tanto para los participantes como para los consumidores.

2. METODOLOGÍA

El presente documento fue elaborado con el uso del método sintético, con el fin de identificar, analizar y considerar los diferentes aportes y observaciones al tema del desarrollo de concursos de vinos. Desde el campo de la Bioética, el cuestionamiento va hacia la perspectiva de los principios en la aplicación del desarrollo de un evento tan importante como lo es un concurso Internacional de vinos. Durante el periodo comprendido de febrero a mayo del presente 2024 se llevó a cabo una búsqueda exhaustiva en 16 documentos que proporcionan información relevante a concursos internacionales de vino, jueces evaluadores, participantes, características y condiciones ambientales; factores relevantes, así como, los efectos en los resultados de estos.

Utilizando palabras clave como concurso de vinos, jueces, medallas ganadoras, evaluación de vinos y etiquetas. Los documentos obtenidos fueron descargados de Google Académico, de bases de datos indexadas como SCOPUS, revistas de viticultura y Enología, Economía del vino y de ediciones por universitarias enológicas.

Con esta información se estructuró la visión bioética de los concursos de vino a nivel internacional que se realizan en México. Las palabras clave de cada principio fueron plasmados en el mapa mental de la Figura 1.

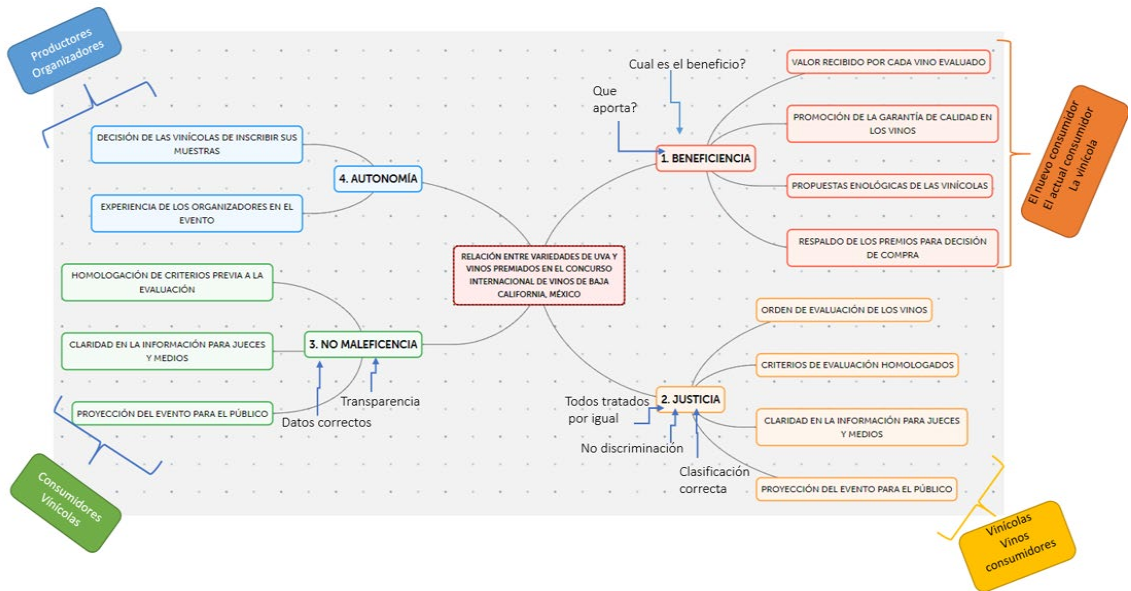


Figura 1 Mapa conceptual de la metodología con los cuatro principios de la bioética en el desarrollo del concurso de vinos.

3. RESULTADOS

Existen muchos productos de los cuales se desconoce su calidad hasta su consumo, uno de ellos es el vino, no podemos probarlo y percibir sus aromas sino hasta que ha sido descorchado, debido a esto, la participación de los vinos en concursos de vinos, son una plataforma para darse a conocer y garantizar al consumidor la calidad de sus productos (Paroissien & Visser, 2020). Es aquí donde la bioética entra en juego incorporando sus principios de autonomía, beneficencia, no maleficencia y justicia. Las prácticas justas y transparentes garantizan a las empresas vitivinícolas participantes, a los consumidores habituales y a los recién iniciados en la cultura del vino se vean beneficiados con la realización de un entorno en el que los resultados favorezcan al bienestar y la equidad.

3.1. Principio de beneficencia

El principio de beneficencia implica actuar en beneficio de los demás, promoviendo su bienestar y minimizando el daño, los productores de vino como los consumidores, son los principales beneficiados con los resultados de los concursos de vinos (Honoré-Chedozeau et al., 2015). Ese principio busca que las ventas se incrementen y a la vez facilitan el dar a conocer las nuevas propuestas enológicas enfatizando la calidad.

La beneficencia puede verse reflejada igualmente en la garantía de que los métodos de evaluación son justos y que los jueces cuenten con la experiencia que evite juicios equivocados que puedan perjudicar la reputación de las empresas participantes y sus productos, esto con la participación de una homologación de criterios, es decir, al evaluar el mismo vino todos los jueces y puedan percibir las características sensoriales y en conjunto emitan sus evaluaciones para así llegar al mismo acuerdo, por otra parte, también implica el garantizar la calidad de los vinos que no afectan la salud del consumidor.

Este principio proporciona que los consumidores consideran las medallas como una garantía de calidad, lo que les facilita en la selección de un producto, al igual a los iniciantes en la cultura de vino, son una guía para disfrutar de una experiencia agradable (Gawel & Godden, 2008). Se puede decir que la garantía de calidad que se ofrece con las medallas beneficia a los productores y consumidores debido a que los concursos son una plataforma para dar a conocer propuestas enológicas validadas por un grupo de expertos (Paroissien & Visser, 2020).

3.2 Principio de no maleficencia

El principio de no maleficencia se enfoca en evitar el causar daño intencionalmente. La organización del concurso, junto con todos los departamentos concernientes se aseguran que los procesos de evaluación sean justos y precisos para no perjudicar injustamente a ningún productor (Gawel & Godden, 2008). La no maleficencia, se manifiesta con el cuidado de todas las condiciones y actividades pre-

vias al concurso, como lo es el correcto almacenamiento del vino, su temperatura, clasificación, transporte, el orden de entrada a ser evaluado, todo esto son factores que permiten que cada vino sea evaluado en las mismas condiciones, así como el que cada vino presente en su inscripción los análisis químicos solicitados (Honoré-Chedozeau *et al.*, 2015).

Este principio se respalda con la confiabilidad de evitar que el consumidor y los nuevos consumidores se vean afectados con falsos resultados de calidad. De igual forma, garantiza que los jueces reciban la información correcta respecto a cada vino para su evaluación que repercuta en una evaluación justa y ética, que no cause daños injustificados a los productores.

3.3. Principio de autonomía

El principio de autonomía se refiere a que cada individuo, puede deliberar sobre sus decisiones personales y de actuar bajo las decisiones que pueda tomar sobre su propio bienestar. Este punto se ve reflejado debido a que los productores de vinos optan por la opción de participar en concursos porque son una plataforma para darse a conocer, siendo una de las opciones existentes como también son los festivales de vinos y revistas específicas (Paroissien & Visser, 2020). De igual forma, a los jueces y consumidores se les da la información correcta sobre los vinos que evaluarán, respetando las medidas de los productores de vino acerca de la elaboración de sus productos, siempre y cuando se cumplan los lineamientos y principios éticos (Rodríguez, 2014).

De esta forma muchos consumidores de vinos al conocer los resultados expresados en medallas y reconocimientos pueden elegir productos nuevos, igualmente los consumidores iniciantes en la cultura del vino, tienen un panorama mucho más amplio para seleccionar las propuestas enológicas en un mundo donde fácilmente se pierden en el sin fin ofertas (Gawel & Godden, 2008).

Podemos argumentar que la autonomía en este proyecto permite a los productores tomar la decisión de participar en concursos de vino y otras ac-

tividades que les apoya en dar a conocer sus propuestas enológicas y por otra parte a los consumidores tomar decisiones informadas basadas en los resultados del concurso donde las empresas vitivinícolas tomaron la decisión de participar (De Fez Rodrigo, 2014).

3.4. Principio de justicia

De acuerdo con Rawls, la justicia es la capacidad moral que tenemos para tratar a las personas de forma equitativa, y distribuir los beneficios y responsabilidades de forma justa. Este principio se ve reflejado en cada muestra de vino participante, ya que, de acuerdo a los protocolos de evaluación, cuenta con las mismas condicionantes para ser evaluada de manera imparcial y objetiva (Honoré-Chedozeau et al., 2015).

La justicia se ve reflejada al llevar a cabo una evaluación a ciegas, es decir el juez no conoce el origen ni la marca del vino. Además, la evaluación se realiza en sesiones cortas que van de acuerdo con los lineamientos de la OIV para no cansar el paladar del evaluador, proporcionando un tiempo de descanso. Asimismo, se cuidan las condiciones ambientales ideales de temperatura en la sala de trabajo, para mantener al mínimo los distractores como sonidos, aromas ajenos, y se proporcionan elementos que le ayuden a los evaluadores a limpiar el paladar. Todas estas, son las condicionantes que ayudan a favorecer una justa evaluación a los vinos en conjunto con la transparencia en la distribución de medallas, basada en puntuaciones con un sistema de cómputo diseñado para tal fin, que ofrece un reconocimiento a la calidad evaluada en los vinos (Bitter, 2017). Se puede decir que con la justicia en este proceso garantiza un mismo trato en la evaluación y premiación de los vinos.

4. CONCLUSIONES

Es muy común al decidir la compra de algún producto a consumir, se obtenga una muestra previa, lo que facilita la decisión; en el caso de los vinos, primero se adquiere el producto y una vez probado se concluye si

fue una decisión acertada o no. Los premios obtenidos en los concursos de vinos son una guía para el consumidor. Lo que le facilita la selección en el amplio rango de ofertas, como son tipos de vinos, añadas, con o sin madera, blancos, tintos o rosados, sin dejar atrás la amplia lista de variedades a seleccionar.

Los concursos de vino son importantes para los participantes y para los consumidores, porque son una plataforma donde se da a conocer los vinos ganadores y sus medallas, de igual forma facilita que los consumidores puedan decidir en su adquisición y para los iniciantes en la cultura del vino es una guía en su elección de compra. Sin embargo, en la realización de los concursos de vinos los principios de la bioética involucrados en cada una de las etapas en el desarrollo del concurso, resulta crucial para su verdadera funcionalidad.

Iniciando con la beneficencia, donde ganadores y consumidores se ven favorecidos, los ganadores porque su premio los hace distintivos hacia el mercado y los consumidores porque tienen propuestas para hacer su decisión de compra más fácil, el principio no maleficencia en cada una de las actividades transparentes realizadas en el marco del concurso y de acuerdo a los lineamientos preestablecidos para concursos permite evitar interpretaciones erróneas, generar claridad en toda la información otorgada a los jueces respecto a los vinos para no afectar a ninguno, asimismo la transparencia en la información dada a conocer a los medios que permita al consumidor decidir qué vino adquirir.

El principio de autonomía permite que cada empresa decida si participa o no en el concurso, el número de etiquetas a inscribir y que los resultados son una guía que favorezca al consumidor para hacer su selección en un ambiente donde la oferta es muy amplia; y el principio de justicia, al tener en cuenta que cada muestra participante cuente con las mismas características, los cuidados y clasificación necesarios para que al llegar al evaluador pueda emitir su resultado de forma precisa, así como cada vinícola cuente con las mismas oportunidades de dar a conocer su propuesta enológica.

5. REFERENCIAS

- Ashton H.R. (2011). Improving experts wine quality judgments: Two Heads are better than one. *Journal of wine Economics*, Volume 6, Number 2, 2011. Pg. 160-178
- Alturria, L. V., Antonelli, E. R., Ceresa, A. M., Solsona, J. E., & Winter, P. (2008). Elaboración de vinos: Defectos en el proceso que originan costos de no calidad. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*.
- Bitter, Ch., (2017). Wine Competitions: Reevaluating the Gold Standard. *Journal of Wine Economics*, Volume 12, Number 4, 2017, pg. 395-404. Doi:10.1017/jwe.2017.38
- Cao, J., & Stokes, L. (2010). Evaluation of Wine Judge Performance through Three Characteristics: Bias, Discrimination, and Variation. *Journal of Wine Economics*, 5(1), 132–142. <https://doi.org/10.1017/S1931436100001413>
- Cliff M.A. and King M.C. (1997) The Evaluation of Judges at Wine Competitions: The application of eggshell plots. *Journal of wine Research*, Vol.8, No.2, pp.75-80
- De Fez Rodrigo, E. (2014). Universitat Politècnica de València. Ingeniería del agua, 18(1), ix. <https://doi.org/10.4995/ia.2014.3293>
- Gawel and P.W. Godden (2008). Evaluation of the consistency of wine quality assessments from expert wine tasters R. Australian Wine Research Institute
- Hernández, Francisco. (2001). Comercialización y marketing del vino (Vol. 1). Caja Rural del Duero.
- Hodgson, R. T. (2009). How Expert are “Expert” Wine Judges? *Journal of Wine Economics*, 4(2), 233–241. <https://doi.org/10.1017/S1931436100000821>
- Hodgson, R. T. (2012). Reliability and Consensus of Experienced Wine Judges: Expertise Within and Between? *Journal of Wine Economics*, 7(1), 70-87. Doi:10.1017/jwe.2012.6

- OIV, Organización Internacional de la viña y el vino. (2021). Norma OIV de los Concursos Internacionales de vinos y bebidas espirituosas de origen vitivinícola. Recuperado el 13 de marzo de 2023. <https://www.oiv.int/public/medias/7894/oiv-patrocinio-concurso-norma-ed-2021.pdf>
- OIV, Los concursos internacionales de vinos y bebidas espirituosas de origen vitivinícola Edición 2021 Recuperado el 16 febrero del 2024.
- Honoré-Chedozeau, C., Ballester, J., Chatelet, B., & Lempereur, V. (2015). Wine competition: From between-juries consistency to sensory perception of consumers. *BIO Web of Conferences*, 5, 03009. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20150503009>
- López-Santiago, J., García, A. I. G., & Gómez-Villarino, M. T. (2022). An Evaluation of Food Safety Performance in Wineries. *Foods*, 11(9), 1249. <https://doi.org/10.3390/foods11091249>
- Paroissien, E., & Visser, M. (2020). The Causal Impact of Medals on Wine Producers' Prices and the Gains from Participating in Contests. *American Journal of Agricultural Economics*, 102(4), 1135–1153. <https://doi.org/10.1002/ajae.12037>
- Scaman, C. H., Dou, J., Cliff, M. A., Yuksel, D., & King, M. C. (2001). Evaluation of wine competition judge performance using principal component similarity analysis. *Journal of Sensory Studies*, 16(3), 287–300. <https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.2001.tb00302.x>



Capítulo 5
IMPLICACIONES BIOÉTICAS EN
APLICACIÓN DE RIEGO PARCIAL DE
RAÍZ Y USO DE BIOESTIMULANTES
EN MANZANO



Mariela Rascón-Castillo, Rafael Ángel Parra-Quezada,
María Noemí Frías-Moreno

1. INTRODUCCIÓN

La creciente necesidad de reducir el gasto de agua destinado a la agricultura, sin afectar los rendimientos de esta, ha llevado a la adopción de tecnologías de riego que mejoren el uso eficiente del agua, como lo son el riego por goteo y microaspersión. El riego por goteo humedece solo una pequeña parte de la superficie del suelo, mientras que el riego por microaspersión humedece áreas más grandes que el goteo. Esto inevitablemente afecta el desarrollo y la distribución de los sistemas de raíces, lo que en última instancia puede afectar la capacidad de absorción de agua y nutrientes de los árboles. El conocimiento sobre el uso del agua en los cultivos es de suma importancia para mejorar la eficiencia del uso del agua, que se ve afectado debido al sistema de riego que se emplee. El uso del agua en los huertos suele ser estimada a partir de los datos meteorológicos de la zona, utilizando los datos de evapotranspiración (Ntshidi, *et al.*, 2023).

La técnica de RPR se basa principalmente en dos fundamentos fisiológicos: El primero se basa en el régimen de riego que posee la planta, si la planta cuenta con un sistema de riego eficiente, esta, mantiene sus estomas abiertos, pero con una pequeña reducción de su apertura, puede disminuir significativamente la pérdida de agua, teniendo un efecto mínimo en la fotosíntesis. El segundo se basa en que, al mantener en condiciones de sequía a una parte del sistema radicular, la planta comienza a enviar señales fisiológicas de la raíz a las hojas, para producir cierre estomático y disminuir la pérdida de agua (Rojas *et al.*, 2007).

La sequía es un factor importante que restringe el crecimiento y desarrollo de plantas de manzano (*Malus domestica Borkh*), siendo estas uno de los frutales más importantes en términos de rendimiento y cultivo, debido a esto resulta de suma importancia analizar la técnica de RPR en huertos de manzano y realizar aplicaciones de bioestimulantes, para conocer la respuesta fisiológica y enzimática de la planta. La respuesta fisiológica de las plantas frente al estrés abiótico es variada, debido a que existen varios procesos asociados a los mecanismos de tolerancia, algunos de estos son compuestos osmóticamente activos como: prolina, ROS y mecanismos de

defensa antioxidante, además de mecanismos que implican modificaciones morfológicas. La relación genotipo–ambiente crea un fenotipo que tiene una función determinada, por lo tanto, cualquier variación de las condiciones ambientales pueden afectar la estructura y función de la planta, es por ello por lo que los aspectos anatómicos y bioquímicos se ven afectados en condiciones de estrés hídrico (Suárez *et al.*, 2012).

Desde un punto de vista biotecnológico, el desarrollo de productos y tratamientos como alternativa al uso de productos químicos agrícolas abarca diversas áreas del conocimiento, incluidos: la química, la biología y la ingeniería. De esta manera, la definición de biotecnología a evolucionado de diversas maneras en el último siglo. Sin embargo, en este ámbito, la biotecnología de las plantas abarca el conjunto de fenómenos biológicos y los componentes relacionados con el mejoramiento de la agricultura, la alimentación y áreas asociadas. Asimismo, la bioética en el sector agrícola debe presentar una solución viable que nos permita enfrentar desafíos que, relacionados con demanda alimentaria, tratando inquietudes éticas y socioculturales para garantizar la confianza y aceptación tanto de productores como de consumidores (Caceido *et al.*, 2021).

La bioética nace como un esfuerzo por establecer un vínculo entre ciencia experimental y humanidades. Se espera que la bioética formule principios que nos permita afrontar con responsabilidad a nivel mundial las posibilidades enormes e impensables que la tecnología nos proporciona hoy en día. Se denomina principio a aquel juicio que se considera ético o moral. De la noción mas fundamental (el valor cada vida humana, de cada individuo, es decir, su dignidad humana), el primero y más importante el que sirve de base a todos los valores es: la actitud de respeto que se le debe por el simple hecho de ser parte de la humanidad, es decir, por su dignidad humana (Márquez *et al.*, 2005).

Empleando el método de RPR, se reducen significativamente el gasto de agua, además de que este método de riego no afecta el crecimiento y rendimiento de la planta de una manera significativa. En el ámbito bioético el RPR se enfoca principalmente en el uso responsable del agua sin afectar el crecimiento y rendimiento de la planta, así como el uso de bioestimu-

lantes hechos a base de algas marinas que ayuden a la planta a superar el periodo de estrés y no contaminar el medio ambiente con químicos. Para enriquecer este interesante tema es importante analizar los principios bioéticos en este método de riego en combinación con bioestimulantes. El objetivo de esta investigación se centra en la descripción de los cuatro principios bioéticos asociados a la aplicación del riego parcial de la raíz y la aplicación de bioestimulantes en el manzano.

2. METODOLOGÍA

En esta investigación se analizó la problemática de la escases de agua, enfocándose en la aplicación de un innovador método de riego, combinado con la aplicación de bioestimulantes que mitigan el estrés por sequía en la planta. Esta investigación es de tipo documental con un enfoque cualitativo a los cuatro principios bioéticos y a la aplicación del RPR en combinación con bioestimulantes.

La búsqueda de información se basó en artículos indexados a Google Académico y Scienedirect, en inglés y en español, empleando las palabras "Riego parcial de la raíz, principios bioéticos, sequía, manzano, bioestimulante". Cumpliendo así los siguientes requisitos a) documentos que estuvieran indexados a revistas reconocidas y b) abordar el principio de RPR y el funcionamiento de bioestimulantes. La revisión de artículos se realizó de la siguiente manera i) se consultaron alrededor de 80 artículos científicos seleccionando alrededor de 50 que tuvieran los conceptos de RPR, bioestimulantes, manzano, sequía y bioética ii) Se analizaron los documentos para resaltar los beneficios del RPR y su aplicación al cultivo del manzano, iii) se realizó la discusión de la aplicación de los cuatro principios bioéticos al RPR (Figura 1).

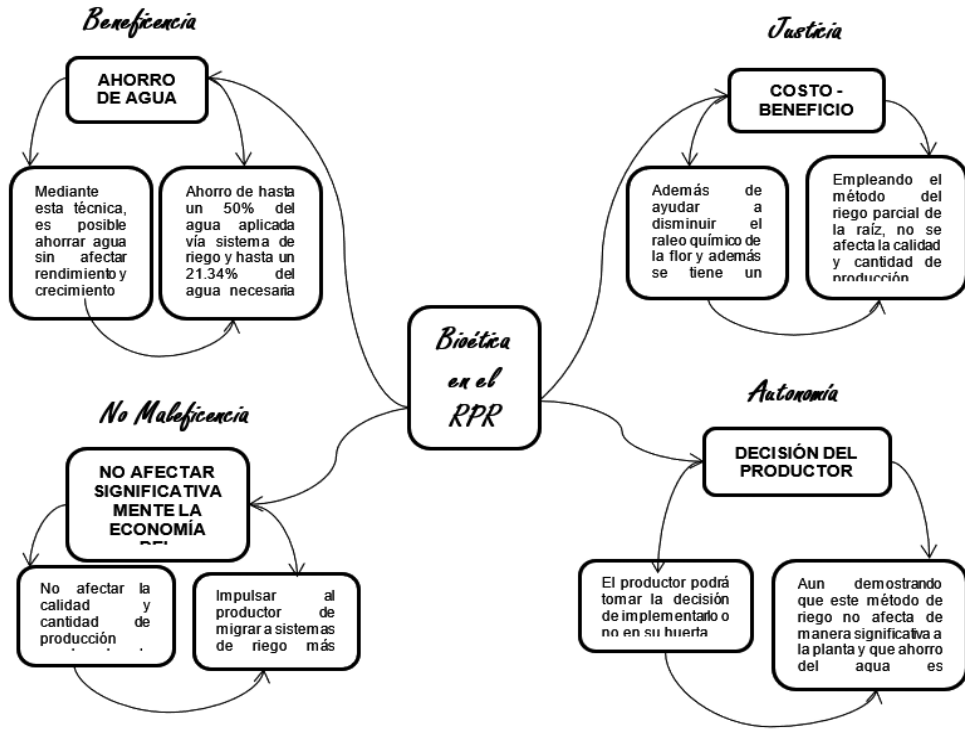


Figura 1. Principios bioéticos en el riego parcial de la raíz y la aplicación de bioestimulantes en manzano.

3. RESULTADOS

3.1 Principio de beneficencia

El RPR es una técnica de riego que consiste en mantener una parte del sistema radicular húmedo, asegurando así el aporte hídrico de la planta, manteniendo el vigor de la parte aérea de la misma, mientras que la otra parte del sistema radicular permanece seca, de esta manera se producen señales bioquímicas que son transportadas vía xilema a las hojas, que una vez en la parte aérea de la planta regulan la apertura y cierre de estomas y

disminuyen la pérdida de agua por transpiración (Sánchez y Meza, 2015).

Con la técnica de RPR es posible que se manejen las respuestas bioquímicas relacionadas al déficit hídrico, sin tener efectos fisiológicos sobre el crecimiento y la disponibilidad reducida de agua. Cuando solo una parte del sistema de raíces se mantiene seco y el resto se mantiene bien regado, las señales químicas ocasionadas en el sistema radicular en seco pueden reducir la apertura de estomas y controlar el vigor vegetativo, mientras que la parte bien regada mantiene un estado hídrico favorable en la planta en toda la parte aérea, esta técnica de riego, además, mejora la eficiencia del uso del agua y mantiene el rendimiento y calidad de la fruta (Wakrim, *et al.*, 2005).

