



UNIVERSIDAD PARA LA COOPERACION INTERNACIONAL  
(UCI)

GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR EN LA ZONA SUR DE  
COSTA RICA BAJO EL ENFOQUE UNA SALUD

JAVIER PICADO ELIZONDO

PROYECTO FINAL DE GRADUACION PRESENTADO COMO REQUISITO  
PARCIAL PARA OPTAR POR EL TITULO DE MÁSTER EN GERENCIA DE  
PROGRAMAS SANITARIOS EN INOCUIDAD DE ALIMENTOS

San José, Costa Rica

Junio 2020

Hoja de aprobación

UNIVERSIDAD PARA LA COOPERACION INTERNACIONAL  
(UCI)

Este Proyecto Final de Graduación fue aprobado por la Universidad como  
Requisito parcial para optar al grado de  
Máster en Gerencia de Programas Sanitarios en Inocuidad de Alimentos

---

Dr. Félix Cañet Prades  
TUTOR

---

MIA. Ana Cecilia Segreda Rodríguez  
LECTORA

---

Javier Picado Elizondo  
SUSTENTANTE

## Dedicatoria y agradecimientos

Dedicado a mi hijo Santiago y a mi familia.

### Agradecimientos especiales:

A Dios por permitirme continuar mi formación profesional y personal.

A mi esposa, por la comprensión y apoyo.

Al equipo de trabajo del Ingenio Milton Fonseca de CoopeAgri R.L, por la apertura y colaboración.

Al profesor tutor, Félix Cañet Prades, por la guía y compromiso mostrado para la finalización de esta investigación. A la profesora y lectora Ana Cecilia Segreda por sus recomendaciones y acompañamiento.

A los profesores y personal administrativo de la Universidad para la Cooperación Internacional (UCI) por su tiempo y aportes durante el ciclo de la Maestría.

## Contenido

Hoja de aprobación .....	ii
Dedicatoria y agradecimientos.....	iii
Contenido.....	iv
<b>RESUMEN EJECUTIVO</b> .....	vi
<b>ABSTRACT</b> .....	vii
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	viii
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	ix
<b>ABREVIATURAS</b> .....	x
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	12
1.1. Antecedentes .....	12
1.2. Problemática .....	16
1.3. Justificación.....	17
1.4. Objetivos .....	19
1.4.1. Objetivo General .....	19
1.4.2. Objetivos Específicos.....	19
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	20
2.1 La producción primaria de alimentos y su relación con normativas legales y reglamentarias ..	20
2.2 Organización Mundial del Comercio (OMC) y las Tres Hermanas .....	21
2.2.1 Codex Alimentarius .....	22
2.2.2 La Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (CIPF) .....	22
2.2.3 Organización Mundial de la Sanidad Animal (OIE).....	23
2.3 Estándares voluntarios y legislación pública.....	24
2.4 Dimensiones de la producción alimentaria .....	27
2.5 Comercio y medio ambiente.....	29
2.6 Relaciones entre población y tierra .....	30
2.6.1 Efectos de la producción de alimentos sobre la diversidad biológica .....	31
2.7 Contaminación de los suelos .....	34
2.7.1 La contaminación del suelo por productos fitosanitarios. ....	37
2.8 Enfoques agroecológicos y Objetivos para el Desarrollo Sostenible .....	37
2.9 Límites planetarios y Sostenibilidad.....	43
2.10 El enfoque “Una Salud” .....	48
<b>3. METODOLOGÍA</b> .....	50
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	52
4.1 Impactos de la producción de caña de azúcar sobre los límites planetarios locales. ....	52
4.2 Caña de azúcar y su superficie cultivada.....	53
4.3 Estado del suelo para el cultivo de caña de azúcar .....	57
4.4 Evaluación de los ciclos de nitrógeno (N <sub>2</sub> ) y fósforo (P).....	58
4.5 Cálculo para la aplicación de fertilizantes sintéticos.....	60

4.6	Quema de cañales antes de la cosecha.....	66
4.7	Aplicaciones de plaguicidas en la producción primaria.....	68
4.8	Límites Máximos de Residuales de Plaguicidas (LMR).....	74
4.9	Plaguicidas y su relación con los humanos.....	76
4.10	Casos de intoxicaciones por plaguicidas en la Región Brunca.....	79
4.11	Certificaciones y Normativas voluntarias (Inocuidad y Sostenibilidad).....	81
4.12	Inocuidad alimentaria.....	82
4.13	Sostenibilidad.....	84
4.14	Índice de Desarrollo Social (IDS) y límites biofísicos.....	86
4.15	Estrategia de gestión sostenible de la producción de caña de azúcar dentro de la donut o rosquilla.....	93
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>104</b>
<b>6.</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>109</b>
<b>7.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>112</b>
<b>8.</b>	<b>Anexo 1. Chárter del proyecto de investigación.....</b>	<b>120</b>

## RESUMEN EJECUTIVO

Esta investigación consiste en la evaluación del cultivo de la caña de azúcar en la Zona Sur de Costa Rica, específicamente para las fincas propiedad de CoopeAgri R.L, para la implementación de los requerimientos de un Sistema de Gestión de la Inocuidad Alimentaria (SGIA) bajo el enfoque “Una Salud”, que contempla, la salud humana, animal, vegetal y de los ecosistemas, bajo el principio de no causar enfermedades a los consumidores, deteriorar al ambiente y preservar la biodiversidad, para asegurar la estabilidad del planeta y la satisfacción de vida de la población.

Se realiza un análisis normativo y regulatorio, así como de la aplicación de agroquímicos y de los indicadores ambientales y de desarrollo social.

Se consideran umbrales de acción asociados a los ciclos biogeoquímicos de nitrógeno ( $N_2$ ) y fósforo (P), el uso de plaguicidas y recambio en el uso de la tierra para determinar el impacto ambiental y agrícola.

Los resultados evidencian la ausencia de microorganismos patógenos, el cumplimiento para los límites máximos residuales (LMR) de plaguicidas, y la ausencia de metales pesados en el producto terminado.

Con respecto a la aplicación de fósforo (P) como nutriente en forma de óxido de fósforo ( $P_2O_5$ ), el límite planetario establecido en alto riesgo es de 7,5 kg/ha/año y la aplicación es de 56,75 kg/ha/año. Mientras que el límite seguro se ubica por debajo de 4,1 kg/ha/año.

Con respecto al nitrógeno ( $N_2$ ), el límite planetario de alto riesgo se estableció en 55 kg/ha/año, la aplicación alcanza 142,2 kg/ha/año, con límites seguros por debajo de 41 kg/ha/año.

La aplicación de plaguicidas es de 6,77 kg ia/ha/año, superior al 6,5 kg ia/ha/año establecido como límite planetario; el promedio mundial ronda los 2,6 kg/ha.