Se ha demostrado que, al disminuir el riego, se puede esperar que la conductancia estomática (gs) mejore el manejo del agua de las plantas y les permita incrementar la eficiencia en el uso del agua. De esta manera, el riego deficitario reducido (RDC) y el riego parcial de la raíz (RPR) pueden ser los métodos más efectivos para lograr este objetivo tanto para cultivos perennes como anuales. Por otro lado, la capacidad de las raíces de las plantas para detectar pequeños cambios en los niveles de humedad del suelo les permite medir el riesgo y la fuerza de su crecimiento (Ponce y Mejía, 2017).

Empleando la técnica de RPR, se logra ahorrar hasta un 50% del agua aplicada vía sistema de riego y hasta un 21.34% del agua necesaria para la producción del manzano, además se reporta que, es posible ahorrar entre el 44 y 50% del agua que se aplica por riego, más la precipitación pluvial, con esta estrategia de riego es posible ahorrar agua sin afectar rendimiento y crecimiento vegetativo (Villagrán *et al.*, 2015).

Los bioestimulantes son moléculas con diversas estructuras, estos pueden estar compuestos por hormonas o extractos de plantas que son activos metabólicamente como aminoácidos y ácidos orgánicos. Su principal uso radica en fomentar el desarrollo y productividad de las plantas, además de ayudar a sobrellevar situaciones de estrés, algunos de estos bioestimulantes pueden estar dirigidos a ayudar más a la parte radicular de la planta, mientras que otros se enfocan más en ayudar a la parte aérea o productiva de la planta. Algunos de los bioestimulantes naturales más empleados en

la agricultura provienen de algas marinas, su efectividad se basa en la extracción de compuestos hormonales y/o nutritivos de algas marinas, que se utilizan en cultivos agrícolas (Villacis, 2014).

El uso de bioestimulantes y biocontroladores, pueden intervenir en los procesos fisiológicos de las plantas, optimizando el uso eficiente de nutrientes, fomentando el desarrollo de la misma y generando respuestas favorables a factores bióticos y/o abióticos (Díaz *et al.*, 2020).

Algunos de los beneficios de utilizar extractos de algas han sido demostrados en numerosos estudios, promoviendo la germinación y desarrollo de plántulas, mejorando la tolerancia a estrés abiótico y biótico e incluso se ha demostrado su utilidad en la biorremediación de suelos contaminados por metales pesados (Khan *et al.*, 2009).

Además de todos los beneficios que los extractos pueden ofrecer a la agricultura, también existen efectos directos sobre la calidad de los productos que consumimos y en su repercusión en la salud. Se ha demostrado que el uso de extractos de algas como *Ascophyllum nodosum* L. en viñas, además de incrementar el crecimiento, también mejoran las propiedades químicas y cromáticas de las uvas y, por ende de los vinos, volviéndolos más atractivos para los consumidores (Trejo Valencia *et al.*, 2018).

Diversos estudios demuestran que el cierre estomático afecta la fotosíntesis de las plantas, sin embargo, en determinadas situaciones, una reducción en la conductancia estomática puede mejorar la eficiencia fotosintética, una reducción en el riego puede reducir la conductancia estomática y así disminuye la transpiración para conservar agua y permitirle a la planta utilizar agua de una manera más eficiente, mejorando así, la tasa fotosintética (Chen *et al.*, 2023).

La técnica RPR, es utilizada para incrementar la eficiencia del uso del agua, normalmente la tasa fotosintética muestra una saturación en respuesta a la apertura y cierre estomático de las hojas, mientras que la tasa de transpiración se mantiene más constante, siendo así, se puede reducir la apertura estomática, reduciendo la pérdida de agua, con un pequeño efecto en la tasa fotosintética.

3.2 Principio de no maleficencia

El uso de RPR reduce el potencial hídrico de la hoja (Ψ hoja), la conductancia estomática (gs) y la transpiración (E). Sin embargo, esto no afecta el rendimiento ni sus componentes, por lo que el número de frutos, el rendimiento, el área transversal del tronco, la eficiencia de la producción y el crecimiento del fruto no se ven significativamente afectados en los árboles de riego completo y RPR (Zegbe, 2009).

Algunas de las ventajas incluyen mejoras en el desarrollo, en el nivel de humedad y el incremento de osmoprotectores como la prolina. La aplicación del extracto de algas marinas aumenta la regulación de genes que se asocian con la adaptación de la planta a condiciones de estrés por sequía y salinidad (Baltazar et. al., 2021).

Bajo condiciones de estrés por déficit hídrico, la planta responde alternando varias hormonas vegetales como auxinas, gilberinas, ácido abscísico. Las auxinas interactúan con el ácido abscísico para regular el tamaño de los poros estomáticos y el desarrollo del subsuelo, teniendo una disminución de gilberinas que ralentiza el crecimiento de la planta. Con un correcto suministro de agua se mantiene la absorción, función y circulación de nutrientes, mientras que la sequía reduce la cantidad total de nutrientes disponibles en el suelo, inhibe la absorción y difusión de elementos, además de reducir la transpiración de las plantas (Ji et al., 2023).

El método de RPR mejora la calidad de la planta evitando la pérdida de rendimiento, su principio es alternar el riego de las raíces, provocando la sequedad en una parte del suelo, mientras que la otra parte se riega. En este sistema de riego, las raíces que crecen del lado del riego toman suficiente agua para almacenar, por otro lado, las raíces frente a la sequía producen ácido abscísico, lo que incrementa el crecimiento de las hojas y reduce la conductancia estomática, además, mejora la eficiencia del uso del agua (Abyaneh et al., 2017).

En árboles frutales una reducción en el sistema de riego durante el periodo de desarrollo del fruto afecta mínimamente la producción y calidad del fruto, por lo que es de suma importancia que se comience a reconocer la tolerancia a cierto grado de sequía en estos cultivos, aumentando

do considerablemente la eficiencia del uso del agua. En árboles que muestran cierto grado de tolerancia a la sequía, como el almendro, durante el desarrollo del fruto, el rendimiento no se ve afectado significativamente, mientras que el ahorro de agua es sustancial (Chen *et al.*, 2023).

En base a todo lo anterior la beneficencia en este proyecto se centra en la disminución del recurso hídrico para la producción del manzano, ya que actualmente en el municipio de Cuauhtémoc se emplean hasta 1600 litros de agua para producir 1 kg de manzana, empleado el método del RPR se puede ahorrar hasta un 21% del agua necesaria de la producción y hasta el 50% del agua aplicada vía sistema de riego (Villagrán *et al.*, 2015). El RPR no reduce el crecimiento de la planta, el rendimiento, ni la producción; pero la eficiencia hídrica se incrementa en 70% y se ahorra 44% de agua, en comparación con el riego completo (Zegbe *et al.*, 2006). Por otro lado, el uso de bioestimulantes foliares hechos a base de algas marinas apoya a la planta y disminuye los síntomas producidos por sequía, por lo que es de importancia su uso, además de emplear adherentes en el mismo para evitar que estos se deslaven en la planta debido a alguna condición climática.

Por último, un punto importante de la no maleficencia sería no afectar significativamente la economía del productor, es decir no afectar la calidad y cantidad de producción empleando este método de riego, además de impulsar al productor de ir migrando a sistemas de riego más efectivos, hasta que en algún momento las huertas tengan en su totalidad el método de RPR. A pesar de que el estrés por sequía afecta negativamente algunos aspectos de la planta como puede ser crecimiento de tallo, hojas y sistema radicular, estas afectaciones no son significativas para la planta, además, el uso eficiente del agua si tiene un aumento significativo, sin embargo aun demostrando que este método de riego no afecta de manera significativa a la planta, se debe tomar en cuenta su uso en árboles enfermos, ya que la sequía podría provocar la muerte en una planta que ya está usando energía en recuperarse. Finalmente se debe tomar en cuenta la autonomía del productor, ya que el siempre podrá tomar la decisión de implementarlo o no en su huerta.

3.3 Principio de justicia

El efecto de los bioestimulantes en las plantas impacta principalmente en el metabolismo, estimulando la síntesis de hormonas, y aumentando su actividad. Además, facilitan la absorción de nutrientes presentes en el suelo, estimulan el crecimiento radicular y contribuyen al incremento de la productividad y mejora la calidad. También aumenta la resistencia de las plantas a condiciones desfavorables tales como la sequía (Samudio, 2020).

La cantidad de nutrientes presentes en las hojas del manzano cambia según su edad. Algunos nutrientes como el nitrógeno, fósforo, y potasio tienden a reducirse a medida que avanza la temporada de crecimiento, mientras que otros como el calcio y el magnesio tienden a aumentar. Otra variable que influye en la concentración de los elementos nutritivos en las hojas es la especie, dado que el duraznero requiere más nitrógeno que el manzano, para lograr un desarrollo óptimo. Las necesidades nutricionales de los árboles frutales cambian dependiendo de la región; de esta manera las plantas que crecen en el hemisferio sur requieren niveles mayores de nitrógeno, que aquellos que crecen en el norte (Casierra *et al.*, 2004).

Este método de irrigación promueve el desarrollo de raíces secundarias y por lo tanto disminuye la vulnerabilidad del sistema radicular a la sequía. Un sistema radicular más uniformemente distribuido en el suelo como resultado de la alternancia seco y húmedo puede resultar en un uso más eficiente de nutrientes y agua en toda la zona de raíces (Macedo, 2021).

Slamini *et al.*, (2022) indican que el riego parcial de la raíz (RPR) es una técnica que ha mejorado significativamente el rendimiento por unidad de agua aplicada, en comparación al riego tradicional, así como un aumento en la eficiencia del uso del agua sin afectar el rendimiento del cultivo, esta estrategia se considera amigable con el medio ambiente ya que puede reducir la lixiviación de contaminantes.

Empleando el método del RPR, no se afecta la calidad y cantidad de producción, además de ayudar a disminuir el raleo químico de la flor, ya que, en condiciones de estrés, la planta comienza a deshacerse de las flores más débiles, además de que como se ha dicho, el ahorro del agua es considerable, Comunicarle al productor el costo que

implica poner en práctica este método de riego. Por último, un punto importante sería que este método de riego sea redituable en algún punto para el productor, es decir, que el cambio a este método de riego signifique un beneficio para el productor.

3.4 Principio de autonomía

El RPR tiene una ventaja sobre otras estrategias de riego, es que ayuda a reducir el uso del agua al separar las respuestas bioquímicas del déficit hídrico, lo que permite que los procesos de desarrollo asociados con el crecimiento de las plantas permanezcan intactos. A pesar de ser una gran alternativa para incrementar el uso eficiente del agua, lleva el cultivo al límite y solo se debe emplear en árboles sanos y bien establecidos, al aplicar esta técnica es importante que se suministre agua con suficiente frecuencia y profundidad de humectación para satisfacer las necesidades de la planta (Hutton *et al.*, 2011).

Cuando la planta se encuentra en condiciones de sequía, las raíces detectan los cambios pequeños en la humedad del suelo, por lo tanto, desencadenan una serie de señales químicas, como la producción de ácido abscísico, que se desplaza a través del sistema vascular y controla el crecimiento e intercambio de gases del vástago; estos procesos son esenciales para regular la pérdida de agua por transpiración a través de los estomas. Mediante la técnica de RPR es posible controlar la conductancia estomática y mejorar así la eficiencia del uso del agua (Chamú *et al.*, 2011).

Los árboles de manzano sometidos a RPR, sufren cambios en su sistema radicular, cambiando el patrón de absorción del agua en dos sentidos: El primero indica que las raíces que se encuentran en condición de RPR, mejoran la absorción del agua al momento de ser regadas. El segundo indica que la absorción del agua en estas raíces suele incrementarse casi al doble, en comparación con una planta cuyo sistema radicular completo ha sido regado continuamente (Chamú *et al.*, 2010).

Mediante la técnica de RPR, se causa un nivel de estrés moderado, mismo que estimula el crecimiento de las raíces, además de mejorar la actividad

de las raíces y aumenta considerablemente la relación raíz-brote (Feng *et al.*, 2023).

El riego parcial de la raíz en combinación con la aplicación foliar de bioestimulantes no afecta el rendimiento y desarrollo de la planta de manera significativa, sin embargo, el ahorro en el consumo del agua si tiene un incremento significativo. A pesar de que diversos autores concuerdan con esto, el productor siempre podrá tomar la decisión de emplear o no estos métodos en su huerta.

4. CONCLUSIONES

El RPR es una técnica de riego que se puede adaptar a diversos cultivos de frutales. Esta técnica ha demostrado en diversos estudios realizados que es eficiente para aumentar el ahorro del agua. Esta técnica combinada con el uso de bioestimulantes incrementa el uso eficiente del agua sin afectar de manera significativa los procesos fisiológicos de la planta, además de no afectar de manera significativa el crecimiento y rendimiento del fruto. Sin embargo, existen implicaciones que pueden tener afectaciones y deben ser consideradas, como: requerimientos hídricos de la planta, temperatura, manejo de riego y el costo que implica mudarse a este método de riego. Finalmente, se tiene que considerar que es una propuesta para la mejora del riego, sin embargo, emplearla está a consideración de cada productor.

El riego tiene un gran impacto en el medio ambiente debido al mal manejo que se le puede dar, conocer diferentes técnicas de riego que ayuden a eficientar el uso del recurso hídrico es de suma importancia para desarrollar una agricultura productiva y sustentable.

5. REFERENCIAS

- Abyaneh, HZ, Jovzi, M. y Albaji, M. (2017). Effect of regulated deficit irrigation, partial root drying and N-fertilizer levels on sugar beet crop (*Beta vulgaris L.*). *Gestión del agua agrícola*, 194, 13-23. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2017.08.016>.
- Baltazar, M., Correia, S., Guinan, K. J., Sujeeth, N., Bragança, R. y Gonçalves, B. (2021). Recent Advances in the Molecular Effects of Biostimulants in Plants: An Overview. *Biomolecules*, 11(8), 1096. <https://doi.org/10.3390/biom11081096>.
- Caicedo-López, L. H., Aranda, A. L. V., Gómez, C. E. Z., Márquez, E. E. y Zepeda, H. R. (2021). Elicitores: implicaciones bioéticas para la agricultura y la salud humana. *Revista Bioética*, 29, 76-86.
- Casierra-Posada, F., Lizarazo, L. M., y Andrade Filho, G. (2004). Estado nutricional de árboles de manzano ‘Anna’ durante la estación de crecimiento en los altiplanos Colombianos: II. Relaciones e interacciones entre nutrientes. *Agronomía colombiana*, 22(2), 160-169.
- Chamú, J. A. (2010). Respuesta del pimiento morrón al secado parcial de la raíz y sustratos en hidroponía e invernadero. Tesis de maestría. Colegio de postgraduados. Instituto de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas, 97 – 110.
- Chamú-Baranda, J. A., López-Ordaz, A., Ramírez-Ayala, C., Trejo-López, C. y Martínez-Villegas, E. (2011). Respuesta del pimiento morrón al secado parcial de la raíz en hidroponía e invernadero. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 2(1), 97-110.
- Chen, Y., Zhang, J. H., Chen, M. X., Zhu, F. Y. y Song, T. (2023). Optimizing water conservation and utilization with a regulated deficit irrigation strategy in woody crops: A review. *Agricultural Water Management*, 289, 108523.
- Díaz, G.; Rodríguez, G.; Montana, L.; Miranda, T.; Basso, C. y Arcia, M. (2020). Efecto de la aplicación de bioestimulantes y *trichoderma* sobre el crecimiento en plántulas de maracuyá (*Passiflora edulis sims*) en vivero. *Bioagro* 32:3, 195-204.

- Feng, X. Y., Pu, J. X., Liu, H. J., Dan, W. A. N. G., Liu, Y. H., Qiao, S. T. y Liu, R. H. (2023). Effect of fertigation frequency on soil nitrogen distribution and tomato yield under alternate partial root-zone drip irrigation. *Journal of Integrative Agriculture*, 22(3), 897-907. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jia.2022.09.002>.
- Hutton, R. J. y Loveys, B. R. (2011). A partial root zone drying irrigation strategy for citrus—effects on water use efficiency and fruit characteristics. *Agricultural Water Management*, 98(10), 1485-1496. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2011.04.010>.
- Ji, J., He, X., Liu, H., Li, Z., Zhou, S., Zhang, X. y Liang, B. (2023). Influence of dwarfing interstock on the tolerance and nutrient utilization efficiency of apple trees under drought stress. *Scientia Horticulturae*, 315, 111984. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.111984>.
- Khan, W., Menon, U., Subramanian, S., Jithesh, M., Rayorath, P., Hodges, D., Critchley, A., Craigie, J., Norrie, J. y Prithiviraj, B. (2009). Seaweed Extracts as Biostimulants of Plant Growth and Development. *Journal of Plant Growth Regulation*, 28, 386-399. <https://doi.org/10.1007/s00344-009-9103-x>.
- Macedo, P.V. 2021. Respuesta del riego parcial en el cultivo de camote (*Ipomoea batatas*) mediante el sistema de riego por goteo subterráneo. Tesis de maestría. Universidad nacional agraria la molina. Lima, Perú. 124 P.
- Ntshidi, Z., Dzikiti, S., Mazvimavi, D. y Mobe, N. T. (2023). Effect of different irrigation systems on water use partitioning and plant water relations of apple trees growing on deep sandy soils in the Mediterranean climatic conditions, South África. *Scientia Horticulturae*, 317, 112066. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112066>.
- Márquez, T. O., Pérez Oliva, E. y Serrano de Llanes, B. R. (2008). Síntesis sobre Bioética. *Crea Ciencia*, Junio 2005, No2.
- Rojas, G., Posadas, A., Quiroz, R., Holle, M. y Málaga, M. (2007). Secado parcial de raíces: una promisorio técnica de riego en papa (*Solanum tuberosum L.*). *Zonas Áridas*, 11(1), 206-218.

- Samudio-Cardozo, Guido Ronaldo. (2020). Influencia de bioestimulantes sobre características de la soja (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Asunción). 76 P.
- Sánchez, M. A. y Meza, R. E. (2015). Evaluación del rendimiento del cultivo de papa bajo la aplicación del riego deficitario (PRD) utilizando cintas de riego. In *Anales científicos* (Vol. 76, No. 1, pp. ág-21). DOI: <https://doi.org/10.21704/ac.v76i1.760>.
- Slamini, M., Sbaa, M., Arabi, M., & Darmous, A. (2022). Review on Partial Root-zone Drying irrigation: Impact on crop yield, soil and water pollution. *Agricultural Water Management*, 271, 107807.
- Suárez, A. D., Poma, N. M. M., García, S. A., Hernández, Y. P., Rodríguez, R. D., del Castillo, M. S., y Alfonso, L. F. (2012). Algunos indicadores morfológicos y bioquímicos de cinco variedades de *Phaseolus vulgaris* L. bajo condiciones de sequía. *Avanzada Científica*, 15(2), 37-54.
- Trejo Valencia, R., Sánchez Acosta, L., Fortis Hernández, M., Preciado Rangel, P., Gallegos Robles, M. Á., Antonio Cruz, R. del C. y Vázquez Vázquez, C. (2018). Effect of Seaweed Aqueous Extracts and 32 Compost on Vegetative Growth, Yield, and Nutraceutical Quality of Cucumber (*Cucumis sativus* L.) Fruit. *Agronomy*, 8(11), 264. <https://doi.org/10.3390/agronomy8110264>.
- Vega Ponce, E. C., y Mejía Marcacuzco, J. A. (2017). Desempeño del *Phaseolus vulgaris* bajo riego parcial cultivado en un sistema de respuesta hidrogravitrópica. *Scientia Agropecuaria*, 8(2), 137-147. DOI: <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2017.02.06>.
- Villacis, C.D. (2014). Efecto de la aplicación del antiestresante ADMF, sobre el crecimiento de plántulas de café (*Coffea arabica*), en la zona de Babahoyo. Tesis de grado. Universidad técnica de Babahoyo, facultad de ciencias agropecuarias. 50P.
- Villagran, A.; Nuñez, A.; Parra, R.A.; Jacobo, J.L.; Ojeda, D.L.; Ruíz, T.J.; Salas, N.(2015). Riego parcial de la raíz en manzano "Golden Delicious". *Terra Latinoamericana* 29(2), 33 - 4.

- Wakrim, R., Wahbi, S., Tahi, H., Aganchich, B. y Serraj, R. (2005). Comparative effects of partial root drying (PRD) and regulated deficit irrigation (RDI) on water relations and water use efficiency in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agriculture, ecosystems & environment*, 106(2-3), 275-287. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2004.10.019>.
- Zegbe, J. A., y Serna, A. (2009). El riego parcial de la raíz incrementa la productividad del agua en manzano en un ambiente semi-árido. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 15(2), 111-118.
- Zegbe-Domínguez, J. A., Serna-Pérez, A. y Bravo-Lozano, Á. G. (2006). Riego parcial de la raíz en manzano 'Golden Delicious' en un ambiente semi-árido. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 29(Especial_2), 69-69. DOI: https://doi.org/10.35196/rfm.2006.Especial_2.69.



Capítulo 6

APLICACIÓN DE LOS PRINCIPIOS DE LA BIOÉTICA EN LA ELABORACIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS



Lucia Socorro Gutiérrez-González,
Ofelia Adriana Hernández-Rodríguez, Damaris Ojeda-Barrios

1. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas (ONU) se estima que la comunidad mundial alcance los 9,700 millones de habitantes para el año 2050 (CEPAL, 2020), mientras que la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación sugirió que la producción de alimentos tendrá que duplicarse para cumplir con las proyecciones (FAO, 2019), esta demanda alimentaria ha ocasionado que la superficie agrícola se incremente cada año (Mengqi *et al.*, 2021) alcanzando actualmente una superficie cultivable de 1,500 millones de ha. a nivel mundial (Lal, 2022).

Al respecto, el 70% de las extracciones mundiales de agua se destinan a fines agrícolas, como la ganadería y el riego de cultivos (Pellegrini *et al.*, 2016). Además, las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y la huella de carbono aumentan durante la fase de producción primaria, donde se cría el ganado, se cultiva el suelo y se utilizan insumos agrícolas. La huella terrestre para la producción de alimentos también aumenta con el tiempo (FAO, 2019).

Aunado a lo anterior, el suelo es la base del desarrollo agrícola sostenible, sin embargo, es un recurso finito no renovable (Montanarella y Vargas, 2012). La sustentabilidad agrícola se basa en el grado de fertilidad del suelo (Salcedo *et al.*, 2017), por lo que la degradación y la pérdida de suelo son probablemente una de las principales amenazas actuales a la seguridad alimentaria internacional (Rojas *et al.*, 2016). La pérdida de suelo se debe principalmente a las intensivas prácticas del manejo y diversos factores sociales, económicos y ambientales que conducen a conflictos en su uso (Keesstra *et al.*, 2018). Esto significa que se requiere un nuevo enfoque para el uso sostenible de los suelos como parte integral de la cadena de suministro de alimentos (Liang *et al.*, 2020).

Por otra parte, la acelerada expansión demográfica, el incremento económico mundial, la urbanización y el consumismo, se han convertido en las principales causas de la excesiva generación de residuos sólidos urbanos (RSU) (Magazzino *et al.*, 2020; Balwan *et al.*, 2022). De acuerdo con Sandoval *et al.* (2020) a nivel mundial, se generan alrededor de 1300 millones de t de residuos sólidos al año, lo que equivale a 1.2 kg/habitante/día; se

estima que para el año 2025, este volumen podría incrementar a 2200 millones (1.42 kg/habitante/día).

Los RSU son un subproducto inevitable de las actividades necesarias para el desarrollo y sobrevivencia de la humanidad (Bhat *et al.*, 2018), causados por la industrialización y diversas actividades antropogénicas como la explotación intensiva de los recursos naturales y la contaminación del medio ambiente, los cuales frecuentemente ocasionan graves problemas de gestión y eliminación de residuos (Hajam *et al.*, 2023; Gonawala *et al.*, 2018).