Uno de los factores más relevantes determinados en la investigación es el uso de controles biológicos, empleando parasitoides, específicamente avispa *Cotesia flavipes* y hongos entomopatógenos, eliminando el uso de fungicidas. Además, la aplicación de compostajes antes de la siembra para mejorar el suministro de nutrientes.

Esto demuestra la posibilidad de combinar el sistema agroalimentario de la caña de azúcar con el enfoque Una Salud y una buena calidad de vida para todos dentro de la “rosquilla o donut” y los límites planetarios, combinando así ecología y economía.

Palabras clave: Una salud, límites planetarios, caña de azúcar, inocuidad.

## ABSTRACT

This investigation consists on the evaluation of the sugar cane crops in Costa Rica in the Southern Zone, and specifically for the farms owned by CoopeAgri R.L., for the implementation of the requirements of a Food Safety Management System under the "One Health" approach that considers human, animal, plant and ecosystem health, under the principle of guaranteeing that it does not cause illnesses to consumers, deteriorate the environment and biodiversity, to ensure the stability of the planet and the life satisfaction of the population.

A normative and regulatory analysis is carried out, as well as the application of agrochemicals and environmental and social development indicators.

Those action thresholds associated with the biogeochemical cycles of nitrogen ( $N_2$ ) and phosphorus (P) and the use of pesticides were considered, as well such as the change in land use to determine the environmental and agricultural impact.

The results showed the absence of pathogenic microorganisms, the compliance with the maximum residual limits (MRLs) of pesticides, and the absence of heavy metals in the finished product.

Regarding to the application of phosphorus (P) as a nutrient in the form of phosphorus oxide ( $P_2O_5$ ), the established planetary limit of high risk is 7.5 kg/ha/year and that the application is 56.75 kg/ha/year. While the safe limit is located below 4.1 kg/ha/year.

With respect to nitrogen ( $N_2$ ), the planetary high-risk limit was set at 55 kg/ha/year, while application reaches 142.2 kg/ha/year, with safe limits below 41 kg/ha/year.

It was determined that 6.77 kg ai / ha / year of pesticides is used, higher than the 6.5 kg ai / ha / year established as a planetary limit; the world average is around 2.6 kg / ha.

One of the most relevant factors determined in the research is the use of biological controls, thus eliminating the use of fungicides, using parasitoids, specifically *Cotesia flavipes* wasps and entomopathogenic fungi. With a coverage of 927.3 hectares, (15.39% of the national territory), 3.97 hectares corresponded to farms owned by the cooperative. As well as the application of compost before planting to improve the supply of nutrients

This demonstrates the possibility of combining the sugarcane agro-food system with the One Health approach and a good quality of life for everyone within the donut and the planetary limits, thus combining ecology and economy.

Key words: One health, planetary limits, sugar cane, food safety.

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Límites planetarios evaluados para la producción de caña de azúcar. ....	13
Tabla 2. Distribución de la producción de caña de azúcar en Costa Rica 2017-2018.....	53
Tabla 3. Área sembrada y cosechada (ha) con caña de azúcar según región productora en el 2013. .....	54
Tabla 4. Porcentaje de cambio en el uso de suelo para el cultivo de caña de azúcar. ....	56
Tabla 5. Resultados químicos del suelo con cultivo de caña de azúcar. ....	58
Tabla 6. Niveles de nutrientes requeridos en el cultivo de la caña de azúcar en la Zona Sur.....	59
Tabla 7. Formulaciones comerciales, dosis y épocas de aplicación en el cultivo de caña de azúcar. .....	60
Tabla 8. Cantidad de fertilizantes a aplicar (kg/ha). ....	62
Tabla 9. Recomendaciones de fertilizantes a utilizar y aplicado. ....	62
Tabla 10. Límites planetarios para la aplicación de fósforo (P).....	63
Tabla 11. Cálculo de la aplicación de P/ha. ....	63
Tabla 12. Limite planetario para el Nitrógeno (N <sub>2</sub> ).....	64
Tabla 13. Emisión de óxido nitroso (N <sub>2</sub> O) por cultivo de caña de azúcar en la Región Brunca de Costa Rica.....	65
Tabla 14. Emisión de CO por quema de cañales .....	67
Tabla 15. Herbicidas aplicados para el control de malezas en CoopeAgri R.L. ....	69
Tabla 16. Comparativo de aplicación de herbicidas vs recomendaciones.....	70
Tabla 17. Comparación del límite planetario de pesticidas. ....	72
Tabla 18. Consumo de pesticidas/ha cultivable para cada país o región .....	73
Tabla 19. Resumen de clases de plaguicidas incluidos en los LMR para el cultivo de la caña de azúcar.....	75
Tabla 20. Cumplimiento de los LMR nacionales de plaguicidas .....	76
Tabla 21. Efectos de los plaguicidas sobre la salud de las personas en Costa Rica. ....	77
Tabla 22. Modo de intoxicación con plaguicidas en la Región Brunca.....	81
Tabla 23. Resultados de análisis microbiológicos para patógenos en producto terminado. ....	83
Tabla 24. Resultados de análisis microbiológicos en producto terminado.....	83
Tabla 25. Comparación de límites biofísicos CR vs G20.....	89
Tabla 26. Comparación de los indicadores sociales CR vs G20. ....	92
Tabla 27. Cobertura anual del programa Cotesia flavipes por beneficiario .....	97
Tabla 28. Análisis químico de suelo Sección Playitas lote 19 antes aplicación cachaza año 2008 y un año después 2009. ....	100
Tabla 29. Programas de CoopeAgri R.L asociados a los ODS.....	100



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Contribución de la agricultura como impulsor de la transgresión de los límites planetarios. ....	14
Figura 2. Resistencia a los antimicrobianos y pesticidas. ....	15
Figura 3. Interacciones entre los estándares públicos y privados. ....	25
Figura 4. Evolución de la disponibilidad per cápita mundial de todos los grupos de alimentos (1963-2013) en kg/persona/año. ....	28
Figura 5. Crecimiento proyectado de la población mundial. ....	31
Figura 6. Causas de contaminación del suelo y tierras. ....	35
Figura 7. Fuentes agrícolas de contaminación del suelo. ....	36
Figura 8. Objetivos para el Desarrollo Sostenible. ....	41
Figura 9. El espacio seguro y justo en el que la humanidad puede desarrollarse. ....	46
Figura 10. Conexión entre los ODS y los sistemas alimentarios. ....	47
Figura 11. Hectáreas sembradas de caña de azúcar en Costa Rica vs Región Brunca. ....	55
Figura 12. Casos de intoxicaciones por plaguicidas en la Región Brunca. ....	79
Figura 13. Casos de intoxicaciones por herbicidas en la Región Brunca. ....	80
Figura 14. Distribución de las hectáreas sembradas propiedad de CoopeAgri R.L. ....	86
Figura 15. IDS de los distritos donde se cultiva caña de azúcar. ....	87
Figura 16. Incidencia de la pobreza en la Región Brunca vs nivel nacional. ....	88
Figura 17. Transgresión de los límites biofísicos Costa Rica vs G20. ....	91

## ABREVIATURAS

AMMDR: Áreas de mayor y menor desarrollo relativo  
BAF: Factor de bioacumulación  
CATSA: Central Azucarera del Tempisque S.A.  
CDB: Convenio sobre la Diversidad Biológica  
CIPF: Convención Internacional de Protección Fitosanitaria  
DIECA: Departamento Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar  
EPA: Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos  
FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación  
FONAFIFO: Fondo Nacional de Financiamiento Forestal  
GAM: Gran Área Metropolitana  
GEI: Gases de efecto invernadero  
Ha: Hectárea  
ia: Ingrediente activo de los pesticidas  
ICC: Cámara Internacional de Comercio (siglas en inglés)  
IDH: Índice de Desarrollo Humano  
IDS: Índice de Desarrollo Social  
IPPC: Directiva Europea relativa a la prevención y control integrados de la contaminación  
IRET: Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas  
LAICA: Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar  
LMR: Límites máximos de residuos de plaguicidas  
MAG: Ministerio de Agricultura y Ganadería  
MEIC: Ministerio de Economía Industria y Comercio  
MIDEPLAN: Ministerio de Desarrollo y Planificación  
MSF: medidas sanitarias y fitosanitarias  
ODS: Objetivos para el Desarrollo Sostenible

OIE: Organización Internacional de Epizootias (Organización Mundial de Salud Animal).

OIT: Organización Internacional del Trabajo

OMC: Organización Mundial del Comercio

OMS: Organización Mundial de la Salud

ONG: Organización No Gubernamental

ONPF: Organizaciones Nacionales de Protección Fitosanitaria

ONU: Organización de las Naciones Unidas

ORPF: Organizaciones Regionales de Protección Fitosanitaria

PFG: Proyecto Final de Graduación

PSA: Pago de Servicios Ambientales

SAFA: Evaluación de sostenibilidad de los sistemas alimentarios y agrícolas

SENASA: Servicio Nacional de Salud Animal.

SFE: Servicio Fitosanitario del Estado

TEEB: La economía de los ecosistemas y la biodiversidad

UE: Unión Europea

UNA: Universidad Nacional de Costa Rica

USDA: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Antecedentes

En la declaración de Roma sobre seguridad alimentaria (FAO, 1999) se establece que, el acceso a alimentos de buena calidad es una de las prioridades del hombre. La inocuidad de los alimentos es un requisito obligatorio de la calidad de éstos, por lo que exige la ausencia de contaminantes, adulterantes y toxinas que puedan ser nocivas para la salud con carácter agudo o crónico, debido a esto es que se ha establecido que la inocuidad no es negociable.

El desafío de garantizar la seguridad alimentaria y la nutrición de los consumidores se ve agravado por la variable del entorno mundial, que se caracteriza por los desplazamientos de población, la rápida urbanización y los cambiantes estilos de vida, así como por la escasez de recursos naturales y el cambio climático. La competencia por los recursos naturales con fines de alimentación y de otro tipo no es nueva, pero la naturaleza e intensidad de la competencia han cambiado considerablemente en el último decenio debido a la intensificación de las actividades humanas, y se ejerce cada vez más presión sobre la tierra, el agua, la diversidad biológica, la energía y los nutrientes (ONU, 2015).

Recientemente se ha desarrollado el enfoque de los límites planetarios o espacio operativo seguro para la humanidad, definido como el conjunto de condiciones necesarias para que las sociedades humanas se desarrollen y prosperen, basándose en los 9 procesos biofísicos que regulan la estabilidad del sistema de la Tierra, en particular: integridad de la biosfera (biodiversidad total y funcional), los flujos biogeoquímicos, el cambio del sistema de tierras, el uso del agua dulce, el cambio climático, la acidificación de los océanos, el agotamiento del ozono

estratosférico, la carga de aerosoles atmosféricos y la introducción de entidades nuevas (Steffen, y otros, 2015).

En la tabla 1, se indican los límites planetarios utilizados para esta investigación y los rangos considerados según los criterios de aplicación.

Tabla 1. Límites planetarios evaluados para la producción de caña de azúcar.

Variable	Unidad	Límites planetarios		
		Seguro	Riesgo creciente	Alto Riesgo
Nitrógeno aplicado como fertilizantes sintéticos	kg/ha/año	41	41-55	>55
Fósforo aplicado como fertilizantes sintéticos	kg/ha/año	<4.1	4,1-7,5	>7,5
Pesticidas	kg ia/año			>6,2
Cambio de uso de suelo	% de recambio		54 – 75	

Elaborado con información de (Carvalho, 2017), (Campbell, y otros, 2017) y (Steffen, y otros, 2015) (Chemnitz, Luig, & Schimpf, 2017).

El cambio de uso de tierra se establece, de acuerdo con el porcentaje del área agrícola en relación con el área forestal original, considerando los “cultivos flexibles” palma aceitera, maíz, caña de azúcar y soja que desde finales del siglo XX han tenido un aumento exponencial del área utilizada, ya que no son utilizados solo como alimento para los humanos, sino también como alimento para animales, producción de biocombustibles y materias primas industriales (Chemnitz, Luig, & Schimpf, 2017).

La agricultura es en la actualidad uno de los sistemas que tiene mayor participación sobre el impacto y la alteración de los “límites planetarios” seguros de la tierra, debido al impacto de los sistemas alimentarios sobre la integridad de la biosfera y los ciclos biogeoquímicos que son dos de los límites que se han catalogado de alto

riesgo y ya han sido superados. Además, tres límites se encuentran en una zona de incertidumbre, el recambio de uso de suelo y el uso de agua dulce con la contribución y el impacto significativo al cambio climático. Para estos cinco límites planetarios, se considera a la agricultura como el principal impulsor de agravamiento de la pérdida del espacio operativo seguro para la humanidad (Campbell, y otros, 2017), tal como se observa en la figura 1.