Diversos problemas críticos como la contaminación del aire, el suelo y aguas subterráneas, pastizales, el cambio climático por emisión de gases de efecto invernadero, olores desagradables y efectos adversos para la salud tanto de los seres humanos como de la vida silvestre, se han asociado con la mala gestión de los RSU (Kamarehie *et al.*, 2020; Balwan *et al.*, 2022), ocasionados por los vertederos sanitarios y el vertido de residuos al aire libre (Chew *et al.*, 2019; Parkar *et al.*, 2021).

Los residuos sólidos se pueden clasificar en términos generales en residuos biodegradables y no biodegradables, los residuos no biodegradables necesitan tratamiento para su eliminación, ya que estos no se descomponen por la acción de microorganismos, entre ellos está el plástico, caucho, contenedores de residuos metálicos y todo tipo de embalajes (Parkar *et al.*, 2021).

Los residuos biodegradables pueden degradarse fácilmente por la actividad de microorganismos (Hajam *et al.*, 2023), estos residuos provienen de una diversidad de fuentes como por ejemplo desechos sólidos urbanos, desechos sólidos municipales los desechos agrícolas, de mercado y de cocina, (Gonawala *et al.*, 2018).

Aun así, los desechos orgánicos representan un problema que afecta al medio ambiente y requieren de un manejo adecuado mediante procesos de transformación controlada como el compostaje, el cual ayuda a disminuir la cantidad de los desechos generados y aprovechar el contenido nutricional de la fracción orgánica, transformándolos en subproductos con alto valor para el sector agropecuario (Jodar *et al.*, 2017; Santos *et al.*, 2018; Firdaus *et al.*, 2018; Vargas, 2019). Además de ser una alternativa de bajo costo (Gonawala *et al.*, 2018).

El objetivo del compostaje va desde el saneamiento, la disminución de la cantidad de desechos, la inactivación de patógenos, parásitos, semillas de malezas, la esterilización del constituyente orgánico, hasta la producción de un material orgánico uniforme adecuado para su aplicación al suelo. Además de aportar los nutrientes esenciales a los cultivos, mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Chatterjee y Thirumdasu, 2017).

En atención a lo anterior, la bioética surge como un intento de implementar una disciplina que aplique los principios éticos a los avances tecnológicos, con el propósito de impedir los efectos negativos al medio ambiente y salvaguardar la vida humana y el beneficio de las futuras generaciones (Potter, 1971). Para la aplicación de la bioética se establecieron cuatro principios clave que consisten en:

- 1) Respeto a la autonomía, se centra en el respeto a la libertad de elección y decisión de las personas,
- 2) Beneficencia, busca maximizar los beneficios y minimizar los posibles daños,
- 3) No maleficencia, promueve el bien y prohíbe causar daño, y
- 4) Justicia, busca la equidad en la distribución de recursos y oportunidades (Fernández, 2021).

Bajo este contexto el objetivo de esta investigación se basa en la aplicación de los principios bioéticos en función de la elaboración de abonos orgánicos.

2. METODOLOGÍA

Se utilizó una metodología descriptiva usando el método sintético de artículos indexados a Google Académico y *Scimedirect*, en inglés y en español. La búsqueda se hizo utilizando diversos términos relacionados con la elaboración de abonos orgánicos dando un enfoque a los cuatro principios de la bioética (figura 1).



Figura 1. La bioética en función de la elaboración de abonos orgánicos.

3. RESULTADOS

3.1 Principio de beneficencia

Los residuos orgánicos mal manejados representan un problema ambiental (Vargas, 2019), su generación provoca un exceso de problemas que afectan la salud humana como son la contaminación de mantos freáticos que por consiguiente influyen en la calidad del agua y el suelo, además de la emisión de gases de efecto invernadero (Parkar *et al.*, 2021). Entre las tecnologías utilizadas para la disminución de residuos orgánicos, el compostaje es el método más recomendado, ya que es capaz de reducir la descarga de residuos en los vertederos y su incineración (Mu *et al.*, 2017; Jodar *et al.*, 2017; Chatterjee y Thirumdasu 2017), lo que la convierte en una alternativa económica de gestión de residuos orgánicos, sostenible y respetuosa con el medio ambiente (Al-Nawaiseh *et al.*, 2021).

El compostaje es el proceso bio-oxidativo natural de descomposición y mineralización de residuos orgánicos a través de la acción de microorganismos como bacterias, actinomicetos y hongos presentes en los residuos que descomponen la materia orgánica de forma aerobia en condiciones controladas, transformándolo en un producto estabilizado que permite aprovechar los nutrientes presentes en la fracción orgánica de los residuos (Argun *et al.*, 2017; Chatterjee y Thirumdasu 2017; Basil *et al.*, 2020). Además, en el caso de los residuos municipales el compostaje es un método que permite eliminar su peligro sanitario epidemiológico, bacterias y hongos; así como reducir el contenido orgánico de los vertederos, los cuales representan una fuente de proliferación de microorganismos indeseables y de alto riesgo para la propagación de infecciones (Jodar *et al.*, 2017).

El compostaje consta de un proceso de cuatro fases:

Fase mesófila, es la primera fase del proceso se caracteriza por incremento de temperatura de 20°- 45° C. La disponibilidad de condiciones favorables, en términos de nutrición, temperatura, humedad, etc., estimula la proliferación de microorganismos mesófilos, activando la transformación de sustratos naturalmente metabolizables, como carbohidratos y aminoácidos libres (Meena *et al.*, 2021).

Fase Termófila, también identificada como fase de higienización, en esta fase la temperatura se incrementa de 40°- 75° C, aquí predominan los organismos termófilos que son capaces de crecer y resistir altas temperaturas, son responsables de la degradación de fuentes de carbono complejas como celulosas, hemicelulosas, ligninas y quitinas; la temperatura ayuda a la eliminación de patógenos, larvas y semillas de malas hierbas presentes en los desechos orgánicos (Lahlou *et al.*, 2017; Meena *et al.*, 2021).

Fase de enfriamiento, ocurre cuando las fuentes de carbono y nitrógeno se han agotado, y la temperatura disminuye entre los 40°- 45° C. Durante este período, las bacterias, hongos y actinomicetos que predominan en las fases de enfriamiento y maduración continúan con la degradación de polímeros como la celulosa. Algunos hongos pueden incluso desarrollar o producir estructuras visibles.

Fase de maduración, la temperatura desciende hasta el nivel de temperatura ambiente, entre 20°- 30°C, aquí se produce la condensación de compuestos carbonosos y la polimerización, lo que ayuda en la formulación de ácidos fúlvicos y húmicos (Meena *et al.*, 2021).

La incorporación de abonos orgánicos tiene como ventaja la conservación, restauración y mejoramiento de las características de los suelos (Delgado *et al.*, 2019), ya que la materia orgánica estabilizada puede ser utilizada en la recuperación de suelos degradados, la restauración de su fertilidad, el secuestro de carbono (Silva *et al.*, 2020), y el restablecimiento de la actividad microbiana (Delgado *et al.*, 2019), por lo que representa un papel importante en las prácticas de la agricultura orgánica (Al-Khatib *et al.*, 2023) al contribuir a la disminución del uso de insumos químicos y que a su vez se refleja en la reducción de los costos de producción (Silva *et al.*, 2020).

3.2 Principio de no maleficencia

Para garantizar la seguridad del uso de los abonos orgánicos en la agricultura o como enmienda en suelos degradados, deben cumplir con el criterio de calidad (Oviedo-Ocaña *et al.*, 2015), el cual es esencial para mejorar la productividad y disminuir el impacto ambiental (Delgado *et al.*, 2019). La calidad se evalúa a través de los criterios de estabilidad y madurez (Siles-Castellanos *et al.*, 2020). La estabilidad está relacionada con la reducción del carbono degradable y actividad de la masa microbiana, es decir, cuanto mayor sea la estabilidad menor será la degradabilidad y actividad microbiológica. Mientras que la madurez se refiere al grado de transformación de la materia orgánica y la ausencia de sustancias fitotóxicas (Oviedo-Ocaña *et al.*, 2015). Se han propuesto diversas pruebas físicas, químicas y biológicas para evaluar la estabilidad y madurez de la composta (Mahapatra *et al.*, 2022), asimismo señalado que la madurez no se determina por una sola propiedad, por lo que es mejor si se evalúa midiendo dos o más parámetros (Cerdeira *et al.*, 2018).

Los métodos propuestos para la evaluación del grado de madurez pueden agruparse según la naturaleza del parámetro que se evalúa, definidos en cinco grupos (Iglesias, 2014):

- a) Parámetros sensoriales
- b) Evolución de parámetros de la biomasa microbiana
- c) Estudio de la materia orgánica humificada
- d) Indicadores químicos
- e) Métodos biológicos

El correcto seguimiento y control del proceso de compostaje es de suma importancia para obtener un producto final de calidad (Siles-Castellanos *et al.*, 2020; Cerda *et al.*, 2018), para ello se deben utilizar varios parámetros para monitorear y controlar su progreso, entre ellos se pueden considerar la relación C/N, temperatura, humedad y porcentaje de oxígeno (Hemidat *et al.*, 2018), tamaño de partícula, pH y las actividades microbianas. Para lograr un alto grado de calidad de la composta, es fundamental evaluar el grado de fitotoxicidad (Cui *et al.*, 2017). Todos estos parámetros interactúan entre sí, de tal forma que, al presentarse un cambio en uno de ellos, se pueden ocasionar cambios en los demás (Argun *et al.*, 2017). La calidad de la composta estará influenciada en gran medida por las fuentes de residuos orgánicos utilizados (Jodar *et al.*, 2017).

Además, en un proceso de compostaje mal realizado la materia orgánica estará insuficientemente estabilizada o bien resultará en una composta inmadura, lo que ocasionará diversos daños como afectar el medio ambiente del suelo, el desarrollo de las plantas, ser fuente de enfermedades y provocar daños por fitotoxicidad en los cultivos (Cui *et al.*, 2017), ocasionados por metabolitos fitotóxicos, como: ácidos volátiles orgánicos, altos contenidos de amonio, metales pesados y sales (González-Márquez *et al.*, 2021; Huerta 2015).

Como se ha mencionado, un producto final sin el control de calidad adecuado por la autoridad correspondiente puede ocasionar efectos negativos en los agroecosistemas, así como afectar los ingresos de los productores, ya sea por la baja calidad del abono o la alta concentración de sustancias fitotóxicas (Bailón-Rojas *et al.*, 2021). Los metales pesados se caracterizan por su alta toxicidad que puede ocasionar graves efectos nocivos a la salud humana si entran en la cadena alimentaria (Salem *et al.*, 2020). Por lo tanto, la concentración de metales pesados en los fertilizantes orgánicos

deberá estar dentro de los límites establecidos (Al-Khatib *et al.*, 2023).

En este sentido la Norma NMX-AA-180-SCFI-2018 señala los métodos y procedimientos que deben aplicarse en el tratamiento de la fracción orgánica de los RSU, asimismo, también establece la información comercial y los parámetros de calidad que deben cumplir los productos finales. A su vez para la adecuada aplicación de esta norma se deberá consultar la norma NADF-020-AMBT-2011, en la que se indican los requerimientos para la producción de composta a partir de los RSU, residuos agrícolas, pecuarios y forestales, así como las especificaciones de calidad de la composta producida o distribuida en el Distrito Federal, los cuales se publicaron en la Gaceta Oficial del Distrito Federal del 30 de noviembre de 2012.

Cuadro 1. Concentraciones máximas en mg kg⁻¹ en base seca de elementos traza.
Norma NMX-AA-160-SCFI-2018

Tipo de Composta	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Nivel 1	0.1	0.7	70	70	0.4	25	45	200
Nivel 2	0.7	1	70	150	0.7	60	120	500
Nivel 3	2	2	250	300	1.5	70	150	500

As=arsénico, Cd=cadmio, Cr=cromo, Cu=cobre, Hg=mercurio, Ni=niquel, Pb=plomo, Zn=zinc

Otras normas establecidas para el control de calidad de los abonos orgánicos son:

Norma NMX-AA-42-1987. Calidad del agua-determinación del número más probable (NMP) de coliformes totales, coliformes fecales (termo tolerantes) y *Escherichia coli presuntiva*

Norma NOM-052-SEMARNAT-2005. Establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.

Norma NOM-004-SEMARNAT-2002. Protección ambiental. - lodos y biosólidos. -especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final.

Generación de gases durante el proceso de compostaje

Los principales gases generados durante el compostaje aeróbico son el dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O) (Zeng *et al.*, 2018). El CO_2 es el resultado del metabolismo de la masa microbiana durante el proceso de la degradación la materia orgánica y a su vez, frecuentemente es utilizado como un indicador para evaluar la estabilidad y madurez de la composta (menor tasa de emisión representa menor actividad biológica y viceversa). Sin embargo, las emisiones de este CO_2 de origen biológico no se consideran como gases de efecto invernadero (Velasco-Velasco *et al.*, 2016), y no se incluye en la contabilidad del potencial de calentamiento global (Pergola *et al.*, 2018).

En el compostaje, los residuos orgánicos se descomponen en un ambiente controlado y aireado, el metano es un gas que se produce a causa de la descomposición anaeróbica (ausencia de oxígeno). El óxido nitroso se forma debido a ciertas reacciones químicas que incluyen la nitrificación y la desnitrificación. La nitrificación convierte el amonio (NH_4^+) presente en los residuos orgánicos en nitrato (NO_3^-), y luego el nitrato puede transformarse en óxido nitroso (N_2O), su emisión debe ser controlada para reducir su impacto ambiental (Velasco-Velasco *et al.*, 2016).

Una mala gestión del proceso de compostaje puede resultar en una cantidad insuficiente de oxígeno (O_2) y una gran cantidad de emisiones de GEI, lo que sería un gran desperdicio de recursos y una amenaza de contaminación para el medio ambiente (Zeng *et al.*, 2018).

3.3 Principio de autonomía

Dentro de las principales metas de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas para 2030 se encuentran el poner fin al

hambre en el mundo, lograr la seguridad alimentaria y promover la agricultura sostenible, para lo cual las prácticas agrícolas deben cambiar para cumplir los ODS. La agricultura orgánica refleja los conceptos de sostenibilidad de la Agricultura Global, es una práctica influyente para minimizar el impacto ambiental y ecológico del desarrollo sostenible (Gamage *et al.*, 2023).

Para garantizar que las generaciones futuras estén a salvo de las consecuencias negativas de la fertilización química y pesticidas sintéticos, es necesario pasar a la agricultura orgánica y restaurar la fertilidad del suelo y mantenerla de manera sostenible (Geissen *et al.*, 2021). La agricultura sostenible se refiere a prácticas agrícolas que no dañan los sistemas humanos o ambientales mientras se producen cultivos o ganado (Gamage *et al.*, 2023).

Los fertilizantes orgánicos representan una buena opción para reemplazar los fertilizantes químicos y disminuir el impacto ambiental negativo que estos ocasionan. Sin embargo, en los países en desarrollo la mayoría de los agricultores les dan preferencia a los fertilizantes químicos, debido principalmente a que temen que sus ingresos se vean afectados si usan fertilizantes orgánicos (Wang *et al.*, 2018).

La literatura científica ha reportado numerosas ventajas sobre las buenas prácticas de manejo, sin embargo, no siempre son adoptadas por los agricultores, lo que sugiere que factores de naturaleza financiera, técnica o social pueden limitar su adopción (Bechini *et al.*, 2020).

Crear un sistema de producción agrícola respetuoso con el medio ambiente orientando el comportamiento de los agricultores de seguirlo, siendo este proceso importante para dar inicio a la transformación de la producción agrícola, desde el aumento de la producción hasta mejorar la calidad y el logro de un desarrollo agrícola cualitativo (Lu *et al.*, 2019).

Aumentar la conciencia de los agricultores sobre las consecuencias negativas de las prácticas insostenibles y los métodos adecuado para el manejo de los recursos naturales mejorará la actitud ambiental de los agricultores (Yaghoubi *et al.*, 2019; Li *et al.*, 2021). Sin embargo, el efecto de los nu-

trientes orgánicos sobre el rendimiento de los cultivos es a largo plazo y no inmediato, podría ocasionar que los agricultores se muestren reacios a utilizar fertilizantes orgánicos en sus sistemas de cultivo (Khaliq *et al.*, 2006).

3.4 Principio de justicia

En un sistema eficiente de manejo de residuos es necesario implementar diversos métodos y tecnologías, que aseguren la salvaguarda de la salud pública y el medio ambiente (Al-Nawaiseh *et al.*, 2021). La eliminación inadecuada de los residuos provoca diversos problemas graves y peligrosos que son perjudiciales para el medio ambiente (Parkar *et al.*, 2021). Entre las diversas opciones para el tratamiento de los residuos orgánicos están el uso de vertederos y la incineración (Gonawala *et al.*, 2018). Los vertederos sanitarios y el vertido de residuos al aire libre provocan diversos problemas medioambientales (Chadar *et al.*, 2018), ya que contribuyen al calentamiento global por las emisiones de gases de efecto invernadero, de igual forma la incineración de residuos sólidos provoca daños al medio ambiente (Parkar *et al.*, 2021).

Aunque el compostaje es considerado como una forma de gestión de residuos orgánicos respetuosa con el medio ambiente y a su vez representa una opción ocupacional, los riesgos para la salud no deben ser descuidados en los grupos involucrados y el público en general como son los trabajadores de plantas de compostaje, residentes cercanos, o consumidores de productos alimenticios cultivados con compostas de RSU. En este sentido, las principales preocupaciones ambientales asociadas con el compostaje de RSU se encuentran los malos olores, bioaerosoles, polvo, ruido y generación de lixiviados durante diversos procesos de compostaje (Wei *et al.*, 2017).

Asimismo, el proceso de compostaje enfrenta otros inconvenientes el primero es la lenta tasa de descomposición, ya que lleva más tiempo convertir todos los residuos en composta (Chatterjee y Thirumdasu, 2017). El segundo es su incapacidad para satisfacer directamente las necesidades nutricionales inmediatas de nitrógeno (N) en cultivos arbóreos, debido a

tasas lentas de mineralización de N (Chatzistathis *et al.*, 2021); por lo que se ha identificado la necesidad de mejorar la sincronización entre la disponibilidad y la absorción de nutrientes por parte de las plantas en sistemas que utilizan fuentes de nutrientes orgánicos (Pinto *et al.*, 2017). En ocasiones esta situación puede solucionarse, suministrando N inorgánico, que puede ser complementario a la fertilización orgánica (Leonel y Tecchio, 2009).

La mayoría de las prácticas agrícolas convencionales aplicadas por los agricultores se basan en una perspectiva económica pensando en alcanzar un rendimiento máximo o un costo de producción mínimo (Adnan *et al.*, 2019) y no en la ética ambiental (Yaghoubi *et al.*, 2019). Si bien la fertilización orgánica es económicamente viable y contribuye a la agricultura sostenible a largo plazo (Hui *et al.*, 2017), el efecto sobre el rendimiento de los cultivos es lento (Khaliq *et al.*, 2006).

4. CONCLUSIONES

El compostaje es el método más recomendado para la reducción de los residuos orgánicos, convirtiéndolos en un producto final con alto contenido de materia orgánica y rico en nutrientes que al ser aplicado al suelo contribuye a la recuperación de su fertilidad. También se proporcionan otros beneficios como reducir el vertido de residuos en los vertederos y reemplazar el uso de fertilizantes inorgánicos.

Considerando lo anterior es importante visualizar los principios de la bioética en la elaboración y aplicación de los abonos orgánicos. Respecto a la beneficencia, se reducen y aprovechan los residuos orgánicos contribuyendo a la sustentabilidad de los recursos naturales y protección del medio ambiente para salvaguardar el bienestar de futuras generaciones. Sin embargo, es importante resaltar que se debe ser consciente y no actuar con maleficencia en su elaboración para obtener producto de calidad, así mismo respetar la autonomía de los productores al tomar la decisión en aceptar su uso o no, ya que esto podría no siempre convenir a sus intereses, por lo tanto, no sería justo forzar la aplicación de esta tecnología para todas las circunstancias.

5. REFERENCIAS

Adnan, N., Nordin, S. M., Bahrudin, M. A., and Tareq, A. H. (2019). A state-of-the-art review on facilitating sustainable agriculture through green fertilizer technology adoption: Assessing farmers behavior. *Trends in Food Science and Technology*, 86, 439-452.

Al-Khatib, I. A., Anayah, F. M., Al-Sari, M. I., Al-Madbouh, S., Salahat, J. I., & Jararaa, B. Y. (2023). Assessing Physiochemical Characteristics of Agricultural Waste and Ready Compost at Wadi Al-Far'a Watershed of Palestine. *Journal of environmental and public health*, 2023.

Al-Nawaiseh, A. R., Aljbour, S. H., Al-Hamaiedeh, H., El-Hasan, T., Hemidat, S., and Nassour, A. (2021). Composting of Organic Waste: A Sustainable Alternative Solution for Solid Waste Management in Jordan. *Jordan Journal of Civil Engineering*, 15(3).

Argun, Y. A., Karacali, A., Calisir, U., & Kilinc, N. (2017). Composting as a waste management method. *Journal of International Environmental Application and Science*, 12(3), 244-255.

Argun, Y. A., Karacali, A., Calisir, U., & Kilinc, N. (2017). Composting as a waste management method. *Journal of International Environmental Application and Science*, 12(3), 244-255.

Bailón-Rojas, M. R., and Florida-Rofner, N. (2021). Characterization and quality of compost produced and marketed in Rupa Rupa-Huánuco. *Enfoque UTE*, 12(1), 1-11.

Balwan, W. K., Singh, A., & Kour, S. (2022). 5R's of zero waste management to save our green planet: A narrative review. *European Journal of Biotechnology and Bioscience*, 10(1), 7-11.

Basil, A., A. O. Christopher, O. N. Chinweizu, C. J. Arinze, U. O. Bright, and O. E. Cynthia. 2020. Phyto-toxicity evaluation of agro-waste formulated compost on five different plant seeds. *International Journal Engineering and Science (IJES)* 9(12):21-26. doi:10.9790/1813-0912012126.

Bechini, L., Costamagna, C., Zavattaro, L., Grignani, C., Bijttebier, J., &

Ruysschaert, G. (2020). Drivers and barriers to adopt best management practices. Survey among Italian dairy farmers. *Journal of Cleaner Production*, 245, 118825.

Bhat, R. A., Dar, S. A., Dar, D. A., & Dar, G. H. (2018). Municipal solid waste generation and current scenario of its management in India. *Int J Adv Res Sci Eng*, 7(2), 419-431.

CEPAL, N. (2020). Perspectivas de la población mundial 2019: metodología de las Naciones Unidas para las estimaciones y proyecciones de población. versión 2019. https://poblacion.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019_Highlights.pdf, 2019. (Consultado el 18 de abril de 2024)

Cerda, A., Artola, A., Font, X., Barrena, R., Gea, T. and Sánchez, A. (2018). Composting of food wastes: Status and challenges. *Bioresource technology*. 248: 57-67. doi: 10.1016/j.biortech. 2017.06.133

Chadar, S. N., Chadar, K., and Singh, M. (2018). Composting as an eco-friendly method to recycle organic waste. *Progress in Petrochemical Science*, 2(5), 252-254.

Chatterjee, R., Gajjela, S., and Thirumdasu, R. K. (2017). Recycling of organic wastes for sustainable soil health and crop growth. *International Journal of Waste Resources*, 7(03), 296-2.

Chatzistathis, T., Kavvadias, V., Sotiropoulos, T., and Papadakis, I. E. (2021). Organic fertilization and tree orchards. *Agriculture*, 11(8), 692.

Chew, K. W., Chia, S. R., Yen, H. W., Nomanbhay, S., Ho, Y. C., & Show, P. L. (2019). Transformation of biomass waste into sustainable organic fertilizers. *Sustainability*, 11(8), 2266.

Cui, H. Y., Zhao, Y., Chen, Y. N., Zhang, X., Wang, X. Q., Lu, Q. and Wei, Z. M. (2017). Assessment of phytotoxicity grade during composting based on EEM/PARAFAC combined with projection pursuit regression. *Journal of hazardous materials*. 326: 10-17. doi:10.1016/j.jhazmat.2016.09.059

DE Calidad, C. L. E. M. (2012). Norma ambiental para el Distrito Federal NADF-020-AMBT-2011, que establece los requerimientos mínimos para la producción de composta a partir de la fracción orgánica de los residuos

sólidos urbanos, agrícolas, pecuarios y forestales, así como las especificaciones mínimas de calidad de la composta producida y/o distribuida en el Distrito Federal.