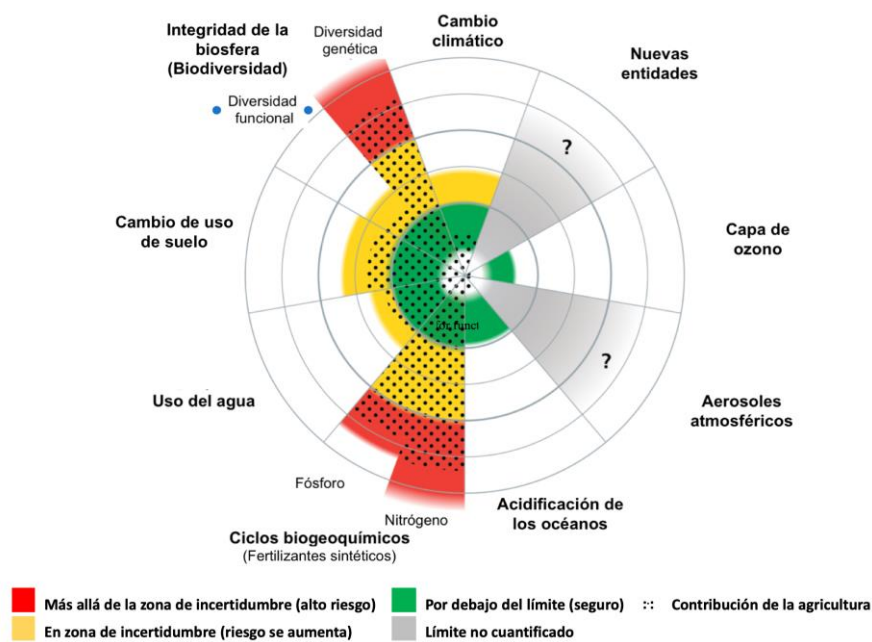


Figura 1. Contribución de la agricultura como impulsor de la transgresión de los límites planetarios.

Fuente: Tomada de (Campbell, y otros, 2017).

En este sentido, hay que mencionar el trabajo del Proyecto Viviendo con la Resistencia (Jorgensen, y otros, 2018), donde se reporta los niveles crecientes de resistencia a los productos antimicrobianos y pesticidas, y como socavan cada vez más la salud humana y los sistemas para la producción de biomasa, y enfatizan el desafío de la sostenibilidad para preservar organismos susceptibles a estos biocidas.

En la figura 2, se presentan los impactos, que en la producción agrícola y azucarera pudieran estar relacionados con el uso de herbicidas.

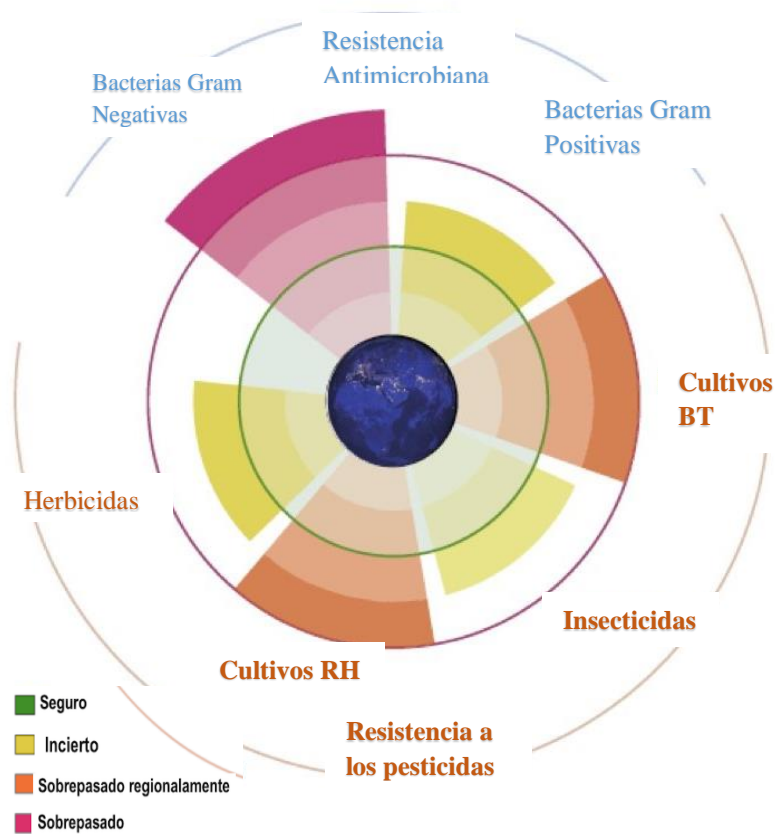


Figura 2. Resistencia a los antimicrobianos y pesticidas.

Fuente: Tomada y adaptada de (Jørgensen, y otros, 2018).

De la figura 2, es importante mencionar que los cultivos RH son transgénicos con genes de resistencia a herbicidas, tal como el glifosato que es uno de los más utilizados a nivel mundial. Por su parte, los cultivos BT son transgénicos modificados para producir toxinas de la bacteria del suelo *Bacillus thuringiensis* que tiene efectos letales sobre insectos.

A las alteraciones anteriores, se suman los impactos sociales (FAO, 2018), por lo que para reducir el papel de la agricultura en la transgresión de las fronteras planetarias, se necesitan muchas intervenciones, incluidas las de sistemas alimentarios más amplios y promover sistemas agrícolas más eficaces para aliviar la pobreza rural, ya que el crecimiento agrícola ejerce un impacto más pronunciado que el crecimiento industrial para reducir la pobreza (Norton, 2004).

## **1.2. Problemática**

En la actualidad, muchas empresas certifican sus procesos y productos bajo esquemas ambientales, de inocuidad o calidad a través de la realización de auditorías de cumplimiento, las cuales evalúan la actuación de las compañías con respecto al esquema deseado. Sin embargo, éstas no consideran en su totalidad las transgresiones a los límites planetarios y se basan en el cumplimiento de la legislación nacional y el mejoramiento continuo de su desempeño.

Lamentablemente, las acciones para preservar la salud humana, animal, vegetal y de los ecosistemas están siendo abordadas, por las ciencias médicas, veterinarias, agrónomos y ambientalistas con visiones tradicionalistas y sectorizadas propias de las diferentes especialidades aisladas, por lo que se necesita un cambio de paradigma que permita des-sectorizar estas actividades, en función de la adopción de estrategias integrales destinadas a prevenir y mitigar las amenazas para la salud global.

Es necesario integrar el cumplimiento normativo, el desarrollo de los sistemas productivos y de las sociedades humanas, asegurando el mantenimiento del planeta tierra bajo el enfoque Una Salud-Salud Planetaria, ambos conceptos enfocados en el nivel más alto de bienestar y equidad, el cual se puede lograr con la participación,



inclusión e integración de elementos humanos, políticos y sociales que permitan establecer la capacidad del humano de vivir en armonía (Lerner & Berg, 2017).