Delgado Arroyo, M. D. M., Mendoza López, K. L., González, M. I., Tadeo Lluch, J. L., and Martín Sánchez, J. V. (2019). Evaluación del proceso de compostaje de residuos avícolas empleando diferentes mezclas de sustratos. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 35(4), 965-977.

FAO. (2019). The state of food and agriculture 2019: Moving forward on food loss and waste reduction. UN.

Fernández Molina, M. V. (2021). Preliminar approach to orientative principles for a Global Bioethics capable of facing today's challenges. *Medicina y ética*, 32(4), 1029-1086.

Firdaus, A. R. M., Samah, M. A. A., & Hamid, K. B. A. (2018). CHNS analysis towards food waste in composting. *Journal CleanWAS*, 2(1), 06-10.

Gamage, A., Gangahagedara, R., Gamage, J., Jayasinghe, N., Kodikara, N., Suraweera, P., and Merah, O. (2023). Role of organic farming for achieving sustainability in agriculture. *Farming System*, 1(1), 100005.

Geissen, V., Silva, V., Lwanga, E. H., Beriot, N., Oostindie, K., Bin, Z., and Ritsema, C. J. (2021). Cocktails of pesticide residues in conventional and organic farming systems in Europe—Legacy of the past and turning point for the future. *Environmental Pollution*, 278, 116827.

Gonawala, S. S., and Jardosh, H. (2018). Organic Waste in Composting: A brief review. *International Journal of Current Engineering and Technology*, 8(1), 36-38.

González-Márquez, L. C., Félix-Gastélum, R., Sandoval-Romero, J. A., Escobedo-Urías, D. C., and Longoria-Espinoza, R. M. (2021). Caracterización de biofertilizantes utilizados en el valle agrícola de Guasave, Sinaloa, México. *Terra Latinoamericana*, 39.

Hajam, Y. A., Kumar, R., and Kumar, A. (2023). Environmental waste management strategies and vermi transformation for sustainable development. *Environmental Challenges*, 100747.

Hemidat, S., Jaar, M., Nassour, A., & Nelles, M. (2018). Monitoring of composting process parameters: A case study in Jordan. *Waste and Biomass Valorization*, 9, 2257-2274.

Huerta Muñoz, E., Cruz Hernández, J., Aguirre Álvarez, L., Caballero Mata, R., & Pérez Hidalgo, L. F. (2015). Toxicidad de fertilizantes orgánicos estimada con bioensayo de germinación de lechuga. *Terra Latinoamericana*, 33(2), 179-185.

Hui, L. I., Feng, W. T., He, X. H., Ping, Z. H. U., Gao, H. J., Nan, S. U. N., and XU, M. G. (2017). Chemical fertilizers could be completely replaced by manure to maintain high maize yield and soil organic carbon (SOC) when SOC reaches a threshold in the Northeast China Plain. *Journal of integrative agriculture*, 16(4), 937-946.

Iglesias Jiménez, E. (2014). Métodos y parámetros para evaluar la madurez del compost.

Jodar, J. R., Ramos, N., Carreira, J. A., Pacheco, R., and Fernández-Hernández, A. 2017. Quality assessment of compost prepared with municipal solid waste. *Open Engineering*. 7(1): 221-227. doi:10.1515/eng-2017-0028

Kamarehie, B., Jafari, A., Ghaderpoori, M., Azimi, F., Faridan, M., Sharafi, K., ... & Karami, M. A. (2020). Qualitative and quantitative analysis of municipal solid waste in Iran for implementation of best waste management practice: a systematic review and meta-analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 37514-37526.

Keesstra, S., Mol, G., De Leeuw, J., Okx, J., De Cleen, M., & Visser, S. (2018). Soil-related sustainable development goals: Four concepts to make land degradation neutrality and restoration work. *Land*, 7(4), 133.

Khaliq, A., Abbasi, M. K., & Hussain, T. (2006). Effects of integrated use of organic and inorganic nutrient sources with effective microorganisms (EM) on seed cotton yield in Pakistan. *Bioresource technology*, 97(8), 967-972.

Lahlou, K., M. Ben Abbou, Z. Majbar, Z. Zaytouni, Y. Karzazi, O. El-Hajja-

- ji, *et al.* 2017. Recovery of sludge from the sewage treatment plant in the city of Fez (STEP) through the composting process. *J. Mater. Environ. Sci.* 8(12):4582-4590
- Lal, R. (2022). Reducing carbon footprints of agriculture and food systems. *Carbon Footprints*, 1(3), 1-19.
- Leonel, S., and Tecchio, M. A. (2009). Cattle manure fertilization increases fig yield. *Scientia Agrícola*, 66, 806-811.
- Li, J., He, R., de Voil, P., & Wan, S. (2021). Enhancing the application of organic fertilisers by members of agricultural cooperatives. *Journal of Environmental Management*, 293, 112901.
- Liang, X., He, J., Zhang, F., Shen, Q., Wu, J., Young, I. M., ... & Chen, D. (2020). Healthy soils for sustainable food production and environmental quality. *Front. Agric. Sci. Eng.*, 7, 347-355.
- Lu, H., Zhang, P., Hu, H., Xie, H., Yu, Z., and Chen, S. (2019). Effect of the grain-growing purpose and farm size on the ability of stable land property rights to encourage farmers to apply organic fertilizers. *Journal of environmental management*, 251, 109621.
- Magazzino, C., Mele, M., & Schneider, N. (2020). The relationship between municipal solid waste and greenhouse gas emissions: Evidence from Switzerland. *Waste Management*, 113, 508-520.
- Mahapatra, S., Ali, M. H., & Samal, K. (2022). Assessment of compost maturity-stability indices and recent development of composting bin. *Energy Nexus*, 6, 100062.
- Meena, A. L., Karwal, M., Dutta, D., & Mishra, R. P. (2021). Composting: phases and factors responsible for efficient and improved composting. *Agriculture and Food: e-Newsletter*, 1, 85-90. DOI:10.13140/RG.2.2.13546.95689
- Mengqi, Z., Shi, A., Ajmal, M., Ye, L., & Awais, M. (2021). Comprehensive review on agricultural waste utilization and high-temperature fermentation and composting. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 1-24.

Mexicana, N. O. NMX-AA-42-1987. (1987). Calidad del agua. Determinación del número más probable (NMP) de coliformes totales, coliformes fecales (termo tolerantes) y *Escherichia coli* presuntiva.

Montanarella, L., & Vargas, R. (2012). Global governance of soil resources as a necessary condition for sustainable development. *Current opinion in environmental sustainability*, 4(5), 559-564.

Mu, D., Horowitz, N., Casey, M., and Jones, K. (2017). Environmental and economic analysis of an in-vessel food waste composting system at Kean University in the US. *Waste management*, 59, 476-486.

NMX-AA-180- SCFI-2018. (2018). DOF. Norma Oficial Mexicana: Métodos y procedimientos para el tratamiento aerobio de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, así como la información comercial y de sus parámetros de calidad de los productos

NOM-004-SEMARNAT-2002. (2002). DOF. Norma Oficial Mexicana: Protección ambiental. Lodos y biosólidos. Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final.

NOM-052-SEMARNAT-2005. (2006). Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005, Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.

Oviedo-Ocaña, E. R., Torres-Lozada, P., Marmolejo-Rebellon, L. F., Hoyos, L. V., Gonzales, S., Barrena, R., and Sánchez, A. (2015). Stability and maturity of biowaste composts derived by small municipalities: Correlation among physical, chemical and biological indices. *Waste Management*, 44, 63-71.

Parkar, S., Mulukh, R., Narhari, G., and Kulkarni, S. (2021). An Insight Into Treatment, Reuse, Recycle and Disposal of Biodegradable and Non-biodegradable Solid Waste. In *Proceedings of the 4th International Conference on Advances in Science and Technology (ICAST2021)*.

Pellegrini, G., Ingrao, C., Camposeo, S., Tricase, C., Conto, F., & Huisin-

gh, D. (2016). Application of water footprint to olive growing systems in the Apulia region: a comparative assessment. *Journal of Cleaner Production*, 112, 2407-2418.

Pergola, M., Persiani, A., Palese, A. M., Di Meo, V., Pastore, V., D'Adamo, C., and Celano, G. (2018). Composting: The way for a sustainable agriculture. *Applied Soil Ecology*, 123, 744-750.

Pinto, R., Brito, L. M., & Coutinho, J. (2017). Organic production of horticultural crops with green manure, composted farmyard manure and organic fertiliser. *Biological agriculture & horticulture*, 33(4), 269-284.

Potter, V. R. (1971). Bioethics: bridge to the future.

Rojas, R. V., Achouri, M., Maroulis, J., & Caon, L. (2016). Healthy soils: a prerequisite for sustainable food security. *Environmental Earth Sciences*, 75, 1-10.

Salcedo, M., Viramontes, U., Torres, S., Romero, L., & Muñoz, A. (2017). Elementos menores en composta producida a partir de estiércol de engorda y rastrojo de maíz. *Agrofaz*, 17(2).

Salem, M. A., Bedade, D. K., Al-Ethawi, L., and Al-Waleed, S. M. (2020). Assessment of physiochemical properties and concentration of heavy metals in agricultural soils fertilized with chemical fertilizers. *Heliyon*, 6(10).

Sandoval Duarte, A., Segura Osuna, J. A., & Rodríguez Miranda, J. P. (2020). Sustainable use of organic solid waste: A conceptual review thorough the waste pickers organizations. *International Journal of Engineering Research Technology*, 13(8), 2055-2066.

Santos, C., Goufo, P., Fonseca, J., Pereira, J. L., Ferreira, L., Coutinho, J., & Trindade, H. (2018). Effect of lignocellulosic and phenolic compounds on ammonia, nitric oxide and greenhouse gas emissions during composting. *Journal of cleaner production*, 171, 548-556.

Sayara, T., Basheer-Salimia, R., Hawamde, F., and Sánchez, A. (2020). Recycling of organic wastes through composting: Process performance and compost application in agriculture. *Agronomy*, 10(11), 1838.

Siles-Castellano, A. B., López, M. J., López-González, J. A., Suárez-Estre-

- lla, F., Jurado, M. M., Estrella-González, M. J., and Moreno, J. (2020). Comparative analysis of phytotoxicity and compost quality in industrial composting facilities processing different organic wastes. *Journal of cleaner production*, 252, 119820.
- Silva, L. L., Baptista, F., Cruz, V. F., & da Silva, J. R. M. (2020). Aumentar as competências dos agricultores para a prática de uma agricultura sustentável. *Revista de Ciências Agrárias*, 43(2), 240-252.
- Vargas Pineda, T. G. (2019). Composting, an alternative for the use of organic waste in central supply plants.
- Velasco-Velasco, J., Ferrera-Cerrato, R., Almaraz-Suárez, J. J., and Parkinson, R. (2016). Ammonia emission during composting and vermicomposting processes: practical and applied aspects. *Agroproductividad*, 9(8), 45-51.
- Wang, Y., Zhu, Y., Zhang, S., & Wang, Y. (2018). What could promote farmers to replace chemical fertilizers with organic fertilizers? *Journal of cleaner production*, 199, 882-890.
- Wei, Y., Li, J., Shi, D., Liu, G., Zhao, Y., and Shimaoka, T. (2017). Environmental challenges impeding the composting of biodegradable municipal solid waste: A critical review. *Resources, Conservation and Recycling*, 122, 51-65.
- Yaghoubi Farani, A., Mohammadi, Y., and Ghahremani, F. (2019). Modeling farmers' responsible environmental attitude and behaviour: A case from Iran. *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 28146-28161.
- Zeng, J., Yin, H., Shen, X., Liu, N., Ge, J., Han, L., & Huang, G. (2018). Effect of aeration interval on oxygen consumption and GHG emission during pig manure composting. *Bioresource technology*, 250, 214-220



Capítulo 7
VISIÓN BIOÉTICA DEL
MEJORAMIENTO GENÉTICO DE VID
(Vitis Vinífera L.) EN EL ESTADO DE
CHIHUAHUA



Paola Adilene Castro-Rodríguez, Ramona Pérez-Leal,
Joel Domínguez-Viveros

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la superficie mundial de viñedos establecidos asciende a más de 7.3 Mha, y con una producción total de 77.8 Tm que sustenta la elaboración a nivel mundial de vino (OIV, 2021). El mejoramiento genético de la vid (*Vitis Vinifera L.*) actualmente es una necesidad primordial para la industria vitivinícola, ya que la producción se ve constantemente afectada por las amenazas ambientales (Fraga et al., 2012). Los sistemas de viticultura actuales se encuentran amenazados por las condiciones del cambio climático, los regímenes de temperatura y humedad se encuentran entre los elementos primarios para la obtención de uva para vino de calidad (Hannah et al., 2013). Además del cambio climático otra gran amenaza para el cultivo son las diversas plagas y patógenos de la vid (Savi et al., 2019).

El trabajo del mejoramiento genético es crear nuevos cultivares de vid para adaptar a los sistemas de viticultura a las amenazas que afectan al cultivo combinando datos genéticos con información fenotípica de los rasgos más relevantes (Tello & Ibáñez, 2023); gracias a nuevas herramientas de bioinformática y soluciones de modelado más eficientes, el mapeo de asociaciones se ha convertido en un enfoque ampliamente aceptado para desentrañar la relación entre la diversidad genotípica y fenotípica en numerosos cultivos. En la vid, esta estrategia se ha utilizado en las últimas décadas para comprender la base genética de los rasgos de interés agronómico (calidad del fruto, rendimiento del cultivo, resistencia biótica y abiótica). El mejoramiento genético puede involucrar técnicas tradicionales de selección y cruces, así como tecnologías más avanzadas como la edición genética. Además, se están utilizando cada vez más enfoques de investigación interdisciplinarios que combinan la genética con la ciencia del suelo, la enología y la climatología para desarrollar variedades de uva que sean no solo genéticamente superiores, sino también adecuadas para las condiciones específicas de cada región vitivinícola (Wang, 2021).

El mejoramiento genético en uva para vino se lleva a cabo en México, aunque puede que no sea tan extenso como en algunas otras regiones vitivinícolas del mundo. México cuenta con diversas regiones vinícolas,

como Baja California, Querétaro, Coahuila, Zacatecas, que se encuentran realizando investigaciones de mejoramiento genético, donde su búsqueda es desarrollar variedades adaptadas a las condiciones climáticas y de suelo específicas de cada región (González, 2013). Chihuahua es un estado que cuenta con las características apropiadas para la producción de diversas variedades de *Vitis Vinífera L.* Sin embargo, no se cuenta con un programa de mejoramiento genético, por lo cual actualmente se están realizando investigaciones que sean las bases para iniciar con las actividades de mejora genética.

Este tema puede ser objeto de controversia y preocupación por algunas razones como lo son, la pérdida de la diversidad genética, las preocupaciones éticas sobre la modificación genética de los organismos, ya sea por razones relacionadas con el respeto a la naturaleza o por la preocupación sobre el impacto desconocido en la salud humana (Pacho, 2022).

La bioética nos enseña a abordar la importancia de estas preocupaciones de una manera equilibrada, considerando los beneficios potenciales del mejoramiento genético para la industria vitivinícola, como los posibles riesgos y preocupaciones. La regulación adecuada en transparencia y comunicación entre científicos, agricultores y consumidores es fundamental para abordar las preocupaciones de una manera efectiva.

2. METODOLOGÍA

En esta investigación se utilizó metodología descriptiva usando el método sintético. Para lo cual se buscaron artículos indexados en *Google Académico*, *Sciencedirect*. La búsqueda se realizó utilizando términos relacionados al mejoramiento genético en vid, con un enfoque a los cuatro principios de la bioética. La intención era identificar, analizar y sintetizar los artículos que abordaran el tema, donde se seleccionaron 13 artículos para la elaboración de este trabajo.

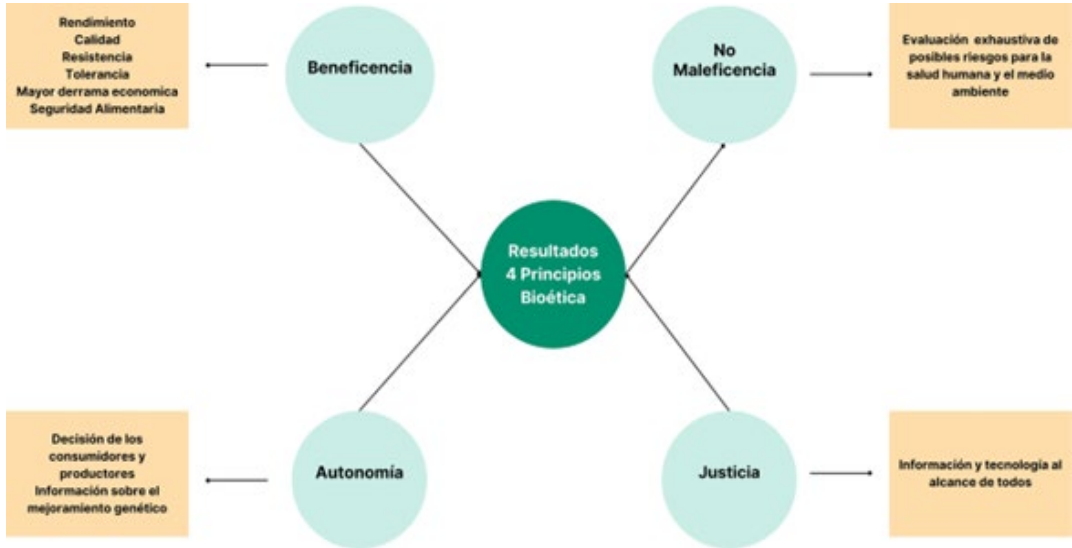


Figura 1. Mapa conceptual de la metodología y descripción de los cuatro principios de la bioética sobre las perspectivas del mejoramiento genético en vid (*Vitis Vinifera L.*)

3. RESULTADOS

3.1 Principio de Beneficencia

Al ser la vid (*Vitis Vinifera L.*) una de las plantas cultivadas más antiguas y grandemente asociada al desarrollo cultural (Vavilov 1930; Myles *et al.*, 2010), el mejoramiento genético de este cultivo es de gran interés, sobre todo la uva para elaboración de vinos. La elaboración de vinos se encuentra documentada en el período Neolítico, hace aproximadamente 7000 a 7400 años en el norte de Irak (McGovern, 1996). De ahí el cultivo se expandió por Europa, antes y después de la cristianización y se extendió ampliamente por el mundo durante la colonización a principios del siglo XV.

Las características de interés económico son aquellas asociadas a la calidad de la uva, su productividad, adaptación y resistencia a cambios climá-

tos, enfermedades y plagas. Estas características son las más relevantes en la toma de decisiones para el mejoramiento genético. Las actividades que se realizan para esto, se encargan de las evaluaciones exhaustivas de los rasgos importantes en la vid (Eibach & Töpfer, 2015). Los programas de mejoramiento genético buscan desarrollar variedades por medio de la selección de los genotipos óptimos, volviendo a las nuevas generaciones más fuertes, productivas y de calidad superior (Medrano *et al.*, 2018). Algunos aspectos benéficos y clave relacionados al mejoramiento genético son el aumentar la calidad alimentaria, buscando variedades de vid que ofrezcan beneficios nutricionales superiores, contribuyendo a la salud de los consumidores. Además, incremento de la productividad, desarrollando plantas con un mayor rendimiento ayudando a abordar la escasez de alimentos y ampliar la seguridad alimentaria a nivel global. La adaptación a condiciones adversas, creando variedades resistentes a plagas, enfermedades y condiciones climáticas extremas, contribuyendo así a la sostenibilidad agrícola y reduciendo la dependencia de pesticidas y otros insumos. Con la mejora del cultivo de la vid se desean obtener frutas con atractivo visual con respecto al color, tamaño y forma, así también cumplir con las características sensoriales como lo son el equilibrio del dulzor-acidez y sabor, para obtener jugos fermentables de buena composición que den como resultado vinos sobresalientes, mejorando así considerablemente el precio de venta del cultivo (Delrot *et al.*, 2020).

3.2 Principio de no maleficencia

La introducción de cultivos genéticamente modificados ha generado controversias en algunos casos, especialmente en relación con la seguridad alimentaria, la soberanía alimentaria y los posibles efectos a largo plazo en la salud humana y el medio ambiente (Ahmar, 2020). El principio de no maleficencia aplicado al mejoramiento genético implica tomar medidas cuidadosas para minimizar cualquier riesgo o daño potencial asociado con las modificaciones genéticas en la vid, asegurando que se realice una evaluación ética y exhaustiva de los posibles impactos (Gregorowius,

2012). Los puntos principales son el evaluar los riesgos antes de realizar cualquier modificación genética en la vid, analizando cuidadosamente los posibles riesgos y efectos que puedan dañar el medio ambiente, la biodiversidad y la salud humana (Rothschild, 2020). Otro aspecto importante a considerar es el impacto ambiental, evitando efectos secundarios al entorno natural y analizando la posibilidad de que las vides genéticamente modificadas se vuelvan invasivas o tengan efectos nocivos en los ecosistemas circundantes. Otro punto de igual importancia es la seguridad alimentaria, se debe garantizar que la modificación genética no impacte negativamente, involucrando la realización de pruebas exhaustivas para identificar cualquier posible alergenicidad o toxicidad (Bennett, 2013). La preservación de la biodiversidad es un asunto crucial, ya que evita la homogenización genética. En este sentido, promover la diversidad genética en la vid resulta esencial para garantizar la capacidad de adaptación de los cultivos a lo largo del tiempo.

3.3 Principio de Autonomía

El principio de autonomía en bioética se centra en respetar la capacidad de las personas para tomar decisiones informadas y actuar de acuerdo con sus propias creencias y valores. En el contexto del mejoramiento genético en uva, implica considerar la capacidad de los productores y consumidores para tomar decisiones relacionadas con la adopción o rechazo de cultivos mejorados genéticamente (Cróquer, 2006). Comprende la protección de las libertades y las capacidades de los individuos, el respeto a sus opiniones y elecciones. Para poder desarrollarlo, en el tema de las semillas transgénicas, es necesario tener una buena y correcta información de las alternativas que ofrece la biotecnología, lo cual permitirá la participación libre de las personas en la toma de decisiones. Los consumidores tienen derecho a recibir información sobre los productos que van a consumir, sobre los beneficios de los que podrían gozar y los posibles daños que podrían sufrir, si es que los hay, al consumir productos que deriven de transgénicos o genéticamente modificados. De esta forma, podrán optar entre consumirlos o no consumirlos, así como optar por otros tipos de cultivos (García, 2015).

Las innovaciones tecnológicas no son buenas ni malas, solo son herramientas. Por eso se debe respetar la capacidad del ser humano para actuar de manera autónoma y responsable y esto solo se puede lograr si es que la persona recibe información veraz acerca de este tema. Además del tema de la libertad para poder elegir, también es necesaria la responsabilidad; siendo responsable, la persona hace uso de los valores éticos que cada uno asume como individuo y como miembro de una sociedad (Lacadena, 2003). Al ser responsables podemos vincularnos libremente a los valores de nuestra sociedad sin ningún tipo de coacción, lo que nos permitirá elegir, no solo pensando en nuestros intereses, sino también considerando al resto de la sociedad de la que somos miembros, así como a las futuras generaciones.

3.4 Principio de Justicia

El principio de justicia en el mejoramiento genético de la uva (*Vitis vinifera*) se refiere a garantizar que los beneficios y los riesgos asociados con la modificación genética sean distribuidos equitativamente entre todos los involucrados, incluyendo agricultores, consumidores, investigadores y el medio ambiente (Buttel, 1986). El mejoramiento genético en uva implica considerar la equidad en los beneficios y riesgos asociados con las vides mejoradas genéticamente. Basándose en darle a cada uno lo que le corresponde, es importante que los agricultores, especialmente aquellos en regiones menos desarrolladas, tengan acceso a las variedades mejoradas genéticamente para incrementar la productividad y la resistencia a enfermedades (González, 2006). Otra cuestión importante es la consideración de los impactos sociales del mejoramiento genético, como el empleo de mano de obra local y la preservación de las prácticas culturales y tradicionales de las comunidades agrícolas (Mingyuan, 2018). Es fundamental promover tanto la transparencia como la participación pública, así como la investigación y el desarrollo de variedades mejoradas genéticamente. Además, se debe garantizar la inclusión de la sociedad en los procesos de toma de decisiones relacionados con su uso y comercialización.