El cultivo de la caña de azúcar en Costa Rica constituye una de las actividades agrícolas denominadas tradicionales dentro del sector agropecuario por la gran importancia en la economía del país. Con una participación de 14 545 millones de colones representó el 0.9% del Producto Interno Bruto en el 2018 (SEPSA, 2019). Según datos de (LAICA, 2019), el sector cañero de Costa Rica está compuesto por más de 7000 productores y más de 60000 hectáreas sembradas, el componente social integra, articula y complementa perfectamente con la gestión que lleva desde el campo a el ingenio y la labor comercial hasta su llegada al mercado nacional e internacional.

### **1.3. Justificación**

Bajo estos principios, se busca realizar una evaluación de las condiciones actuales para el establecimiento e implementación de un Sistema de Gestión de la Inocuidad (SGIA) basado en el enfoque Una Salud, que permita generar una conciencia de cambio y que sirva de herramienta para fortalecer al sector cañero de la Zona Sur de Costa Rica.

Lo que se pretende lograr es que, a través de éste se pueda evaluar y asegurar el cumplimiento normativo y regulatorio de la cadena, pero además los impactos de este sobre la estabilidad de la Tierra en cada una de sus fases. Evaluando la correcta aplicación de plaguicidas y otros agroquímicos, al igual que su afectación sobre las personas y el ecosistema, para determinar cuál es el impacto de la producción de caña de azúcar en el bienestar y satisfacción de vida de la población. Finalmente, se justifica el desarrollo de este proyecto final de investigación (PFG), porque éste busca analizar la realidad del sector, para dotar a los interesados de

nuevas herramientas para realizar una gestión holística de la inocuidad alimentaria, considerando la interconexión existente entre la salud humana, animal, vegetal y de los ecosistemas en la producción de caña de azúcar.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo General**

Diseñar un sistema de gestión de la inocuidad basado en el enfoque Una Salud, para fortalecer la producción de caña de azúcar en Zona Sur de Costa Rica.

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

Aplicar un sondeo cuantitativo que permita darle seguimiento al impacto ambiental y agrícola relacionado con el uso de la tierra destinada para la producción de caña de azúcar como monocultivo.

Analizar el sistema normativo y regulatorio que interviene en la cadena agroalimentaria, para el respectivo cumplimiento durante la producción de caña de azúcar.

Evaluar el uso y aplicación de agroquímicos a nivel de fincas de producción, para darle seguimiento a su relación con la sostenibilidad del sector cañero.

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 La producción primaria de alimentos y su relación con normativas legales y reglamentarias**

Todos los países necesitan contar con legislación de seguridad alimentaria que garantice suministros nacionales inocuos, nutritivos y de calidad, Además, de que éstos estén disponibles en cantidades adecuadas y precios accesibles, con el fin de asegurar que todos los grupos de la población puedan gozar de un estado de salud y nutrición aceptable.

El control de los alimentos incluye todas las actividades que se lleven a cabo para asegurar la inocuidad, la calidad y la presentación establecida para el alimento en todas las etapas o sea desde la producción primaria, pasando por la elaboración y almacenamiento, hasta la comercialización y el consumo (FAO, 2002). Además, ésta incluye todas las iniciativas que se emprenden de conformidad con un procedimiento integrado, en el que participan el gobierno y todos los segmentos y sectores de la industria alimentaria.

En la gestión de la producción primaria, el desafío más importante consiste en integrar el papel que cumple el gobierno con el del productor primario y la necesidad de que los gobiernos participen en el control de los peligros asociados a la producción primaria, en especial mediante la regulación de los plaguicidas y de los medicamentos veterinarios, la identificación y el control de los peligros medio ambientales, y el desarrollo de documentos relativos a las Buenas Prácticas Agrícolas (FAO, 2002).

## 2.2 Organización Mundial del Comercio (OMC) y las Tres Hermanas

La OMC, es la entidad que establece el acuerdo sobre la Aplicación de las Medidas Sanitarias y Fitosanitarias (Acuerdo MSF), cuya finalidad es asegurar que el comercio de alimentos para los consumidores de un país sea seguro — de conformidad con normas aceptables — y garantizar al mismo tiempo que no se utilicen reglamentos estrictos de salud y seguridad para proteger a los productores nacionales de la competencia (OMC, 2019).

En el Acuerdo MSF, se reconocen tres organizaciones de normalización conocidas como “las tres hermanas”:

- La Comisión FAO/OMS del Codex Alimentarius, para la inocuidad de los alimentos.
  
- La Oficina Internacional de Epizootias, que es la organización internacional para la salud de los animales (OIE, por sus siglas en francés).
  
- La secretaría de la FAO para la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria, para la preservación de los vegetales (CIPF).

La Comisión del Codex Alimentarius, OIE, y CIPF son los instrumentos reconocidos para la elaboración de normas, directrices y recomendaciones internacionales destinadas a contribuir para asegurar la inocuidad de los alimentos, para proteger la salud de las personas, así como la salud de los animales y la preservación de los vegetales (FAO, 2002).

### **2.2.1 Codex Alimentarius**

Se conoce como Codex Alimentarius al conjunto de normas y directrices aprobadas por la comisión correspondiente, la cual fue establecida por la FAO y la OMS, con la finalidad de proteger la salud de los consumidores y promover prácticas leales en el comercio alimentario.

Sin embargo, las normas del Codex y textos afines tienen carácter voluntario. Para ser aplicables deben ser transpuestos a la legislación o reglamentos nacionales.

Actualmente, la Comisión del Codex Alimentarius está integrada por 189 Miembros de ésta, 188 Estados Miembros y 1 Organización Miembro (Unión Europea). En Costa Rica, el ente que cumple la función de ser el contacto directo con esta comisión es el Ministerio de Economía, Comercio e Industria (MEIC).

Como resultado de la labor realizada por el *Codex Alimentarius*, se ha evaluado la inocuidad de más de 760 aditivos y contaminantes alimentarios, y se han definido más de 2 500 límites máximos para residuos de plaguicidas (LMR) y más de 150 para medicamentos veterinarios que en la actualidad están en vigencia (CCA 2020).

### **2.2.2 La Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (CIPF)**

Éste es un tratado internacional que tiene como finalidad lograr una acción coordinada y eficaz para prevenir y combatir la introducción y propagación de plagas de las plantas y productos vegetales. También, protege los recursos vegetales de las plagas sin anteponer barreras innecesarias al comercio y el transporte.

Dentro de sus objetivos se pueden mencionar (CIPF, 2020):

- Proteger la agricultura sostenible y mejorar la seguridad alimentaria mundial.

- Proteger el medio ambiente, los bosques y la biodiversidad.
- Facilitar el desarrollo económico y comercial.