4. CONCLUSIONES

El mejoramiento genético involucra una serie de implicaciones éticas que pueden ser examinadas bajo los cuatro principios de bioética. Algunas conclusiones generales al analizar el mejoramiento genético en relación con estos principios son: *Autonomía*: Es crucial garantizar que las personas afectadas por el mejoramiento genético puedan tomar decisiones informadas sobre su propia salud y la de su descendencia; *Beneficencia*: El mejoramiento genético tiene el potencial de generar importantes beneficios en términos de salud, productividad agrícola, y resistencia a enfermedades y estreses ambientales; *No maleficencia*: Es necesario implementar medidas para minimizar los posibles riesgos y efectos adversos asociados con el mejoramiento genético, tanto en temas de salud humana como de impacto ambiental; *Justicia*: Es esencial abordar las cuestiones de justicia distributiva en relación con el mejoramiento genético, asegurando que los beneficios y riesgos se distribuyan de manera equitativa entre diferentes grupos de personas y comunidades. En conclusión, el mejoramiento genético ofrece oportunidades valiosas para optimizar la salud humana y la seguridad alimentaria. Sin embargo, también plantea desafíos éticos que deben abordarse cuidadosamente para garantizar que se respeten los principios fundamentales de la bioética, promoviendo así el bienestar de todas las personas y el medio ambiente. Es importante tener en cuenta que no todos los factores pueden ser controlados, debido a las posibles amenazas externas.

5. REFERENCIAS

- Ahmar, S., Saeed, S., Khan, M. H. U., Ullah Khan, S., Mora-Poblete, F., Kamran, M., ... & Jung, K. H. (2020). A revolution toward gene-editing technology and its application to crop improvement. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(16), 5665.
- Bennett, A. B., Chi-Ham, C., Barrows, G., Sexton, S., & Zilberman, D. (2013). Agricultural biotechnology: economics, environment, ethics, and the future. *Annual Review of Environment and Resources*, 38, 249-279.

Buttel, F. H. (1986). Biotechnology and agricultural research policy: emergent issues. New directions for agriculture and agricultural research, neglected dimensions and emerging alternatives.

Cobb, J. N., Juma, R. U., Biswas, P. S., Arbelaez, J. D., Rutkoski, J., Atlin, G., Hagen, T., & Ng, E. H. (2019). Mejorar la tasa de ganancia genética en los programas de fitomejoramiento del sector público: Lecciones de la ecuación del fitomejorador.

Cróquer, Z. D. G. (2006). Aspectos bioéticos sobre las plantas transgénicos. *Encuentros en la Biología*, 1(112), 5-6

Eibach, R., & Töpfer, R. (2015). Traditional grapevine breeding techniques. En *Grapevine Breeding Programs for the Wine Industry* (pp. 3-22). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-1-78242-075-0.00001-6>

Fraga, H., Malheiro, A. C., Moutinho-Pereira, J., & Santos, J. A. (2012). An overview of climate change impactson European viticulture. *Food and Energy Security*, 1(2), 94-110. <https://doi.org/10.1002/fes3.14>

García, B. B. (2015). Los principios de la Bioética. *Prudentia Iuris*, (79), 269-280.

Gonzalez, C. G. (2006). Genetically modified organisms and justice: the international environmental justice implications of biotechnology. *Geo. Int'l Envtl. L. Rev.*, 19, 583.

González Vázquez, N. (2013). Determinar el efecto del clon sobre la producción y calidad de la uva para vinificación, en la variedad Shiraz (*Vitis vinifera* L).

Gregorowius, D., Lindemann-Matthies, P., & Huppenbauer, M. (2012). Ethical discourse on the use of genetically modified crops: A review of academic publications in the fields of ecology and environmental ethics. *Journal of agricultural and environmental ethics*, 25, 265-293.

Hannah, L., Roehrdanz, P. R., Ikegami, M., Shepard, A. V., Shaw, M. R., Tabor, G., Zhi, L., Marquet, P. A., & 487 Hijmans, R. J. (2013). Climate change, wine, and conservation. *Proceedings of the National Academy* 488

- of Sciences, 110(17), 6907-6912. <https://doi.org/10.1073/pnas.1210127110>
- Jansing, J., Schiermeyer, A., Schillberg, S., Fischer, R., & Bortesi, L. (2019). Genome editing in agriculture: technical and practical considerations. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(12), 2888.
- Lacadena, J. R. (2003). *Genética y bioética*. Milenio, 14-46.
- Medrano, H., Tortosa, I., Montes, E., Pou, A., Balda, P., Bota, J., & Escalona, J. M. (2018). Genetic Improvement of Grapevine (*Vitis vinifera* L.) Water Use Efficiency. En *Water Scarcity and Sustainable Agriculture in Semiarid Environment* (pp. 377-401). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813164-0.00016-8>
- Mingyuan, W., & Feng, J. (2018). Environmental Justice in the Context of Scientific Uncertainty: On the Safety of Genetically Modified Organisms. *Social Sciences in China*, 39(2), 58-76.
- Pacho Martínez, D. (2022). *Historia de la mejora genética de la vid*.
- Rothschild, J. (2020). Ethical considerations of gene editing and genetic selection. *Journal of general and family medicine*, 21(3), 37-47.
- Savi, T., García González, A., Herrera, J. C., & Forneck, A. (2019). Gas exchange, biomass and non-structural 521 carbohydrates dynamics in vines under combined drought and biotic stress. *BMC Plant Biology*, 522 19(1), 408. <https://doi.org/10.1186/s12870-019-2017-2>
- Tello, J., & Ibáñez, J. (2023). Review: Status and prospects of association mapping in grapevine. *Plant Science*, 529 327, 111539. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2022.111539>
- Wang, Z.-L., Xue, T.-T., Gao, F.-F., Zhang, L., Han, X., Wang, Y., Hui, M., Wu, D., Li, H., & Wang, H. (2021). Intraspecific recurrent selection in *V. vinifera*: An effective method for breeding of high quality, disease-, cold-, and drought -resistant grapes. *Euphytica*, 217(6), 111. <https://doi.org/10.1007/s10681-021-02851-7>



Capítulo 8
LOS 4 PRINCIPIOS DE LA BIOÉTICA
EN EL *TERROIR* DE LOS VIÑEDOS



María Ofelia De la Garza-Gutiérrez, Damián Aarón Porras-Flores,
Lorena Alejandra Tarín-Estrada

1. INTRODUCCIÓN

La bioética es una rama de la ética que se fundamenta en los avances científicos, enfocando las ciencias de la vida y la salud en todos los seres vivos, pero huyendo de posiciones extremas viendo todo desde un contexto de sustento y respeto. Para alcanzar sus objetivos, se fundamenta en cuatro principios bioéticos anatomía, beneficencia, no maleficencia y justicia, que han transformado esta disciplina en una de las más relevantes actualmente en relación con la ciencia (VIU, 2021).

En cualquier actividad que pueda afectar de alguna manera en una sociedad, deben existir estrategias que respalden criterios y valores tanto éticos como de preservar los principios fundamentales del vivir diario de los individuos dentro de una comunidad (Chávez, 2022).

En todo lo que se lleve a cabo, se presentará el enfoque que se aplicará a los principios bioéticos en la vitivinicultura haciendo énfasis al *terroir* de los viñedos establecidos en el Estado de Chihuahua.

Un “*terroir*” es un ecosistema en el que la vid interactúa con el suelo y el clima. El suelo tiene un impacto en la adaptación, crecimiento y madurez de la uva a través de condiciones edafoclimáticas, el abastecimiento de agua, así como la disponibilidad de minerales.

Por otra parte, encontramos que la temperatura del suelo tiene un impacto significativo en la fenología de la vid (Van-Leeuwen, C., Roby, J.P., Res-seguier 2018). Por tal motivo, la administración adecuada del suelo es esencial para asegurar su fertilidad, obtener resultados óptimos y respetar el entorno natural. En este sentido, la evaluación sistemática del suelo se vuelve un paso crucial para su manejo sostenible, ya que factores como su estructura, textura, contenido orgánico y microbioma influyen directamente en la salud de la vid y la calidad del vino (White, 2015).

Las propiedades propias de un suelo se fundamentan principalmente en su textura y estructura. La relevancia de estas propiedades es sumamente significativa, dado que de ellas depende el comportamiento del oxígeno y de la humedad en el suelo, lo cual contribuye a los fenómenos de aireación, de permeabilidad y de asfixia radicular. Asimismo, las propiedades físicas son más difíciles de modificar que las propiedades químicas, lo cual demuestra su interés desde el ámbito de la fertilidad de un suelo (Brady y Weil, 2016).

La composición química del suelo comprende la suma de la reacción de un suelo (pH) y de sus componentes químicos (nutrientes) Su evaluación es esencial para una mejor administración de la fertilización, cultivo y para seleccionar las plantas más apropiadas para obtener los mejores rendimientos de cosecha (White, 2015).

El agua de calidad es un elemento fundamental para la producción agrícola y desempeña un papel relevante en la seguridad alimentaria, los ingresos y los medios de vida de las comunidades rurales. Se emplea agua para el riego, la aplicación de fertilizantes, el enfriamiento de cultivos (por ejemplo, el riego ligero) y el control de heladas (Cancino-Opazo et al., 2021).

El término de calidad del agua se refiere a la característica del agua que puede afectar su adaptabilidad a un uso específico y se define por sus características físicas, químicas o biológicas (Ayers y Westcot, 1987).

La climatología, en sus palabras más sencillas, se define como la ciencia que estudia el clima. Se fundamenta en los principios fundamentales del conocimiento de cada uno de los elementos o variables que conforman el clima y sus interacciones; se valora la estadística para convertirlos en información (Olcina, 2020).

Su relevancia se debe a la influencia que tienen las diversas variables climáticas en los seres vivos. Dado que la temperatura es esencial para controlar y regular la actividad enzimática de innumerables organismos o los peligros ambientales, agrícolas y sociales que implican el incontrolable comportamiento de las lluvias. Es evidente que el clima es fundamental en las diversas actividades humanas, especialmente en la agricultura (Flores et al., 2020).

La climatología comienza a usarse como herramienta en la agricultura, debido a la generación de información que pueda aplicarse en cualquier planificación agrícola (Ríos et al., 2020).

La vid, al igual que cualquier vegetal, requiere cumplir su ciclo vegetativo de un volumen específico de agua, lo cual varía en función del clima, suelo, estado vegetativo y clase de vid cultivada (Aurand, J.M 2018).

Por lo cual debemos tener en cuenta estos principios que aseguren la ética de los procedimientos y decisiones al momento de llevar a cabo el análisis descriptivo y los objetivos del presente.

La Organización Internacional de Viñas y el Vino (OIV), menciona que la vitivinicultura sostenible es un eje prioritario que viene trabajando desde 1997, particularmente en la preservación de la biodiversidad, producción orgánica y en el desarrollo de la vitivinicultura sostenible (OIV. 2017).

Dentro del *terroir* se involucra una compleja interacción entre el clima, el suelo, la geología y la viticultura, las cuales influyen en el carácter y la calidad de un vino de una variedad de uvas, portainjerto y técnicas de viticultura determinadas. La cuestión más relevante es la disponibilidad de agua, que es una característica del clima (lluvia y humedad) y la capacidad de retención de agua del suelo, además, la estructura del suelo refleja la historia geológica de una zona y puede haber evolucionado a lo largo de millones de años bajo la influencia de las inundaciones, la meteorización y la mineralogía del lecho rocoso (Meinert, 2018).

2. METODOLOGÍA

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo y de carácter exploratorio, mediante un estudio de gabinete orientado al análisis teórico. El objetivo fue identificar y analizar la relación entre los principios fundamentales de la bioética y el concepto de *terroir* en el ámbito vitivinícola, considerando sus implicaciones en la sostenibilidad, la equidad y la ética en la producción de vino.

La investigación bibliográfica consistió en una revisión sistemática de fuentes académicas y técnicas. Se consultaron artículos científicos publicados en revistas indexadas en el sistema CONACYT, así como en bases de datos de acceso abierto como SciELO, Redalyc, entre otros. Asimismo, se incluyeron documentos emitidos por secretarías y dependencias de gobierno vinculadas al sector agrícola, tesis de posgrado (maestría y doctorado) y libros especializados en bioética, agricultura sustentable y vitivinicultura.

El análisis de contenido se centró en obras que abordan los cuatro principios fundamentales de la bioética autonomía, beneficencia, no

maleficencia y justicia, y, su posible aplicación en el contexto del manejo ético del *terroir*. En particular, se indagó cómo estos principios pueden orientar las decisiones de los productores de vid en cuanto al diseño de agroecosistemas, la adopción de buenas prácticas agrícolas, el respeto por la diversidad sociocultural y el acceso equitativo a la información y los beneficios derivados de la actividad productiva.

La figura 1 ilustra la vinculación conceptual entre los principios bioéticos y los componentes del *terroir*, entendidos estos como el conjunto de factores naturales, culturales y humanos que influyen en la calidad del vino. Esta aproximación busca no solo promover la reflexión ética en la producción vitivinícola, sino también fomentar una práctica agrícola más justa, informada y sostenible.

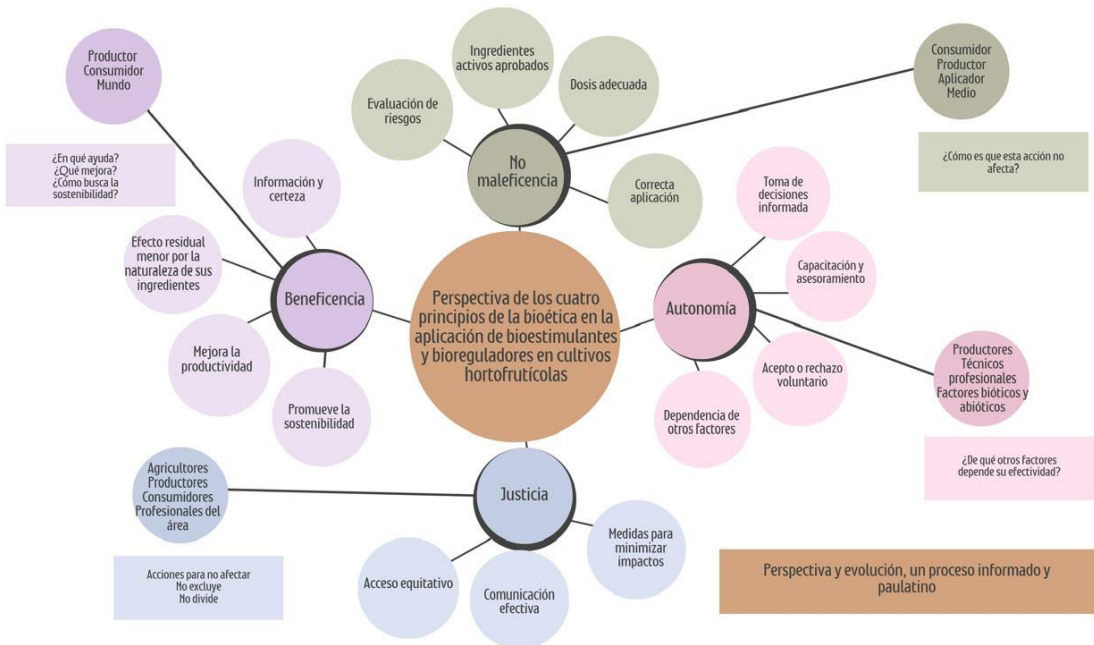


Figura 1. Principios bioéticos relacionados con el *terroir* de los viñedos.

3. RESULTADOS

3.1. Principio de beneficencia

El principio de beneficencia constituye una obligación moral, especialmente en el ámbito científico y agrícola, que implica actuar siempre en beneficio de los demás. En términos generales, se refiere a “hacer el bien” (VIU, 2021). En el contexto de la vitivinicultura, este principio adquiere una dimensión práctica: los profesionales del campo tienen la responsabilidad de implementar prácticas agrícolas que favorezcan no solo al viñedo, sino también al entorno natural y social que lo rodea.

Sin embargo, este principio puede entrar en tensión con el de autonomía. Por ejemplo, es posible que un especialista recomiende un tratamiento benéfico para el cultivo, mientras que el propietario del viñedo lo rechace por diversas razones. En tales casos, debe prevalecer la autonomía del productor, aunque el principio de beneficencia actúe como guía ética en la toma de decisiones que busquen proteger el bienestar del cultivo y anticipar consecuencias negativas (UNIR, 2024).

Desde una perspectiva bioética y agroecológica, resulta indispensable diseñar agroecosistemas integrados que consideren el entorno natural, los objetivos productivos y las características del suelo. Esto incluye la selección adecuada de variedades y portainjertos adaptados a las condiciones edafoclimáticas y con resistencia genética a plagas específicas. Asimismo, debe contemplarse un manejo integral del viñedo que abarque prácticas sostenibles como la programación eficiente de riegos, podas racionales, control ecológico de plagas y reducción en el uso de insumos químicos (Altieri y Nicholls, 2020).

La implementación de portainjertos resistentes se perfila como una estrategia clave no solo desde el punto de vista agronómico, sino también ético, ya que contribuye a minimizar riesgos para la salud humana y el ambiente, al reducir el uso de pesticidas y garantizar productos más limpios. Además, el análisis previo de las condiciones climáticas y edáficas en zonas potenciales para la viticultura puede prevenir la aparición de

plagas, fomentando una producción estable, saludable y con bajo impacto ambiental, en coherencia con los principios bioéticos de sostenibilidad y responsabilidad intergeneracional (Pérez et al., 2019).

Es fundamental que los estudios e investigaciones sobre viñedos no solo generen conocimiento técnico, sino que también otorguen beneficios tangibles a los propietarios, proporcionándoles diagnósticos precisos sobre las problemáticas en sus cultivos y alternativas viables para corregir prácticas inadecuadas. Esto no solo favorece la productividad y la calidad del vino, sino que también dignifica el trabajo agrícola al incorporar principios de equidad y justicia ambiental (SEMARNAT, 2024).

En el caso particular del estado de Chihuahua, donde el cultivo de la vid es aún incipiente, la falta de información ha limitado la adopción de prácticas sostenibles. No obstante, la vid ha sido promovida como un cultivo alternativo frente a los desafíos ambientales, especialmente relacionados con el uso del agua. Su adaptación a las condiciones edafoclimáticas locales y su eficiencia hídrica la posicionan como una alternativa estratégica para la región (Ruiz, 2022).

Adicionalmente, como lo señalan Porras et al. (2024) en su investigación “Rural: la viticultura como oportunidad de desarrollo rural en el estado de Chihuahua”, la vitivinicultura representa una importante fuente de empleo para comunidades rurales. Los datos revelan que el ingreso mensual promedio de los trabajadores informales del sector vitivinícola ronda los \$7,500 pesos, cifra considerablemente superior a la de otros sectores agrícolas. Este aspecto fortalece el principio de beneficencia, al contribuir al bienestar económico de las familias rurales y al desarrollo territorial con enfoque ético y sustentable.

3.2 Principio de no maleficencia

El principio de no maleficencia, uno de los pilares fundamentales de la bioética, se resume en el deber moral de “no causar daño”. Se trata de una norma universal, presente en la mayoría de las culturas, que promueve el

respeto hacia los demás y hacia el entorno natural (VIU, 2021). A diferencia del principio de beneficencia, que busca hacer el bien, la no maleficencia establece una obligación aún más estricta: evitar activamente cualquier acción que pueda provocar daño, directa o indirectamente (UNIR, 2024).

En el ámbito agrícola, y particularmente en la viticultura, este principio se vulnera cuando no se consideran las condiciones agroecológicas necesarias para establecer un viñedo. La ausencia de un diseño de agroecosistema adecuado puede conducir a una mala adaptación de la vid, al uso de material vegetal poco resistente a plagas, y a la implementación de prácticas de manejo ineficientes. Como consecuencia, los productores se ven obligados a recurrir al uso intensivo de recursos externos como maquinaria, combustibles fósiles, fertilizantes sintéticos y pesticidas, lo cual afecta tanto a la salud del ecosistema como a la sostenibilidad del cultivo. Esta dependencia genera impactos negativos significativos en el entorno, atentando contra los principios bioéticos y ambientales que deberían regir la producción agrícola (Pérez et al., 2019).

La planificación responsable de los sistemas de producción vitícola debe considerar factores jerárquicos, como el clima (con un análisis detallado de sus indicadores), el tipo de suelo, la elección de la planta (especie, variedad, portainjerto) y el manejo técnico de acuerdo con los objetivos productivos. Este diseño no solo responde a las exigencias del consumidor moderno, que demanda productos más saludables, sino también al compromiso del productor con la preservación de los recursos naturales y al cumplimiento de una responsabilidad social ambiental (Pérez et al., 2019).

El principio de no maleficencia también implica una actitud ética en la comunicación entre actores del sector vitícola. Si se detectan problemas en las prácticas agrícolas, la solución no debe consistir en señalar o culpar a otros productores, sino en compartir los hallazgos de manera propositiva, generando alternativas que mejoren la calidad del viñedo y optimicen su rendimiento, bajo un enfoque de colaboración y mejora continua (SADER, 2022).

Entre las estrategias disponibles para mitigar daños ambientales y sanitarios, se destaca el uso de portainjertos resistentes, los cuales permiten

reducir significativamente la aparición de plagas y, por ende, el uso de pesticidas (Puiggrós-Jové, 2013). El uso excesivo de estos insumos ha sido vinculado con diversos riesgos para la salud humana, como lo han documentado McGlynn et al. (2006), Coyle (2004) y Snedeker (2001). Por ello, se subraya la urgencia de transitar hacia modelos productivos sustentables que minimicen el uso de sustancias tóxicas.

Finalmente, el principio de no maleficencia también se refleja en el uso responsable del agua. El cultivo de vid mediante portainjertos tolerantes a la sequía representa una oportunidad para reducir el consumo hídrico en regiones vulnerables, como muchas zonas vitícolas de México. Esta estrategia no solo protege los recursos hídricos, sino que refuerza el compromiso ético con el ambiente y con las generaciones futuras (Vargas-González et al., 2019; Pérez et al., 2019).

3.3 Principio de autonomía

El principio de autonomía, en el ámbito bioético, se refiere al derecho de cada persona no solo a ejercer libremente su voluntad, sino también a transformar su entorno en función de sus propios valores, siempre y cuando ello no cause daño a terceros (Sarmiento, 2018). Este principio cobra relevancia particular en el contexto de los viñedos, donde el consentimiento y la participación activa de los productores y demás actores involucrados deben ser condiciones fundamentales para toda decisión que afecte la gestión del cultivo (Vidal, 2018).

Desde esta perspectiva, la autonomía implica reconocer la capacidad de las personas para tomar decisiones informadas sobre su actividad productiva, incluso si esas decisiones pudieran implicar cierto riesgo o no coincidir con recomendaciones técnicas externas (VIU, 2021). Así, los especialistas o asesores pueden formular propuestas orientadas al beneficio del cultivo, como la implementación de prácticas sostenibles o el uso racional de insumos, pero la decisión final recaerá exclusivamente en el productor, quien tiene la autoridad legítima para aceptarlas o no.

La autonomía también se manifiesta en dos niveles complementarios. En primer lugar, como la facultad del productor para establecer sus propios objetivos de producción, discutir los medios más eficaces y éticos para alcanzarlos, y ejercer su libertad dentro de un marco de valores compartidos. En segundo lugar, como parte de una red de relaciones interdependientes, donde las decisiones individuales afectan y son afectadas por el entorno social, económico y ambiental. Desde esta visión, la autonomía no es únicamente un acto individual, sino una meta social que debe ser promovida activamente por la comunidad y las instituciones (González, 2022).

Aunque el presente estudio reconoce plenamente la autonomía de los viticultores en la toma de decisiones, también busca fomentar una reflexión ética sobre el manejo de los viñedos. Se propone acompañar a los productores con información técnica, diagnósticos y alternativas que les permitan adoptar prácticas más sostenibles, en armonía con los principios bioéticos. La finalidad no es imponer medidas, sino contribuir a una viticultura consciente, respetuosa del entorno y socialmente responsable, donde la autonomía se ejerza con conocimiento y compromiso.

3.4. Principio de justicia

El principio de justicia, dentro de la bioética, se fundamenta en la equidad y en el derecho de cada persona a recibir un trato digno e igualitario. En el contexto agrícola, sin embargo, el desarrollo muchas veces se orienta hacia la acumulación de capital, priorizando la rentabilidad sobre el bienestar colectivo. Esto genera escenarios donde el crecimiento económico tiende a concentrarse en intereses individuales o empresariales, dejando de lado a quienes participan desde condiciones más vulnerables del sistema productivo (Sarmiento, 2018).

Desde una perspectiva ética, la justicia implica “dar a cada quien lo que le corresponde”, buscando aplicar criterios de igualdad sustantiva y reducir al mínimo cualquier forma de discriminación estructural (VIU, 2021). Este principio sostiene que todos los actores del sistema agrícola sin distinción de género, nivel educativo o condi-

ción socioeconómica deben tener acceso a los beneficios derivados del avance científico y tecnológico, así como a condiciones laborales y de desarrollo equitativas.

En la viticultura del estado de Chihuahua, el principio de justicia se manifiesta particularmente en la generación de empleos y en la disminución de brechas de género. Según datos recientes, en esta región la participación femenina ha cobrado gran relevancia en todas las etapas de la cadena productiva del vino. Porras et al. (2024) destacan que el 41 % de los empleos formales e informales en el sector vitivinícola están ocupados por mujeres, quienes se desempeñan tanto en labores operativas como en cargos directivos. Este dato es significativo en un contexto donde la agricultura tradicionalmente ha estado dominada por hombres, y representa un avance en la construcción de una viticultura más inclusiva y justa.

Además, en este estudio se ha procurado mantener un enfoque ético en el tratamiento de la información. Los datos recabados fueron analizados bajo principios de respeto, dignidad y justicia, evitando cualquier comparación que pudiera perjudicar la imagen de algún viñedo o productor frente a la comunidad. El objetivo no es señalar deficiencias, sino identificar oportunidades de mejora compartida, respetando la diversidad de realidades que existen en el campo vitivinícola.

Así, el principio de justicia en los viñedos no solo se expresa en la distribución equitativa de los beneficios económicos, sino también en la promoción de prácticas inclusivas, la eliminación de barreras de acceso y la garantía de que todos los actores, sin distinción, participen de manera activa y digna en el proceso de producción sostenible del vino.

4. CONCLUSIONES

La aplicación de los principios bioéticos al contexto vitivinícola permite visibilizar una dimensión ética y humanista frecuentemente relegada en los

debates sobre producción agrícola. Lejos de concebir el *terroir* únicamente como un conjunto de factores naturales que determinan la calidad del vino, este estudio propone una visión más amplia, donde el respeto por el entorno, la equidad social y la autonomía de los productores forman parte esencial del diseño y manejo de los agroecosistemas.

El principio de beneficencia plantea la obligación moral de adoptar prácticas agrícolas que generen bienestar no solo para el cultivo, sino también para las personas involucradas y el medio ambiente. En este sentido, la promoción de prácticas sostenibles, como el uso de portainjertos resistentes y el manejo integrado del viñedo, se configura como una vía ética y agronómicamente eficiente para mejorar la productividad y reducir impactos negativos.

Por su parte, el principio de no maleficencia enfatiza la responsabilidad de evitar cualquier acción que pueda dañar a las personas, los ecosistemas o la salud del suelo. Las consecuencias del uso excesivo de pesticidas, la sobreexplotación del agua y la expansión no planificada de cultivos deben considerarse desde una perspectiva crítica y preventiva, promoviendo alternativas basadas en el conocimiento técnico y el respeto por la vida.

En cuanto a la autonomía, se reconoce el derecho de los viticultores a tomar decisiones informadas sobre sus prácticas productivas. La función de la bioética, en este marco, no es imponer directrices, sino ofrecer acompañamiento técnico y ético que permita al productor elegir con libertad y responsabilidad, en beneficio de su entorno y comunidad.

Finalmente, el principio de justicia adquiere particular relevancia al señalar la importancia de una distribución equitativa de los beneficios de la vitivinicultura. La creciente participación de mujeres en la cadena productiva del vino en Chihuahua evidencia avances importantes hacia la inclusión, sin embargo, aún es necesario fomentar condiciones laborales, sociales y económicas más justas que reconozcan el valor de todos los actores involucrados.

Este capítulo propone, por tanto, que la ética no sea un componente externo a la viticultura, sino un eje transversal que guíe la toma de decisiones

desde el cultivo hasta la comercialización. Solo así será posible consolidar un modelo de producción verdaderamente sustentable, socialmente responsable y coherente con la riqueza cultural, ambiental y humana que representa el *terroir* vitivinícola

Este análisis genera discusión que puede beneficiar a los agricultores, tanto en las prácticas agrícolas como en la toma de decisiones. Siempre intentando que las soluciones y propuestas de mejoras o prácticas sean exclusivamente recomendadas a cada productor y que sea él quien decida si lo desea o no aplicar en su viñedo. No se debería intentar imponer soluciones de corrección o que puedan ser relevantes para el viñedo, se debe tener en cuenta la autonomía y las decisiones.

De igual modo, tener en cuenta que la información obtenida con el presente estudio debe ser compartida con los viticultores como una herramienta para su mejora. Durante la investigación, es fundamental que los análisis de cada uno de los viñedos se les brinden exclusivamente a sus propietarios, teniendo en cuenta un criterio de discrecionalidad para no revelar los datos a otros productores que pertenecen al viñedo.

Lo que pudiera ser beneficioso y adecuado para unos puede no serlo para otros. Por lo tanto, es necesario ampliar el panorama de modo que al establecer y detonar nuevas áreas de cultivos se consideren los factores económicos, los recursos naturales y se aborde la parte bioética y sustentable para salvaguardar el medioambiente y el cuidado de la salud de las futuras generaciones en el mundo.

5. REFERENCIAS

- Aurand, J-M (2018). OIV Protocol for the sustainable use of water in viticulture. Organisation of wine and wine strategic plan 2015-2019.
- Ayers, R. S., y Westcot, D. W. (1987). Calidad del agua para la agricultura.
- Brady, N. C., y Weil, R. R. (2016). The nature and properties of soils (15th ed.). Pearson.

Cancino-Opazo, L.P.; Acosta-Martínez, A.I. & Avendaño-Ruiz, B.D. (2021). Sostenibilidad de la producción vitivinícola del Valle de Guadalupe.

Chávez Bernal, O. (2022). La praxis ética en el personal directivo, administrativo y docente de instituciones educativas del sector privado de la ciudad de Morelia (Doctoral dissertation, Universidad Vasco de Quiroga).

Coyle, Y. M. (2004). The effect of environment on breast risk. *Breast Cancer Research and Treatment*, 84, 273-788.

De la Cruz, A. (2022). Bioética y justicia global. Análisis crítico sobre la estrategia global de vacunación COVID-19. <http://orcid.org/0000-0001-7333-0834>

Flórez, J. M., Ibáñez, J. M. A., & Bejarano, J. L. R. (2020). Efectos estacionales del clima en viñedos: caso en Uruguay.

Góngora-Rosado, M. A. (2016). Propuestas de prácticas sustentables en la industria vitivinícola de Baja California, México (Tesis de maestría). El Colegio de la Frontera Norte.

González, C. (2022). Autonomía en bioética: críticas y re-definiciones. *Isegoría*, (67), e12. <https://doi.org/10.3989/isegoria.2022.67.12>

<http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/distritofederal/boletines/Paginas/JACo443-1.aspx>

McGlynn, K. A., Abnet, C. C., Zhang, M., Xiu-Di, S., Jin-Hu, F., O'Brien, T. Meinert, Lawrence D. (2018). The Science of *Terroir*. *Elements* (2018) 14 (3); 153-158. <https://doi.org/10.2138/gselements.14.3.153>

Olcina, J. (2020). Clima, cambio climático y riesgos climáticos en el litoral mediterráneo. *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, 66(1), 159-182.

Organización Internacional de la Viña y el Vino. OIV (2017). El vino y la Sostenibilidad. Recuperado de <http://www.oiv.int/es/viticulture/el-vino-y-la-sostenibilidad>

Pérez Leal, R., Maya Meraz, I., Orduño Cruz, N., & Jacobo Cuéllar, J. (2019). Nuevas zonas vitivinícolas en México: concientización para la pre-

vención de filoxera en ámbito bioético y sustentable. CIENCIA Ergo-sum, 26(3). doi:10.30878/ces.v26n3a10.

Porras Flores, Damian Aaron; Tarin Estrada, Lorena Alejandra; Anchondo Paredes, Carlos Alberto y Aguirre Aviles, Edmundo (2024). Vulnerabilidad rural: la viticultura como oportunidad de desarrollo rural en el estado de Chihuahua. *Revista Biológico Agropecuaria Tuxpan*, 12(1), 232–243. ht-tps://doi.org/10.47808/revistabioagro.v12i1.557.

P. R., Katki, H., Mark, S. D., & Qiao, Y. L. (2006). Serum concentrations of 1,1,1-trichloro-2,2-bis p-chlorophenyl ethane (DDT) and 1,1-dichloro-2,2-bis p-chlorophenyl ethylene (DDE) and risk of primary liver cancer. *Journal of the National Cancer Institute*, 98(14), 1005-1010.

Ríos, D. A., Llanos Herrera, L., Muñoz, A., & Giraldo Méndez, D. C. (2020). Implementación de Servicios Integrados Participativos de Clima para la Agricultura (PICSA) en Boyacá, Colombia Municipios de Corrales, Betéitiva, Busbanzá y Tasco. CCAFS Working Paper.

Ruiz-Carvajal, JS. (2022). La importancia del riego en la vid. INTAGRI. Instituto para la Innovación Tecnológica en Agricultura. Serie Frutales. Núm. 92. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 4 p.

R., Wen-Qiang, W., Ortiz-Conde, B. A., Dawsey, S. M., Weber, J. P., Taylor, SADER. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (2022). Buenas prácticas agrícolas en pro de la agricultura y el medio ambiente.

Sarmiento, L. (2018). “Para Juanito”. Bioética y Educación Ambiental. Por el derecho de los pueblos a un desarrollo sustentable. *Revista de Educación popular y pedagogías críticas*. Segunda etapa/Año 7/Nº17. Fundación La Salle. Argentina.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa, 2016a). Se reincorpora México a la Organización Internacional de la Viña y el Vino. Recuperado de:

SEMARNAT. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (2022). Estudio de riesgo e impacto ambiental

Snedeker, S. M. (2001). Pesticides and breast cancer risk: A review of DDT, DDE, and dieldrin. *Environmental Health Perspectives*, 109, 35-47.

Unir. La Universidad en Internet (2024). Los 4 principios básicos de la Bioética y su importancia. www.net/salud/revista/principios-bioética

Van-Leeuwen., Roby, J.P., Ressequier, L (2018). Soil-related terrior factors: a review. *OENO One*, Institute des Sciences de la Vigne et du vin (Université de Bordeaux), In press, 52(2), pp.173-188 10.20870/oeno-one.2018.52.2.2208. hal-02536975.

Vargas-González, Gabriela, Álvarez-Reyna, Vicente de Paul, Guijón-López, César, Cano-Ríos, Pedro, & García-Carrillo, Mario. (2019). Impacto ambiental por uso de plaguicidas en tres áreas de producción de melón en la Comarca Lagunera, México. *CienciaUAT*, 13(2),113-127. <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v13i2.1141>

Vidal, S. (2018). “Para Juanito”. *Bioética y Educación Ambiental*. Por el derecho de los pueblos a un desarrollo sustentable. *Revista de Educación popular y pedagogías críticas*. Segunda etapa/Año 7/Nº17. Fundación La Salle. Argentina.

VIU. Universidad Internacional de Valencia (2021). *Ciencia y Tecnología*. Los 4 grandes principios bioéticos.

White, R. E. (2015). *Understanding vineyard soils* (2nd ed.). Oxford University Press. ISBN: 9780199342068.



Capítulo 9
EL MEZQUITE: EXPLORACIÓN DE
SUS PROPIEDADES DESDE UNA
PERSPECTIVA BIOÉTICA



Telma Gricelda Torres-López, María Antonia Flores-Córdova,

Esteban Sánchez-Chávez

1. INTRODUCCIÓN

El género *Prosopis*, comúnmente conocido como mezquite, es un grupo de árboles y arbustos que desempeñan un papel crucial en los ecosistemas áridos y semiáridos a nivel global (NCBI, 2024). Pertenecientes al orden Fabales y a la familia Fabaceae se clasifican como plantas dicotiledóneas (NCBI, 2024; cuadro I) se incluyen más de 40 especies. Además, son altamente valoradas por su capacidad para fijar nitrógeno y adaptarse a condiciones de sequía, lo que las convierte en un recurso vital en regiones con escasez de agua (Pournavab *et al.* 2024; Ruiz *et al.*, 2020). Su nombre común suele asociarse con *Prosopis juliflora* (Sw), una especie originaria de México, el Caribe, América Central y América del Sur (Mojica-Guerrero *et al.*, 2013; Castro-Díez *et al.*, 2019). Dentro del género, se reconocen cinco grupos taxonómicos: *Prosopis* y *Anonychium*, que se encuentran en áreas afroasiáticas; *Monilicarpa*, nativa de Argentina; *Strombocarpa*, distribuida en América del Norte y del Sur; y *Algarobia*, presente en zonas desérticas y semiáridas de Estados Unidos, México, la costa del Pacífico en Centroamérica, las costas de Colombia y Venezuela, islas del Caribe, Ecuador y sur de Argentina. Sin embargo, el grupo *Algarobia* plantea desafíos en la definición de sus taxones debido a los procesos de hibridación (Palacios, 2006).

El mezquite puede crecer como arbusto o árbol pequeño, con alturas que oscilan entre cuatro y veinte metros y un patrón de pérdida estacional de hojas. Su hábitat se encuentra en regiones áridas, con precipitaciones anuales inferiores a 100 mm, y tolera temperaturas superiores a 40 °C (Mojica-Guerrero *et al.*, 2013). El fruto, en forma de vaina aplanada de 10 a 20 cm de largo, es amarillo-verdoso y cuelga en racimos. Su corteza es oscura y rugosa, mientras que el tallo, de color verde-marrón, presenta una forma retorcida. Tiene espinas axiales en nudos y ramas, junto con brotes emparejados. Las hojas bipinnadas son verde azuladas, con folíolos verde oscuro (Weber, 2007). Las flores, pequeñas y de 4 a 6 mm, están organizadas en densos racimos cilíndricos con forma de espiga, conteniendo hasta 400 flores (Weber, 2007). La diversidad morfológica del género *Prosopis* es notable, con variaciones significativas en la arquitectura foliar

que reflejan su adaptabilidad a diferentes condiciones ambientales (Pournavab *et al.*, 2024). Esta diversidad genética y morfológica no solo es un desafío para su clasificación taxonómica, sino que también ofrece oportunidades para su desarrollo y cultivo dirigido a satisfacer demandas específicas (Ruiz *et al.*, 2020).

Por su importancia ecológica, los mezquites tienen múltiples usos económicos y culturales. Actúan como especies clave en el equilibrio del nitrógeno y el carbono en los suelos de ambientes áridos y semiáridos, contribuyendo a la biodiversidad al proporcionar refugio y alimento a diversas especies (Ruiz *et al.*, 2020). El mezquite es un recurso natural ampliamente presente en las zonas áridas y semiáridas de México, con relevancia histórica y actual para numerosas comunidades. Desde tiempos precolombinos, este árbol ha sido esencial para las culturas nómadas, que lo utilizaban como fuente de alimento, combustible y en prácticas medicinales. Actualmente, su versatilidad sigue siendo destacada: sus vainas sirven como forraje para animales y alimento humano, mientras que su resina se emplea en la fabricación de productos como pegamentos y barnices. Además, se utiliza en construcción, como fuente de energía y en la producción de miel gracias a sus flores. Su cultivo y mejoramiento han sido propuestos por expertos debido a su variabilidad genética, lo que lo posiciona como un recurso valioso para la industria forestal. La madera del mezquite, resistente y duradera, es ideal para fabricar muebles, puertas, ventanas, pisos, decoraciones y artesanías, además de ser una excelente opción como leña y carbón. Sin embargo, también pueden ser considerados invasores en ciertas regiones, donde su expansión puede alterar los ecosistemas locales y representar desafíos para la salud humana debido a su polen altamente alergénico (Hussain *et al.*, 2020).

Se ha identificado que al menos 19 especies del género *Prosopis* tienen propiedades beneficiosas (Castro-Díez *et al.*, 2019). Entre estos, destacan *Prosopis glandulosa* (mezquite miel), *Prosopis pubescens* (mezquite tornillo) y *Prosopis velutina* (mezquite terciopelo), debido a su amplia distribución en el norte de México y el sur de Estados Unidos (Weber, 2007). Estas especies producen vainas con semillas que son consumidas por per-

sonas, ganado y fauna silvestre (Weber, 2007). Sin embargo, *P. juliflora* representa un caso particular, ya que su consumo exclusivo, especialmente durante períodos de sequía extrema, puede ser perjudicial para el sistema nervioso central de los animales. Esto se atribuye a la presencia de alcaloides como la juliprosopina y la juliprosina, que afectan las neuronas motoras y pueden provocar gliosis (Da Silva, da Silva, e Silva & Costa, 2018). En cuanto a la composición de las vainas de mezquite, el contenido de proteínas varía entre un 9% y un 18%, mientras que los niveles de azúcares oscilan entre un 15% y un 40%, dependiendo de la especie (Oduol, Felker, McKinley y Meier, 1986).

El mezquite ha demostrado un notable potencial farmacológico en el tratamiento de diversas patologías, incluyendo infecciones microbianas, Alzheimer, diabetes y cáncer. Sus extractos poseen propiedades antioxidantes, antieméticas, cicatrizantes, analgésicas, antihelmínticas, atribuibles a su contenido de compuestos fenólicos, alcaloides, flavonoides y taninos (Henciya *et al.*, 2017).

Entre las especies de mayor relevancia medicinal se encuentran *P. spicigera*, *P. granulosa*, *P. cineraria*, *P. alba*, *P. juliflora*, *P. africana*, *P. farcta*. Estas especies, utilizadas en la medicina tradicional, han sido empleadas para tratar una amplia gama de afecciones, tales como infecciones respiratorias, asma, fiebre, diarrea, conjuntivitis, diarrea, auditivas y hepáticas, así como sarna, reumatismo, pediculosis, dolores relacionados con el parto, entre otras enfermedades (Sharifi-Rad *et al.*, 2019).

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del mezquite (NCBI, 2024)

Reino	<i>Viridiplantae</i>
División	<i>Streptophyta</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Orden	<i>Fabales</i>
Familia	<i>Fabaceae</i>
Subfamilia	<i>Caesalpinioideae</i>
Género	<i>Prosopis</i>
Especies	<i>Prosopis tamarugo</i> , <i>P. africana</i> , <i>P. spicigera</i> , <i>P. ruizlealii</i> , <i>P. caldenia</i> , <i>P. hassleri</i> , <i>P. glandulosa</i> , <i>P. ruscifolia</i> , <i>P. pubescens</i> , <i>P. articulata</i> , <i>P. strombulifera</i> , <i>P. castellanosi</i> , <i>P. reptans</i> , <i>P. burkartii</i> , <i>P. velutina</i> , <i>P. pallida</i> , <i>P. limensis</i> , <i>P. humilis</i> , <i>P. denudans</i> , <i>P. rubriflora</i> , <i>P. torquata</i> , <i>P. rojasiana</i> , <i>P. elata</i> , <i>P. campestris</i> , <i>P. alpacato</i> , <i>P. sericantha</i> , <i>P. cineraria</i> , <i>P. palmeri</i> , <i>P. ferox</i> , <i>P. juliflora</i> , <i>P. laevigata</i> , <i>P. farcta</i> , <i>P. tamaulipana</i> .

Como propósito de esta revisión es exponer el conocimiento existente acerca de las propiedades del mezquite visualizándolo desde una perspectiva bioética.

2. METODOLOGÍA

Este estudio se enfoca en examinar la utilidad del árbol de mezquite a través de una revisión de artículos publicados en Google Académico, Scielo y PubMed del año 2024 y otras fuentes anteriores. La clasificación taxonómica actualizada del mezquite, año 2024, se encuentra disponible en el cuadro 1. Se usa una metodología descriptiva utilizando el método sintético. Las regiones donde este árbol abunda, pueden beneficiar al satisfacer demandas sociales y económicas, al mismo tiempo que se aprovechan sus propiedades para mejorar la salud y el bienestar de las personas, buscando

abordar las necesidades sociales y económicas en las regiones donde este árbol se encuentra en abundancia, aprovechando sus beneficios para promover la salud y el bienestar humano.

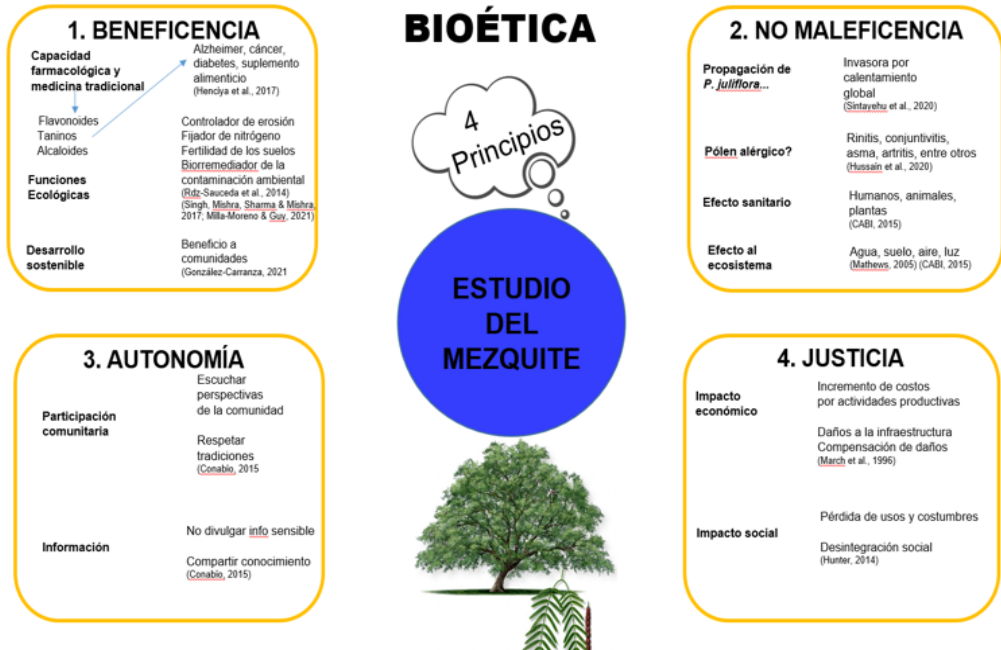


Figura 1. Descripción metodológica del mezquite, exploración de sus propiedades desde una perspectiva bioética.

3. RESULTADOS

3.1 Principio de beneficencia

A partir del inicio de la historia, la conexión entre las plantas y los humanos ha sido crucial. A pesar de los avances tecnológicos y las alteraciones en el entorno resultante de las acciones humanas, las plantas siguen siendo vitales para nuestra supervivencia, proporcionando alimentos y soluciones a nuestras necesidades básicas. El conocimiento sobre las plantas y sus usos son fundamentales para nuestra economía, sociedad y seguridad

futura. Por eso, hoy más que nunca, explorar y entender las propiedades de las plantas es esencial para nuestra vida.

En todo el mundo, se usan unas 50,000 especies de plantas para propósitos medicinales, mayormente en medicina tradicional o junto con tratamientos farmacológicos. Aunque la mayoría de los medicamentos son sintéticos, muchas de sus estructuras se originan en productos naturales (Uruti et al., 2018 & Rossato *et al.*, 2019). Según la OMS cerca del 80% de la población global utiliza medicamentos a base de plantas, lo que también reduce los riesgos de automedicación (Lumpert y Kreft, 2017 & Mattos *et al.*, 2018). En China, 42 tipos de plantas medicinales se emplean: el 37.2% para tratar inflamaciones y el 62.8% para diferentes dolencias (Luo *et al.*, 2019). En EUA, ha aumentado el uso de suplementos dietéticos elaborados con base en plantas medicinales, y actualmente se han sumado a esta preferencia las frutas “exóticas”. En nuestro país, según un estudio, se descubre que el 92.9% de 65 personas utilizan plantas medicinales, y de estos, el 38.5% consumen entre 3 y 4 plantas diferentes (Aguirre *et al.*, 2016).