Actualmente, la CIPF está compuesta por 183 países (partes contratantes) (CIPF, 2020) que conforman una red de socios internacionales de todo el mundo, entre los que se incluyen Organizaciones Regionales de Protección Fitosanitaria (ORPF) y Organizaciones Nacionales de Protección Fitosanitaria (ONPF). En Costa Rica el punto de contacto es el Servicio Fitosanitario del Estado, Ministerio de Agricultura y Ganadería.

### **2.2.3 Organización Mundial de la Sanidad Animal (OIE)**

Inicialmente conocida como la Oficina Internacional de Epizootias, de donde provienen sus siglas OIE. En mayo de 2003, esta entidad se convirtió en la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE, 2020) manteniendo sus siglas OIE.

Una de las misiones de la OIE consiste en garantizar la transparencia de la situación de la salud animal en el mundo y mejorar los conocimientos que se tienen de ella. Entre las obligaciones formales de los Países Miembros de la OIE (actualmente 182) figura el envío del modo más oportuno y transparente de información sobre las enfermedades animales pertinentes - incluidas las zoonosis presentes en su territorio.

De acuerdo con (OIE, 2020) en la actualidad se estima que:

- El 60% de las enfermedades humanas infecciosas son zoonóticas.
- Cinco de las enfermedades humanas que aparecen cada año, 3 son de origen animal.

- Al menos un 75% de los agentes patógenos de las enfermedades son infecciones emergentes del ser humano (incluido el ébola, VIH, o la influenza son de origen animal.
- El 80% de los agentes patógenos que pueden utilizarse con fines de bioterrorismo son zoonóticos.
- En Costa Rica la entidad de contacto es el SENASA del Ministerio de Agricultura y Ganadería.

### **2.3 Estándares voluntarios y legislación pública**

Todos los estándares creados y aprobados por organizaciones internacionales se convierten en estándares públicos que pueden ser adoptados por los gobiernos e implementados por empresas privadas. (Santacoloma, 2014) menciona que las normas permanecen voluntarias hasta que son adoptadas por un gobierno nacional, que determina cómo se harán cumplir. Si un país adopta un estándar voluntario como la legislación nacional de inocuidad alimentaria, entonces la regulación se convierte en obligatoria con evaluación de conformidad pública y cumplimiento de la norma. Si un país adopta la norma como norma voluntaria por una autoridad designada, y no como legislación a través de la legislatura, la evaluación de conformidad y la aplicación de la norma puede realizarse a través de organismos públicos o privados.

Diferentes medidas podrían ser equivalentes, si aseguran el mismo nivel de protección sanitaria contra riesgos de enfermedades o contaminación. El artículo 4 del Acuerdo MSF exige a los gobiernos la obligación de reconocer las medidas equivalentes de otros gobiernos, sujetos a determinadas condiciones.

Entonces, en respuesta a estas fuerzas impulsoras principales, surgen dos tipos principales de estándares privados:



1. Los que se ocupan de las preocupaciones de seguridad alimentaria.
2. Los que se centran en los intereses social y medioambiental de los consumidores.

Estos dos tipos de estándares apuntan hacia objetivos diferentes y exhiben características estructurales y operativas distintas. Usualmente, la implementación de normas relacionadas con la seguridad alimentaria no implica una etiqueta o una mejora en el precio para los productores, pero en cambio, exhiben una cadena de suministro con integración más alta. Ejemplos de esta categoría son estándares tales como Global GAP, SQF 1000/2000, FSSC 2200 o Estándar global BRC.

Por otra parte, los estándares sociales y ambientales tienen como objetivo la diferenciación de productos para acceder a mercados de mayor valor. Algunos ejemplos de los estándares diferenciados son de productos orgánicos, indicaciones geográficas (IG) o estándares de comercio justo (Santacoloma, 2014).

En la figura 3 se muestra la interacción entre los estándares públicos y privados.

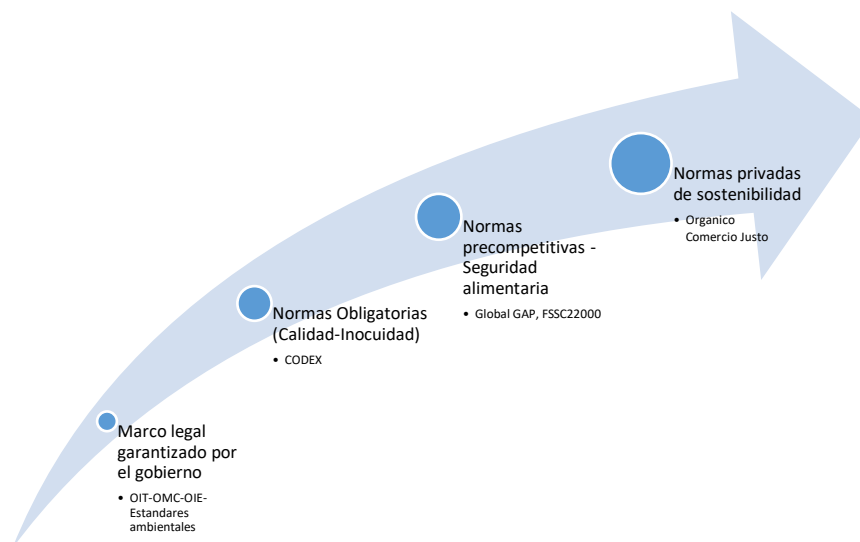


Figura 3. Interacciones entre los estándares públicos y privados.

Fuente: Adaptado de (FAO/UNEP, 2014).

Los estándares diferenciados también pueden superponerse con los estándares desarrollados internacionalmente. Por ejemplo, en derechos laborales o trabajo infantil como los desarrollados por la Organización Internacional del Trabajo (OIT) o normas ambientales como el Código de Conducta de la FAO para la pesca responsable.

Por encima de este nivel de cumplimiento legal, las normas privadas (inocuidad alimentaria, normas sociales y medioambientales) pueden alcanzar los objetivos establecidos. Además, en algunas circunstancias y como tendencia al alza, las empresas o asociaciones de empresas establecen normas privadas dirigidas tanto a la inocuidad de los alimentos como a los problemas sociales y medioambientales que desdibujan los límites entre categorías.

Esto requiere que la organización de las instituciones, las inversiones y el desarrollo de capacidades en los países se organicen con las prioridades nacionales de desarrollo sostenible.

Por lo tanto, se deben implementar nuevos mecanismos de gobernanza a nivel global y nacional. Varias iniciativas proponen actores privados y públicos a nivel internacional para gestionar la dinámica de las interacciones entre estándares públicos y privados (Santacoloma, 2014).

La producción primaria, definida por (FAO, 2002) como: “Las fases de la cadena alimentaria hasta alcanzar, por ejemplo, la cosecha, el sacrificio, el ordeño y la pesca” deberán realizarse de manera que se asegure que el alimento sea inocuo y apto para el uso al que se destina.