El género *Prosopis* resalta como un recurso natural de alto valor, pues sus vainas contribuyen a la salud y nutrición ya que tienen un alto contenido de proteínas y azúcares (Oduol *et al.*, 1986), lo que las convierte en una fuente alimenticia clave para humanos y animales. Varios autores confirman que los compuestos extraídos de especies como *P.cineraria* y *P.juliflora*, han demostrado propiedades antiinflamatorias, antioxidantes y antimicrobianas (Henciya *et al.* 2017; Sharifi-Rad *et al.*, 2019). Según Weber (2007), las comunidades de *Prosopis*, ayudan a prevenir la desertificación y la erosión del suelo, mejorando la calidad del ecosistema y promoviendo la biodiversidad en regiones áridas. Además, gracias a su resistencia a condiciones extremas de sequía y calor, el mezquite es fundamental para la rehabilitación de tierras degradadas y desarrollo de sistemas agroforestales sostenibles (Mojica-Guerrero *et al.*, 2013). Los usos económicos y sociales de *Prosopis* resaltan en la producción de materiales como resina y madera los cuales se utilizan en la construcción, fabricación de muebles y producción de artesanías (Da Silva *et al.*, 2018), aparte de fomentar economías locales a través de la apicultura, ya que sus flores son esenciales para la producción de miel de alta calidad (Castro *et al.*, 2019).

3.2 Principio de no maleficencia

Las actividades humanas y el proceso de industrialización han incrementado las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera, incluyendo dióxido de carbono (CO₂) y metano (CH₄), lo que ha generado variaciones en la temperatura a nivel global (Beggs, 2004). Diversos estudios plantean que el cambio climático podría estar relacionado con el aumento en la incidencia de enfermedades alérgicas (Beggs, 2004; Ortega-Rosas *et al.*, 2020).

Las especies de mezquite deben ser cuidadosamente seleccionadas ya que, por ejemplo, *Prosopis juliflora* se ha mostrado como una de las especies invasoras de mayor impacto, extendiéndose en regiones tropicales, áridas y semiáridas debido al calentamiento global (Sintayehu *et al.*, 2020).

Aunque los investigadores destacan el impacto ecológico asociado a la expansión de *Prosopis juliflora*, también advierten que su proliferación podría aumentar los casos de alergias respiratorias provocadas por su polen en las próximas tres décadas (Sintayehu *et al.*, 2020). También han señalado que el cambio climático está facilitando la expansión de los hábitats de esta especie, con un crecimiento significativo observado en México (Heshmati, Khorasani, Shams-Esfandabad & Riazi, 2019). En consecuencia, resulta fundamental implementar estrategias de monitoreo y control para gestionar la propagación de esta especie.

El polen de *Prosopis* es un componente frecuente en el aire de las regiones donde este árbol abunda, y su exposición puede provocar afecciones alérgicas como rinitis, asma, polinosis y conjuntivitis (Hussain *et al.*, 2020). A nivel global, se han identificado 46,883 registros de muestras de mezquite de los cuales el 33% pertenece a *P. glandulosa*. Otras especies con porcentajes destacados son *P. juliflora* (12%), *P. africana* (9%), *P. pallida* (8%) y *P. velutina* (5%), mientras que el resto de las muestras corresponde a diferentes especies del género *Prosopis* (GBIF, 2021).

Se reportan efectos leves en la salud de humanos, animales y/o plantas, limitados a una población específica. Estos efectos son menores y de alcance localizado. Las espinas de *Prosopis*, que pueden alcanzar hasta 7.5 cm de longitud, representan un riesgo de lesiones para humanos, animales

y pueden dañar los neumáticos de los vehículos (GISD, 2010; Gobierno de Queensland, 2013). El consumo de las vainas como parte de la dieta del ganado puede resultar en problemas de salud e incluso en la muerte (CABI, 2015). Estas vainas proporcionan un valioso alimento para el ganado cuando están maduras. Sin embargo, las vainas verdes son amargas y pueden resultar tóxicas en grandes cantidades, mientras que el follaje tiene un sabor desagradable debido a su alto contenido de tanino (Mathews, 2005).

Hay pruebas que indican que esta especie ocasiona alteraciones significativas y temporales a largo plazo en áreas extensas. Gracias a sus raíces profundas, la planta puede acceder a niveles freáticos profundos, lo que resulta en altos índices de transpiración. Esto implica que la especie podría agotar las reservas de agua subterránea (Mathews, 2005; CABI, 2015).

3.3 Principio de autonomía

Hoy en día se llevan a cabo proyectos que buscan evaluar el cultivo y manejo del mezquite para beneficio de las comunidades de zonas desérticas y semidesérticas y del ecosistema. El proyecto “Mezquite”, respaldado por el Fondo de Retos Globales del Reino Unido, tiene como propósito restaurar áreas desérticas en México, Tanzania y Kenia, donde el mezquite es una especie común. Su objetivo es mejorar las condiciones de vida de más de 50 millones de personas que enfrentan situaciones de pobreza extrema (González-Carranza, 2021).

Los derivados del mezquite representan una valiosa fuente de ingresos, empleo y alimentos, además de proporcionar medicinas y otros productos como madera para el consumo en áreas rurales. Sin embargo, los desafíos principales en su utilización incluyen la explotación no sostenible, la falta de desarrollo en los mercados, escasa promoción e investigación, así como la ausencia de incentivos gubernamentales y una regulación excesiva. La ausencia de coordinación entre los productores para ingresar al mercado y su capacidad limitada de negociación con los intermediarios impiden los beneficios potenciales para las comunidades rurales derivados de un uso adecuado del mezquite (Conabio, 2015).

3.4 Principio de justicia

Diversas investigaciones evidencian que *P. juliflora* genera impactos significativos en múltiples etapas del proceso productivo, afectando tanto la superficie como el volumen de producción. Los costos asociados con su manejo y control son elevados. En su distribución natural en el suroeste de América del Norte, se clasifica como una maleza no deseada. Junto con *Prosopis glandulosa*, infesta alrededor de 38 millones de hectáreas en Estados Unidos (DeLoach, 1985). Las pérdidas directas asociadas con el mezquite en este país se calculan entre 200 y 500 millones de dólares anuales, agravadas por la erosión del suelo, la desertificación y la reducción de la disponibilidad hídrica. Estas problemáticas elevan las pérdidas económicas totales a un rango estimado de 0,5 a 1,5 millones de dólares al año. En zonas áridas, el mezquite reduce la producción de pastizales entre un 50% y un 90% (DeLoach, 1985; March et al., 1996). Por su parte, en Sudáfrica, el costo promedio anual de gestión de *Prosopis* asciende a 35,5 millones de dólares (Shackleton et al., 2014). La proliferación de matorrales disminuye la cobertura de herbáceas, limita el pastoreo natural y reduce la capacidad ganadera. Además, dificulta el movimiento del ganado y puede obstruir el acceso a fuentes de agua (Mathews, 2005).

4. CONCLUSIONES

El análisis anterior resalta la importancia del mezquite en la medicina tradicional y farmacológica, así como su función ecológica vital en las regiones áridas y semiáridas. Además, se examinan los riesgos y beneficios relacionados con su cultivo y manejo, haciendo hincapié en la necesidad de adoptar prácticas sostenibles que promuevan el bienestar humano y la conservación ambiental.

Es importante adherirse a los principios éticos fundamentales, al considerar aprovechar del mezquite. Se enfatiza la necesidad de una acción concertada y equitativa para garantizar una distribución justa de los benefi-

cios derivados de esta especie, al tiempo que se minimizan los posibles impactos adversos.

El mezquite tiene beneficios muy puntuales, pero hay que respetar la autonomía. También hay que tomar en cuenta la no maleficencia y estar conscientes además de la justicia y en general de los 4 principios que se integran y no forzar el uso de la tecnología para todas las circunstancias y/o personas.

Este estudio proporciona los beneficios del mezquite, al tiempo que se presentan los riesgos asociados, donde esta especie es prevalente.

5. REFERENCIAS

Aguirre, L. G., Pereyra-Aguilar, P., Silvia-Arrieta-Ontaneda, I., Alarcón-Urbina, M., & Palacios-Quintana, M. (2016). Consumo de plantas medicinales en usuarios del Centro Integral del Adulto Mayor de la Punta-Callao (Perú). *Revista Fitoter*, 165-175.

Alanís Flores, G. J. (2001). Plantas nativas usadas como alimentos, condimentos y bebidas de las comunidades vegetacionales desérticas o semidesérticas en Nuevo León, México. *Revista Salud Pública y Nutrición*, 2(1).

Amaral da Silva, V., Mendes da Silva, A. M., & Castro e Silva, J. H. (2018). Neurotoxicity of *Prosopis juliflora*: from Natural Poisoning to Mechanism of Action of Its Piperidine Alkaloids. *Springer Nature*, 878–888.

Arteaga, S., Andrade-Cetto, A., & Cárdenas, R. (2005). *Larrea tridentata* (Creosote bush), an abundant plant of Mexican and US-American deserts and its metabolite nordihydroguaiaretic acid. *Journal of Ethnopharmacology*, 231-239.

Batista-Roche, L., & Huerta-Ocampo, J. (2021). TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas. TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas, 1-15.

Beggs, P. (2004). Impacts of climate change on aeroallergens: past and future. *Clinical & Experimental Allergy*, 34, 1507-1513.

Benatrehina, A., Pan, L., Naman, C., Li, J., & Kinghorn, A. (2018). Usage, biological activity, and safety of selected botanical dietary supplements consumed in the United States. *Journal of Traditional and Complementary Medicine*, 267-277.

Castro Díez, P., Vaz, A. S., Silva, J. S., Van Loo, M., Alonso, Á., Aponte, C., Bayón, A., Bellingham, P.J., Chiuffo, M.C., DiManno, N., Julian, K., Kanderdt, S., La Porta, N., Marchante, H., Maule, H.G., Mayfield, M.M., Metcalfe, D., Monteverdi, M.C., Núñez, M.A., Ostertag, R., Parker, I.M., Peltzer, D.A., Potgieter, L.J., Raymundo, M., Rayome, D., Reisman-Berman, O., Richardson, D.M., Roos, R.E., Saldaña, A., Shackleton, R.T., Torres, A., Trudgen, M., Urban, J., Vicente, J.R., Vilà, M., Ylioja, T., Zenni, R.D., & Godoy, O. (2019). Global effects of non-native tree species on multiple ecosystem services. *Biological Reviews*, 94(4), 1477-1501.

Csurhes, S., March, N., Akers, D., Jeffry, P., Mitchell, T., James, P., & Mackey, A. (1996). Mesquite (*Prosopis* spp.) In Queensland: Pest Status Review Series-Land Protection Branch. Department of Natural Resources, Queensland, Australia.

DeLoach, C. (1985). Conflicts of interest over beneficial and undesirable aspects of mesquite (*Prosopis* spp.) in the United States as related to biological control. *Proceedings of the VI International Symposium on Biological Control of Weeds*, 301-340.

Galindo Almanza, S., & Garcia Moya, E. (1986). The uses of mesquite (*Prosopis* spp.) in the highlands of San Luis Potosi, Mexico. *Forest Ecology and Management*, 49-56.

Hashmati, I., Khorasani, N., & Shams-Esfandabad, B. (2019). Forthcoming risk of *Prosopis juliflora* global invasion triggered by climate change: implications for environmental monitoring and risk assessment. *Springer Nature Link*, 191.

Hassain, I. M., Shackleton, R. T., Ei-Keblawy, A., Trigo Pérez, M., & González, L. (2020). Invasive Mesquite (*Prosopis Juliflora*), an Allergy and Health Challenge. *Plants*, 9, 141.

Heciya, S., Seturaman, P., Rathinam James, A., Tsia, Y.-H., Nikam, R.,

Wu, Y.-C., Dahms, H.U., & Chang, F. R. (2017). Biopharmaceutical potentials of *Prosopis* spp. (Mimosaceae, Leguminosa). *Journal of Food and Drug Analysis*, 25(1),187-196.

Levy, D., Pilla, E., Villalba, A., Watkins, G., & Ziller, S. (2010). Application of the Environment and Safeguards Compliance Policy on Invasive Species. Inter-American Development Bank, 1-22.

Lou, B., Li, F., Ahmed, S., & Chunlin, L. (2019). Diversity and use of medicinal plants for soup making in traditional diets of the Hakka in West Fujian, China. Springer Nature Link, 2-15.

Lumpert, M., & Kreft, S. (2017). Folk use of medicinal plants in Karst and. *Journal of Ethnobiology and Enthonomedicine*, 2-34.

Mandujó, M. C. (2001). The paradox of mesquites (*Prosopis* spp.): Invading species or biodiversity enhancers? *Botanical Sciences*, 23-30.

Martínez-Rodríguez, O., Rivera-Maya, J., & Santamaría-César. (2000). Evaluación de 25 tratamientos pregerminativos en semillas de mezquite . *Revista Chapingo serie zonas Áridas*, 93-99.

Mattos, G., Camargo, A., Sousa, C. A. D., & Zeni, A. L. B. (2018). Plantas medicinais e fitoterápicos na Atenção Primária em Saúde: percepção dos profissionais. *Ciência & Saúde Coletiva*, 23, 3735-3744.

Mureriwa, N. F. (2016). Mapping *Prosopis Glandulosa* (Mesquite) Invasion in the arid environment of South Africa using remote sensing techniques. University of the Witwatersrand, Johannesburg (South Africa).

National Cneter for Biotechonology Information. (2024). National Cneter for Biotechonology Information. Obtenido de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/data-hub/taxonomy/tree/?taxon=35715>

Odoul, P., Felker, P., McKinley, C., & Meie, C. (1986). Variation among selected *Prosopis* families for pod sugar and pod protein contents. *Forest Ecology and Management*, 423-431.

Ortega-Rosas, C., Meza-Figueroa, D., Vidal-Solano, J., González-Grijalva, B., & Schiavo, B. (2010). Association of airborne particulate matter with pollen, fungal spores, and allergic symptoms in an arid urbanized area.

Environmental Geochemistry and Health, 1761-1782.

Palacios, R. A. (2006). Los Mezquites Mexicanos: Biodiversidad y Distribución Geográfica. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica, 1851-2372.

Pournavab, R., Heya, M., González, E., Estrada, A., Cruz, L., & Vázquez, M. (2024). Leaf Architecture in the Morphological Diversity of the Genus *Prosopis* in the Semi-Desert Area of Northeastern Mexico. Diversity.

Queensland Government. (2024). Mesquite *Prosopis* spp. Department of Agriculture and Fisheries. <https://share.google/IzthpzLmPc4KqdYWu>.

Rodríguez, E., Rojo, G., Ramírez, R., Cong, M., Medina, S., & Piña, H. (2014). Análisis técnico del árbol del mezquite (*Prosopis laevigata* Humb. & Bonpl. ex Willd.) en México. Ra Ximhai, 10(3), 173-193.

Rossato, M., Barbieri, R., Vaz, M., Ceolin, T., Martínez, A., & Tinonelli, N. (2019). Meanings of the use of medicinal plants in self-care practices. Rev Esc Enferm USP, 1-8.

Ruiz-Nieto, J., Hernández-Ruíz, J., Hernández-Marín, J., Mendoza-Carrillo, J., Abraham-Juárez, M., Isiordia-Lachica, P., & Mireles-Arriega, A. (2020). Mesquite (*Prosopis* spp.) tree as a feed resource for animal growth. Agroforestry Systems, 1139-1149.

Salvador, M. M. (2013). Ecología y usos de especies forestales de interés comercial de las zonas áridas de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias: Coyoacán, México.

Shackleton, R. T., Le Maitre, D. C., Pasiecznik, N. M., & Richardson, D. M. (2014). *Prosopis*: a global assessment of the biogeography, benefits, impacts and management of one of the world's worst woody invasive plant taxa. AoB plants, 6, plu027.

Sharifi-Rad, J., Kobarfard, F., Ata, A., Ayatollahi, S. A., Khosravi-Dehaghi, N., Jugran, A. K., Tomas, M., Capanoglu, E., Matthews, K.R., Popović-Djordjević, J., Kostić, A., Kamiloglu, S., Sharopov, F., Iqbal Choudhary, M., & Martins, N. (2019). *Prosopis* plant chemical composition and pharmacological attributes: Targeting clinical studies from preclinical evidence. Biomolecules, 9(12), 777.

Singh, S., Mishra, R., Sharma, R., & Mishra, V. (2017). Phenol remediation by peroxidase from an invasive mesquite: Turning an environmental wound into wisdom. *Journal of Hazardous Materials*, 201-211.

Sintayehu, D., Dalle, G., & Babasa, A. (2020). Impacts of climate change on current and future invasion of *Prosopis juliflora* in Ethiopia: environmental and socio-economic implications. *Heliyon*.

Uritu, C. M., Mihai, C. T., Stanciu, G. D., Dodi, G., Alexa-Stratulat, T., Luca, A., Leon-Constantin, M.M., Stefanescu, R., Bild, V., Melnic, S., & Tamba, B. I. (2018). Medicinal plants of the family Lamiaceae in pain therapy: A review. *Pain Research and Management*, 2018(1), 7801543.

Weber, R. W. (2007). On the cover. Mesquite. *Annals of Allergy, Asthma & Immunology*, 98(4), A4-A4.



Capítulo 10
PRINCIPIOS BIOÉTICOS
GENERALES EN LA APLICACIÓN
DE BIOESTIMULANTES Y
BIOREGULADORES EN CULTIVOS
HORTOFRUTÍCOLAS



María Laura Díaz-Baca, Damaris Leopoldina Ojeda-Barrios,
Marisela Calderon-Jurado

1. INTRODUCCIÓN

A lo largo de las décadas, la percepción sobre la nutrición de los cultivos ha experimentado una evolución significativa. A finales del siglo XVIII se informó sobre la importancia de los nutrientes minerales en el crecimiento de las plantas (Navarro-García, 2023). Con ello, se propuso la idea de que las plantas obtienen sus nutrientes esenciales de los suelos, estableciéndose la base para la fertilización química moderna (Coll et al., 2019). De esta manera, la industria de fertilizantes se expandió significativamente, y se desarrollaron tecnologías para la producción masiva de fertilizantes sintéticos, lo que aumentó notablemente la productividad agrícola global (Testa & Cardozo, 2022), sin embargo, esto ha generado preocupaciones sobre su impacto ambiental, como la contaminación del agua y la degradación del suelo (Coll et al., 2019). A partir de esto, el enfoque exclusivo en la fertilización química puede no ser suficiente para optimizar el crecimiento y el rendimiento de las plantas en todas las condiciones (Jain, 2018).

A medida que se ha incrementado la conciencia sobre el agotamiento de recursos y los impactos ambientales negativos asociados con la agricultura intensiva y su manejo convencional, existe un impulso para adoptar prácticas sostenibles para mejorar la eficiencia de los cultivos (Larrouyet, 2015). Los bioreguladores son un ejemplo del surgimiento de estas tendencias. Estos pueden mejorar la calidad del suelo al aumentar la disponibilidad de nutrientes para las plantas al promover el crecimiento de raíces y mejorar la resistencia a enfermedades (Salazar et al., 2023). Estos son también conocidos como reguladores del crecimiento vegetal, y pueden influir en la germinación de semillas, el enraizamiento, la floración y la maduración de frutas (Cuesta & Mondaca, 2014). Se han utilizado para optimizar la producción y la calidad de los cultivos, así como para mejorar la tolerancia de las plantas al estrés biótico y abiótico (Cano-Hernández et al., 2019).

La bioestimulación por otra parte, surge como un enfoque complementario que busca mejorar la salud y el rendimiento de las plantas mediante el uso de compuestos biológicamente activos (Caicedo-López et al., 2021).

Los bioestimulantes pueden incluir extractos de algas marinas, aminoácidos, ácidos húmicos y fúlvicos, microorganismos, entre otros. Estos están diseñados para estimular los procesos fisiológicos y metabólicos de las plantas, mejorando su capacidad para absorber nutrientes, resistir el estrés y desarrollarse de manera saludable estimulando el metabolismo optimizando la absorción de nutrientes, fortaleciendo la resistencia al estrés y promoviendo el crecimiento radicular (Espinosa-Antón et al., 2020).

Hoy en día, hay un interés creciente en la integración de la fertilización química con la bioregulación y bioestimulación para optimizar el rendimiento y la sostenibilidad de los sistemas de producción agrícola (Meléndez et al., 2019). La evolución de la fertilización química hacia la bioregulación y bioestimulación refleja un cambio hacia prácticas agrícolas más sostenibles y centradas en el cuidado integral de las plantas y el medio ambiente. Esta evolución continúa en la actualidad, con un enfoque creciente en la investigación y desarrollo de productos que maximicen la salud y el rendimiento de los cultivos de manera equilibrada y sostenible (Larrouyet, 2015).

La bioética tiene el papel de clarificar temas complejos sobre las consecuencias sociales que se derivan de avances tecnológicos como el uso de nuevos productos para la agricultura, fomentando la libre información para un análisis desde la argumentación ética. Los argumentos a favor y en contra se basan en perspectivas diferentes, involucrando científicos, comercio, consumidor y productor. La reflexión bioética permite el intercambio de opiniones entre expertos y no expertos de una manera horizontal (Ontano et al., 2021). Es por ello que, temas complejos como el uso de bioestimulantes, bioreguladores, biotecnología vegetal, agrotóxicos, entre otros, deben ser abordados desde una reflexión basada en cuatro principios universales.

La agricultura intensiva se caracteriza por el uso extensivo de maquinaria, fertilizantes y técnicas de cultivo de alto rendimiento, a menudo se critica por su impacto negativo en la biodiversidad, la calidad del suelo y el bienestar animal. Desde una perspectiva bioética, es crucial considerar el

equilibrio entre la necesidad de aumentar la producción de alimentos para satisfacer las demandas de una población creciente y la responsabilidad de proteger el medio ambiente y el bienestar de los seres vivos (Gaxiola et al., 2016). Es importante abordar estos prejuicios desde una perspectiva bioética, que busca equilibrar los intereses humanos con la protección del medio ambiente y el bienestar de todas las formas de vida. Esto implica considerar cuidadosamente los impactos sociales, económicos y ambientales de las prácticas agrícolas y buscar soluciones que promuevan la justicia, la equidad y la sostenibilidad.

2. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de este tema se utilizó el método sintético. Se toman en cuenta las propuestas de Casas-Martínez (2008). El propósito es identificar, analizar y sintetizar resultados de estudios independientes sobre un mismo tema, basados en descriptores definidos. La pregunta rectora se definió desde el campo de la bioética: ¿cuál es la perspectiva de los cuatro principios de la bioética en la aplicación de bioestimulantes y bioreguladores en cultivos hortofrutícolas? Se realizó una búsqueda en los meses de febrero, marzo y abril del año 2024, con descriptores de bioestimulantes, bioreguladores, fitopatologías y sostenibilidad en la principal base de *Google Academic*, *Scopus*, *Elsevier* y *NIH*, todos limitados en las ciencias hortofrutícolas o de interés agropecuario más la palabra *bioetics* o bioética para mejorar la filtración. Alineado a esto, se integraron criterios que consideran artículos que abordan la temática de agrotóxicos y salud. En este análisis, se seleccionaron 28 artículos de lectura completa. En la Figura 1 se observa el mapa conceptual que se crea para establecerlo.

La pregunta rectora divide la narrativa en 4 principios y una conclusión. El primero de ellos, beneficencia, aborda temas enfocados a la ayuda, mejora y la relación de estos mismos en las prácticas sostenibles, desde la perspectiva de consumidor, productor y el público. Por otra parte, no maleficencia, contiene una búsqueda de cómo la aplicación de estos productos no afectan las necesidades y requerimientos de productores, consumidores, aplicadores y el medio para tener una productividad sostenible. Del mismo modo, autonomía el cual aborda la dependencia de esta acción con otros factores,

además de la toma de decisiones informadas para que esta actividad sea elegida o no en libertad y por último justicia, indica las acciones concretas para no afectar, excluir o dividir a los agentes involucrados para que estas acciones puedan estar relacionadas con los dos principios anteriores.