En caso necesario, esto incluye:

- Evitar el uso de zonas donde el medio ambiente represente una amenaza para la inocuidad de los alimentos;
- Controlar los contaminantes, las plagas y las enfermedades de animales y plantas, de manera que no representen una amenaza para la inocuidad de los alimentos;
- Adoptar prácticas y medidas que permitan asegurar la producción de alimentos en condiciones de higiene apropiadas.

Uno de los riesgos para la salud puede ocurrir, si los productos primarios se contaminan como resultado del uso inadecuado de plaguicidas o de medicamentos veterinarios, o a causa de la contaminación medio ambiental. Además de proteger la salud, los programas eficaces de control de residuos, del uso de plaguicidas y medicamentos veterinarios y de gestión ambiental, permiten a cada país participar en el comercio internacional de alimentos con mayor confianza.

En efecto, un programa eficaz de control de residuos puede servir como base para certificar la inocuidad de las exportaciones de productos alimentarios de un país y permitirle a la vez asegurarse de la inocuidad de sus propias importaciones de alimentos.

## **2.4 Dimensiones de la producción alimentaria**

Según estudios realizados por (Díaz, Golberg, & Fernández, 2016), la disponibilidad del conjunto de alimentos per cápita a nivel mundial en los últimos cincuenta años se ha incrementado un 33,3%. Es decir, cada persona en teoría dispondría de un volumen de alimentos un tercio mayor al que contaba en 1963. Partiendo ese año de una disponibilidad per cápita mundial para todos los alimentos de 763,5

kg/persona/año, se alcanza en 2013 una disponibilidad equiparable de 1017 kg/persona/año. En la figura 4, se detallan los aportes de los principales grupos de alimentos a ese incremento de la disponibilidad total.

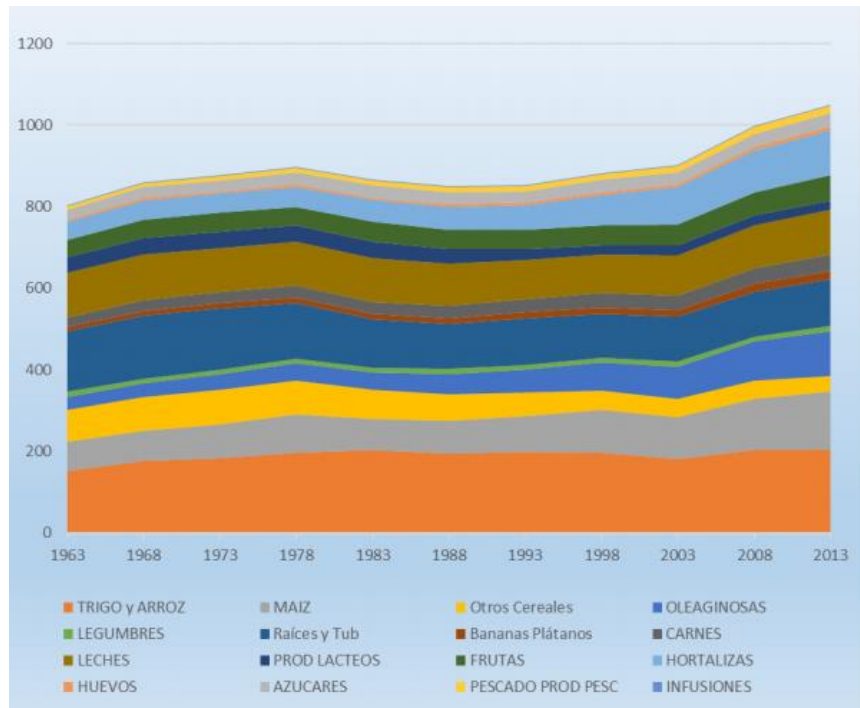


Figura 4. Evolución de la disponibilidad per cápita mundial de todos los grupos de alimentos (1963-2013) en kg/persona/año

Tomado de (Díaz, Golberg, & Fernández, 2016).

De acuerdo con la información de la figura 4, la disponibilidad de azúcares creció un 42% debido al aumento de disponibilidad del azúcar de caña que creció el 91%, mientras que la miel se mantiene sin cambios y el azúcar de remolacha cayó en un 34%.

En Costa Rica, según datos de (Chavarría Soto, 2017), la caña de azúcar molida y azúcar fabricado de 96° de polarización, entre el periodo del 2011 al 2016, tuvo un incremento nacional de 15%, la zona con mayor crecimiento fue la de Guanacaste

(20,9%), seguido de Puntarenas y la Zona Norte con 17,7% y 17,6% respectivamente. Por otro lado, la Zona Sur en el mismo periodo, presentó un incremento de 2,5%, zonas como el Valle Central y Turrialba-Juan Viñas disminuyeron su producción en 3,3% y 15,2%.

## **2.5 Comercio y medio ambiente**

La relación comercio-medioambiente se caracteriza por ser de alta sensibilidad política; además, éste es un tema controversial en muchos sentidos, ya que por mucho tiempo se han dado contradicciones entre el crecimiento económico y la conservación del medioambiente.

En Costa Rica, se ha ido integrando a la agenda nacional desde diferentes perspectivas, empezando porque se tiene como uno de los ejes de desarrollo nacionales, la apertura comercial basada en un modelo de desarrollo hacia fuera, con miras a una mayor integración del país en la economía internacional (Cordero Granados, 2005).

Por otro lado, se introduce el concepto de Desarrollo Sostenible a la política de desarrollo del país y se establece una nueva legislación ambiental.

En enero del 2018, Costa Rica asumió el liderazgo en coordinación con el programa ONU Medio Ambiente y convocó a los jefes de ONU Medio Ambiente, de la OMC, y de la Cámara Internacional de Comercio (ICC, por sus siglas en inglés) por medio de la cual se promueva la relación entre el comercio y el medio ambiente a la OMC (COMEX, 2018). En este foro, el Director General de la OMC subrayó que los desafíos ambientales son crecientes y el tiempo apremia, de ahí la importancia de hacer al comercio compatible con la agenda medioambiental.

Existe una realidad y es que según concluye (Cordero Granados, 2005) en su investigación, de que hoy prácticamente todos los problemas que afectan al ser humano tienen una dimensión medioambiental. En el sector exportador, por ejemplo, se está considerando la variable ambiental como un importante diferenciador de los productos. Ya es real la posibilidad de que se dé el rechazo de los productos que no cumplan con normas ambientales.

No se puede dejar de lado la relación que existe entre la producción, salud y el medio ambiente, ya que los procesos productivos son posibles fuentes de contaminación del agua y el aire con impactos graves sobre la tierra.