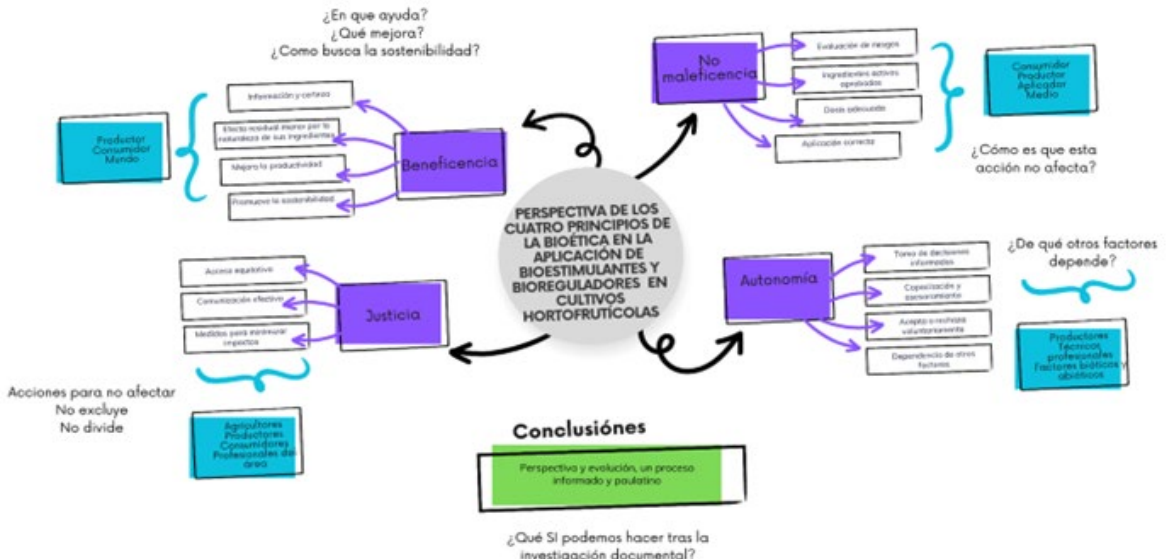


Figura 1. Mapa conceptual de la metodología y descripción de los cuatro principios de la bioética en la aplicación de bioestimulantes y bioreguladores en cultivos hortofrutícolas.

3. RESULTADOS

Las innovaciones tecnológicas pueden contribuir significativamente a la solución de desafíos sociales como el cambio climático o la seguridad alimentaria, pero también pueden tener consecuencias sociales negativas. Se deben considerar aspectos sociales y éticos durante el proceso de transferencia de tecnología con información completa (Ontano et al., 2021). Por esta razón, exige una reflexión ética sobre la naturaleza, el alcance y la aplicabilidad de la responsabilidad y la innovación en las prácticas de la apli-

cación de bioestimulantes y bioreguladores en los cultivos hortofrutícolas y la forma en que pueden abordarse en la agricultura. Con ello, la decisión tanto del consumidor como el productor podría lograr sustentarse bajo los cuatro principios de la bioética.

En este sentido, la bioética aborda la ética que concierne al conocimiento biológico y a la ciencia de los sistemas vivos (Schoor & Salazar, 2022). Todo el desarrollo de la investigación de nuevas tecnologías debe estar fundamentada en la fusión de esta disciplina, teniendo en cuenta sus cuatro principios (Macer, 2017). Los resultados del estudio documental se resumen en la Figura 1. Se sintetizó un total de 32 artículos de divulgación y difusión en español e inglés. Fueron seleccionados los cercanos a los objetivos y que presentaron mayor calidad metodológica.

3.1 Principio de beneficencia

Los agentes involucrados en la toma de decisiones deben tomar medidas para promover el bienestar y el beneficio de los pacientes, individuos o, en este caso, del medio ambiente y consumidor (Ontano et al., 2021). Los elementos que se incluyen en este principio son todos los que implican una acción de beneficio que haga o fomente el bien. La aplicación de productos como bioestimulantes y bioreguladores implica hacer uso de las nuevas tecnologías e información biotecnológica de manera responsable y efectiva para mejorar la productividad de los cultivos hortofrutícolas, así como para proteger y preservar el medio ambiente circundante evitando el uso desmedido de fertilizantes sintéticos y como fuente exclusiva del desarrollo de cultivos (Holgúin-Cañola, 2021).

Se debe tener en cuenta la evaluación del impacto ambiental de la aplicación de estos y asegurar que los productos sean seguros y respetuosos con el medio ambiente (Schoor & Salazar, 2022). Esto incluye la elección de productos que utilicen ingredientes activos de origen natural y biodegradables, así como la adopción de prácticas de aplicación que minimicen las afectaciones del suelo, el agua y el aire por el uso excesivo de fertilizantes (Gloodtdofsky et al., 2022). Esto conllevaría a tener un menor efecto residual en toda la cadena de producción, desde el manejo informado de las

huertas, hasta la certeza de inocuidad para el consumidor final (Bawden, 2012).

Este principio aplicado a la perspectiva de la aplicación de estos productos implica considerar cómo el uso de bioreguladores y bioestimulantes puede beneficiar a los productores, pues contribuyen al crecimiento, desarrollo y producción de frutos de manera positiva y reduce la necesidad del uso excesivo de fuentes de productos químicos sintéticos de manera exclusiva y convencional aumentando la productividad y rentabilidad de sus cosechas (Du-Jardin, 2015). Esto implica evaluar y seleccionar bioestimulantes y bioreguladores que hayan demostrado ser efectivos en la potencialización de la expresión génica en cultivos, aumentando la resistencia a enfermedades, mejorando la calidad de los frutos o aumentando el rendimiento de la cosecha (Zavaleta, 2022).

Además, el uso responsable de bioestimuladores puede contribuir a la sostenibilidad al aumentar la producción de buenos productos y de alta calidad (Orozco-Meléndez et al., 2021). El sector de la sanidad y nutrición vegetal está atravesando una etapa de gran dinamismo y transformación (Nava et al., 2021). Además de los fertilizantes minerales, que continúan siendo el pilar fundamental de la nutrición de las plantas, los bioestimulantes han ganado protagonismo en los últimos años, consolidándose como un tercer eje clave para la gestión eficiente de los cultivos (Jastrzbska et al., 2022). A nivel mundial, la industria de productos clasificados como bioreguladores y bioestimulantes se ha fijado metas ambiciosas para el año 2030, entre las que destacan la reducción del uso de fertilizantes en un 20 % y la disminución de las pérdidas de nutrientes por procesos como escorrentía, lixiviación o volatilización en un 50 %. Asimismo, se plantea la implementación de un plan estratégico para el manejo integrado de nutrientes como la Estrategia “De la Granja a la Mesa” de la Comisión Europea (FAO, 2019). En este sentido, se ha comprobado que ciertos productos, como los que contienen sustancias húmicas, favorecen la fertilidad del suelo al aumentar su capacidad de intercambio catiónico. Esto facilita la disponibilidad de varios macro y microelementos esenciales para la nutrición de las plantas, además de evitar la retrogradación o precipitación de los aniones fosfato

en suelos ácidos o alcalinos, lo que mejora la eficiencia de la fertilización fosfatada (Borjas-Ventura et al., 2020).

3.2 Principio de no maleficencia

Este principio establece que los profesionales y agentes involucrados en la toma de decisiones deben evitar causar daño innecesario a los pacientes e individuos o, en este caso, a los factores bióticos y abióticos que implican la producción de cultivos a gran escala (Caicedo-López et al., 2021). En el contexto de la aplicación de bioestimuladores y bioreguladores en cultivos hortofrutícolas, esto implica como inicio, considerar, estudiar y evaluar los efectos adversos que estos productos tienen reportados en el medio ambiente circundante como agua, suelo y atmósfera, así como en la salud humana de los aplicadores, productores y consumidores (Orozco-Meléndez et al., 2021).

Al hacer uso de estos productos, es esencial llevar a cabo una evaluación exhaustiva de los productos utilizados, esto implica estudiar los ingredientes activos y otros componentes que estén previamente aceptados por la normatividad vigente y que puedan interactuar con los cultivos y con el entorno en el que se aplican incluyendo todos los eslabones de la unidad de producción (Quezada et al., 2024). Alineado a esto, considerar la dosificación adecuada de aplicación para evitar los posibles efectos negativos del exceso de productos como la contaminación del suelo o el agua, la acumulación de residuos en los frutos o la afectación de otros organismos no objetivo, como insectos benéficos o microorganismos del suelo, así como respetar la media del ciclo fenológico natural de los cultivos, sin alterar de manera inconsciente (Schoor & Salazar, 2022).

El principio exhorta a investigar previamente si los productos utilizados en estos cultivos pueden dejar residuos que puedan ser perjudiciales para la salud humana, ya que se deben tomar medidas para minimizar estos riesgos, como respetar los períodos de seguridad antes de la cosecha o buscar alternativas más seguras (Caicedo-López et al., 2021). Esto implica una

gestión responsable y ética de estos productos para garantizar su uso seguro y sostenible.

3.3 Principio de Autonomía

El respeto por la capacidad de los individuos para tomar decisiones informadas desde el principio de justicia y autónomas sobre su propia vida y salud (Thompson, 2015). En el contexto de la aplicación de bioreguladores y bioestimulantes en los cultivos hortofrutícolas, implica varios aspectos especialmente para los productores (Nava et al., 2021). Por una parte, los agricultores deben tener acceso a información completa y comprensible sobre los bioestimulantes y bioreguladores, incluyendo sus beneficios potenciales, posibles riesgos, métodos de aplicación y alternativas disponibles basados en el principio de justicia. Esta información debe presentarse de manera imparcial y objetiva, permitiendo a los agricultores entender plenamente las implicaciones de su decisión (Zavaleta, 2022). Se debe garantizar que todos los agricultores, independientemente de su ubicación geográfica, tamaño de la finca o nivel socioeconómico, tengan acceso equitativo a la información y los recursos necesarios para tomar decisiones autónomas sobre el uso y aplicación de bioestimulantes y bioreguladores (FAO, 2019). Esto puede implicar la provisión de capacitación, asesoramiento técnico y apoyo financiero cuando sea necesario (Nava et al., 2021).

Además, deben tener la capacidad de dar su consentimiento informado para el uso de estos productos en sus cultivos. Esto implica comprender la información proporcionada y aceptar voluntariamente los riesgos asociados con su uso (Gaxiola et al., 2016). El consentimiento debe ser libre de coerción o presiones indebidas como presión de promotores de productos nuevos o agentes técnicos. Además, solo se considerará como asesor en fertilización a quien demuestre, ante el organismo competente de la comunidad autónoma, contar con la titulación requerida, como es el caso de los ingenieros agrónomos (Khalili, 2019).

La autonomía reconoce que los productores tienen diferentes valores, creencias y preferencias que pueden influir en sus decisiones sobre el uso de ciertos productos. Es importante respetar esta diversidad y permitir que los agricultores elijan libremente desde la información disponible la

opción que mejor se alinee con sus valores y objetivos personales (Zavaleta, 2022). Si bien el principio de beneficencia puede aportar valiosa información, este no puede promocionarse como producto milagro pues la sostenibilidad en la producción de los cultivos hortofrutícolas depende de muchos factores, en donde el principio de justicia se hace latente y debe garantizar la seguridad e inocuidad alimentaria produciendo alimentos suficientes, de buena calidad y saludables (FAO, 2019).

Adicionalmente, se requiere reducir la huella de carbono, entendida como la emisión de gases de efecto invernadero, tanto de manera directa por el uso de maquinaria agrícola como indirecta debido a los agroinsumos. Estos productos, durante su fabricación y transporte a los puntos de consumo, también contribuyen a dichas emisiones (Hinrichs, 2014). Otro aspecto clave es lograr un uso eficiente del agua en el riego (Khalili, 2019). Por otro lado, la agricultura moderna enfrenta amenazas originadas por el cambio climático y el uso ineficiente de recursos cada vez más limitados, como el agua, las altas temperaturas, la radiación solar excesiva y la salinidad de los suelos o el agua de riego, entre otros (Hinrichs, 2014). Estos factores ponen en peligro la productividad de los cultivos, y el uso de bioreguladores y bioestimulantes no logrará los efectos deseados de manera independiente; su eficacia dependerá de numerosos factores externos y está íntimamente vinculado con un suministro adecuado de nutrientes para el crecimiento y desarrollo de los cultivos (Nava et al., 2021).

3.4 Principio de justicia

La obligación moral de garantizar que los beneficios y las cargas resultantes de las decisiones y acciones sean distribuidos de manera equitativa y justa entre todas las partes involucradas refieren al principio de justicia (Zavaleta, 2022). La regulación de aplicación y uso responsable de bioreguladores y bioestimulantes en cultivos hortofrutícolas debe considerar cómo se distribuyen los recursos de estos productos entre los diferentes grupos de interés, especialmente a los agricultores, productores y trabajadores agrícolas.

Este principio implica varios aspectos, por una parte, el acceso equitativo que garantice que a los productores no se discrimine en términos de disponibilidad o costos. Que sean accesibles para todos los niveles productivos

(FAO, 2019). Esto puede implicar políticas que promuevan la accesibilidad económica de los bioreguladores y bioestimulantes para agricultores de diferentes capacidades y recursos. Además, es obligación moral del profesionalista comunicar el costo/beneficio en la productividad de los cultivos, esto para mejorar la percepción y evolución de las prácticas del manejo agronómico actual de manera sostenible como se promueve en el principio de beneficencia.

Por otra parte, se integra la comunicación efectiva de la distribución de beneficios y riesgos derivados del uso de estos productos (Palma et al, 2022). Esto implica garantizar que los beneficios, como el aumento de la productividad o la reducción del uso de pesticidas, sean compartidos equitativamente entre los agricultores y las comunidades locales, y que los riesgos, como posibles impactos ambientales o de salud, así como las consecuencias de marchitez del cultivo o bien la modificación de los factores físicos y químicos del suelo y agua derivado del uso irresponsable de estos productos, no recaigan de manera desproporcionada en grupos vulnerables (Caicedo-López, 2021).

La justicia requiere que se tomen medidas para minimizar impactos ambientales y sociales y que se involucre a todas las comunidades en el proceso de toma de decisiones. Así como la comunicación de todas las tecnologías nuevas y umbrales de aplicación y sugerencias de aplicación a beneficio de todos los que participan en el uso de estos productos basados en el principio de no maleficencia (Macer, 2017). La sostenibilidad promueve la productividad, la rentabilidad, la estabilidad de los retornos económicos, los riesgos de producción y mercado, la resiliencia de la producción, la cultura y la capacidad de los agricultores para adoptar innovaciones (FAO, 2019).

El enfoque de la justicia es igualmente holístico, tomando en cuenta la biodiversidad, el cuidado del suelo, la atmósfera, el agua, y de los ecosistemas, así como el clima cambiante y los retos técnicos, económicos y sociales concernientes con una producción de cultivos que sea a la vez rentable y sostenible.

4. CONCLUSIONES

En el contexto de la aplicación de bioestimuladores y bioreguladores en la agricultura de hortalizas y frutas, es crucial examinar y evaluar los posibles efectos adversos que estos productos pueden tener en el entorno, incluyendo el agua, el suelo y la atmósfera, así como en la salud humana de quienes los aplican, los agricultores y los consumidores. Es necesario aplicar dosis adecuadas para evitar impactos no deseados, así como tomar medidas para mitigar estos riesgos, como respetar los períodos de seguridad antes de la cosecha o buscar alternativas más seguras. Es importante garantizar un acceso justo a estos productos para evitar la discriminación entre los productores en términos de disponibilidad o costos, mediante una comunicación efectiva sobre los beneficios y riesgos asociados con su uso.

Considerando los desafíos actuales que enfrenta la agricultura moderna, como el cambio climático y la gestión ineficiente de recursos limitados por ejemplo el agua, las altas temperaturas, la radiación solar intensa y la salinidad del suelo o del agua de riego, se reconoce que el uso y la aplicación de bioreguladores y bioestimulantes dependen de múltiples factores externos y están estrechamente relacionados con el suministro adecuado de nutrientes para el crecimiento de los cultivos.

La bioética permite reconocer diferencias conceptuales de justicia, la equidad, la autonomía y la relación de los eslabones involucrados con la naturaleza más allá de la información única sobre productividad y rentabilidad económica de los posibles productos utilizados.

La obligación de la ciencia como de la bioética es informar los acontecimientos y escenarios posibles de cualquier actividad, así como la regulación de mecanismos sociales. Esta revisión narrativa da a conocer la aplicación de conceptos bioéticos a la problemática específica de la utilización de bioestimulantes y bioreguladores. Se releva la producción académica bioética referente a la evolución de perspectivas de aplicación de agroproductos en los últimos años.

5. REFERENCIAS

Bawden, R. (2012). How should we farm? The ethical dimension of farming systems. In *Farming systems research into the 21st century: The new dynamic* (pp. 119-139). Dordrecht: Springer Netherlands.

Borjas-Ventura, R., Julca-Otiniano, A., & Alvarado-Huamán, L. (2020). Las Fitohormonas Una Pieza Clave En El Desarrollo De La Agricultura. *Journal Of The Selva Andina Biosphere*, 8(2), 150-164.

Caicedo-López, L. H., Aranda, A. L. V., Gómez, C. E. Z., Márquez, E. E., & Zepeda, H. R. (2021). Elicidores: implicaciones bioéticas para la agricultura y la salud humana. *Revista Bioética*, 29, 76-86.

Cano-Hernández, R., Martínez-Damián, M. T., Moreno-Pérez, E. C., Castillo, S. D., Cruz-Álvarez, O., & Rodríguez-Roque, M. J. (2019). Efecto de biorreguladores del crecimiento sobre indicadores de calidad fisicoquímica en frutos de tomate cultivados en invernadero. *Informacion Tecnica Economica Agraria*, 115(2).

Casas-Martínez, M. D. L. L. (2008). Introducción a la metodología de la investigación en bioética: sugerencias para el desarrollo de un protocolo de investigación cualitativa interdisciplinaria. *Acta bioethica*, 14(1), 97-105.

Coll, J. B., Rodrigo, G. N., García, B. S., & Tamés, R. S. (2019). Fisiología vegetal. Comercial Grupo ANAYA, SA.

Cuesta, G., & Mondaca, E. (2014). Efecto de un biorregulador a base de auxinas sobre el crecimiento de plantines de tomate. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 20(2), 215-222.

Du-Jardin, P., (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae, Biostimulants*.

Espinosa-Antón, A. A., Hernández-Herrera, R. M., & González-González, M. (2020). Extractos bioactivos de algas marinas como bioestimulantes del crecimiento y la protección de las plantas. *Bioteología Vegetal*, 20(4), 257-282.

Gaxiola, M. L., Pérez, L. V., & Aguilar, J. M. P. (2016). Evolución de la Biotecnología en México y su marco regulatorio. *Gestión de las Personas y Tecnología*, 9(26), 54-69.

Goodtdofsky, S., Olivera, R., Pollo, M., Benzo, A., Mermot, V., Bejar, M., & Ramirez, D. (2022). Agrotóxicos y su vínculo con la salud desde la perspectiva de la bioética una revisión bibliográfica. *Anales de la Facultad de Medicina*. 2022; 9 (s).

Hinrichs, C. C. (2014). Transitions to sustainability: a change in thinking about food systems change? *Agriculture and human values*, 31, 143-155.
Holguín-Cañola, R. V. (2021). Estudio De Tres Bioreguladores Orgánicos En Comparación Con Un Fertilizante Foliar Comercial, En El Cultivo De Pepino (*Cucumis Sativus*) (Bachelor's Thesis, Quevedo: Uteq).

Jain, V. K. (2018). *Fundamentals of plant physiology*. S. Chand Publishing.
Jastrzębska, M., Kostrzewska, M., & Saeid, A. (2022). Conventional agrochemicals: Pros and cons. In *Smart agrochemicals for sustainable agriculture* (pp. 1-28). Academic Press.

Khalili, H., Soltani, R., & Jalali, M. (2019). Explaining the Position of Ethical Rules in the WTO Agreement on Agriculture. *Bioethics*, 9(33), 77-88.
Larrouyet, M. C. (2015). Desarrollo sustentable: origen, evolución y su implementación para el cuidado del planeta.

Macer, D. R. (2017). We can and must rebuild the bridges of interdisciplinary bioethics. *The American Journal of Bioethics*, 17(9), 1-4.

Meléndez, F. C., González, A. Y. V., & González, G. V. (2019). Problemas sociales y ambientales por el uso de agroquímicos en Tenancingo, México. *Tlatemoani: revista académica de investigación*, 10(31), 1-25.

Nava, J. J. C., Morales, J. M. L., Morales, S. G., Mora, A. G., Rout, N. P., Dominguez, J. M. R. & Enríquez, G. R. (2021). Tópicos de Herramientas Biotecnológicas para el Desarrollo Agrícola. Janet María León Morales, Soledad García Morales, Antonia Gutiérrez Mora, José Juvencio Castañeda Nava, Prasad Rout Nutan, José Manuel Rodríguez Domínguez, Julio A. Massange Sánchez, Rodrigo Barba González, Jhony Navat Enriquez Vara, Gabriel Rincón E.

Navarro-García, G. (2023). *Fertilizantes. Química y acción*. Ediciones Mundi-Prensa.

Ontano, M., Mejía-Velastegui, A. I., & Avilés-Arroyo, M. E. (2021). Principios bioéticos y su aplicación en las investigaciones médico-científicas: Artículo de revisión. *Ciencia Ecuador*, 3(3), 9-16.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) (2019). *El sistema alimentario en México - Oportunidades para el campo mexicano en la Agenda 2030 de Desarrollo Sostenible*.

Orozco-Meléndez, L. R. (2021). *Bioreguladores De Crecimiento Y Su Efecto En Carbohidratos Y Componentes De Rendimiento En Nogal Pecanero* (Doctoral Dissertation, Universidad Autonoma De Chihuahua).

Palma Soto, J. A., Parra Acosta, H., & Orduño Cruz, N. (2022). Análisis del ácido giberélico desde la cartografía conceptual con enfoque bioético y sustentable. *Acta universitaria*, 32.

Quezada, G. D. Á., Aragón, M. C. V., & Meza, D. Y. M. (2024). Implicaciones bioéticas en la aplicación de nanopartículas de plata (AgNPs) para el manejo de fitopatógenos. *Mundo Nano. Revista Interdisciplinaria en Nanociencias y Nanotecnología*, 17(33), 1e-16e.

Salazar, A. J. E., Armijos, J. E. V., & Luna-Romero, A. E. (2023). Evaluación de bioestimulante orgánico en cacao (*Theobroma cacao* L.) variedad nacional en etapa de vivero. *Revista Científica Agroecosistemas*, 11(1), 52-58.

Schoor, M., & Salazar, A. P. A. (2022). Sistemas de producción primaria fundamentados en la agroecología, la agrobiodiversidad y la bioética para avanzar hacia una producción sostenible. *Estancias*, 2(4), 281-299.


Testa, H. R., & Cardozo, A. (2022). Nutrición y fertilización de lúpulo: revisión conceptual y actualización sobre recomendaciones prácticas. *EEA Bariloche, INTA*.

Thompson, P. B. (2015). Agricultural ethics: then and now. *Agriculture and Human Values*, 32, 77-85.

Zavaleta, E. M. (2022). M. Comité De Bioética Para El Sector Agrícola. *Solidaridad Y Responsabilidad Social En La Práctica Educativa*, 215.



Esta edición de
La bioética en las ciencias hortofrutícolas
se publicó en el segundo semestre del 2025.



En un mundo donde la producción hortofrutícola se enfrenta a retos sin precedentes, este libro examina de manera rigurosa las implicaciones éticas derivadas de las prácticas agrícolas modernas. Desde la manipulación genética y el uso de bioestimulantes hasta la gestión sostenible de recursos hídricos y residuos, la obra ofrece un análisis profundo de cómo los principios bioéticos de beneficencia, no maleficencia, autonomía y justicia pueden orientar decisiones responsables en la agricultura.

A través de estudios de caso, reflexión crítica y perspectivas interdisciplinarias, el texto invita a investigadores, profesionales del sector agroalimentario y responsables de políticas públicas a explorar enfoques que integren la innovación científica con el compromiso ético y la sostenibilidad ambiental. Una lectura esencial para quienes buscan comprender y transformar los dilemas bioéticos que configuran el futuro de nuestros sistemas alimentarios.