## **2.6 Relaciones entre población y tierra**

Se prevé que la población mundial llegará a 8,2 millardos para 2030, (en la figura 5 se muestra el crecimiento proyectado de la población hasta 2050). Esto significa que, la Tierra tendrá que alimentar a 1,5 millardos más de personas, de las cuales el 90 por ciento vivirá en los países en desarrollo. El crecimiento demográfico es considerado el principal responsable de los daños que está sufriendo la naturaleza, lo cual parece amenazar la supervivencia de la humanidad (FAO, 2007).

Uno de los desafíos mundiales a la luz de este crecimiento demográfico, será la capacidad de producir más alimentos con menos agua, incrementar la eficacia en el uso y la productividad del agua y garantizar el acceso equitativo a los recursos hídricos. Hoy en día, la agricultura de irrigación consume en torno al 70 por ciento de la extracción mundial de agua dulce. Este volumen sube al 95 por ciento en muchos países en desarrollo, mientras que el consumo industrial y doméstico representa alrededor del 20% y el 10%, respectivamente.

El principal impacto de la población sobre el medio ambiente está relacionado con dos variables fundamentales:

- El consumo de recursos.
- La producción de desperdicios y de contaminantes.

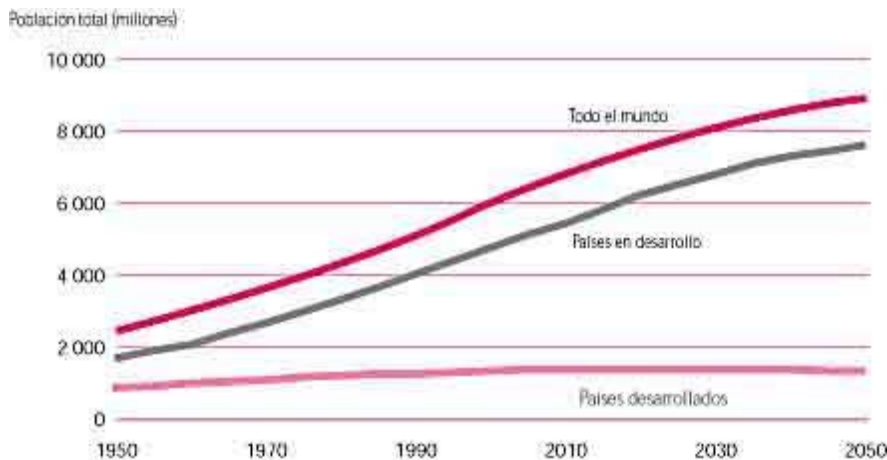


Figura 5. Crecimiento proyectado de la población mundial

Tomado de (FAO, 2001)

La agricultura se encuentra en una etapa de industrialización, y se está convirtiendo hoy día en una empresa cada vez de mayor escala en muchas partes del mundo. Los agricultores dependen cada día más de los proveedores de insumos como semillas, fertilizantes, maquinaria y plaguicidas. Al mismo tiempo, muchas veces tienen que atender a grandes minoristas de alimentos que exigen determinadas prácticas agronómicas y fijan fechas de entrega y características de calidad (FAO, 2001).

### 2.6.1 Efectos de la producción de alimentos sobre la diversidad biológica

La Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) (PMUNA, 2008) estableció cinco mensajes principales:

1. “La Biodiversidad es la base de la agricultura. Su mantenimiento es esencial para la producción de alimentos y otros productos agrícolas y los beneficios que estos proveen para la humanidad, incluyendo la seguridad alimenticia, la nutrición y el sustento.”

2. “La biodiversidad es el origen de todos los cultivos y el ganado doméstico y la variedad dentro de ellos. La biodiversidad en la agricultura y los paisajes proporciona y mantiene sistemas de ecosistemas esenciales para la agricultura”.

3. “La agricultura contribuye a la conservación y al uso sostenible de la biodiversidad, pero es también uno de los principales impulsores de su pérdida. Los agricultores y productores agrícolas son custodios de la biodiversidad agrícola y poseen el conocimiento necesario para gestionar y preservarla”.

4. “La agricultura promueve la biodiversidad al mismo tiempo que ésta la refuerza. La agricultura sostenible usa el agua, la tierra y los nutrientes de manera eficaz, produciendo al mismo tiempo beneficios económicos y sociales duradero”.

5. “Productores agrícolas responden a las exigencias de los consumidores y a las políticas gubernamentales. Para asegurar la seguridad alimenticia, la nutrición adecuada y el sustento estable para todos. Ahora y en el futuro, se tiene que aumentar la producción alimenticia, al mismo tiempo que se adopta una agricultura sostenible y eficiente, el consumo sostenible, y la planificación a nivel del paisaje, para asegurar la preservación de la biodiversidad”.

Para la OMS, la biodiversidad sostiene la vida en la Tierra y se refiere a la variedad que contiene la biota, desde la constitución genética de vegetales y animales hasta la diversidad cultural (OMS, 2019).

La salud humana depende en última instancia de los bienes y servicios de los ecosistemas (como el agua dulce, los alimentos y las fuentes de combustible), que



son indispensables para la buena salud humana y los medios productivos. La pérdida de biodiversidad puede ejercer un importante efecto directo en la salud humana si los servicios de los ecosistemas ya no alcanzan para satisfacer las necesidades sociales. La ONU en el objetivo 15 para el Desarrollo Sostenible, establece que se debe gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y detener la pérdida de biodiversidad (ONU, 2015).

Las actividades humanas están trastornando tanto la estructura como las funciones de los ecosistemas y alterando la biodiversidad autóctona. Algunas de estas alteraciones reducen la abundancia de ciertos organismos, propician la multiplicación de otros, algunos generan resistencia y otros modifican la interacción entre ellos alterando las interacciones entre los organismos y sus entornos físico y químico.

El sitio web (EFEverde, 2016) indica que los sistemas actuales de producción de alimentos son "ineficientes" e "insostenibles" y son responsables del 60% de la pérdida de biodiversidad a nivel global y del 24% de las emisiones de gases de efecto invernadero. La deforestación para agricultura, la sobreexplotación de caladeros y la contaminación de suelos (tema que se desarrollará con más detalle en el próximo apartado) y acuíferos son algunas de las causas directas de la pérdida de biodiversidad, a las que hay que sumar el impacto del cambio climático producido por el uso de combustibles fósiles.

Entre los procesos importantes que afectan a los reservorios y la transmisión de las enfermedades infecciosas cabe mencionar la deforestación; el cambio en el uso de los suelos; la gestión de los recursos hídricos, por ejemplo, mediante la construcción de represas, los sistemas de riego, la urbanización descontrolada o la aglomeración urbana; la resistencia a los insecticidas químicos empleados para controlar ciertos

vectores de enfermedades; la variabilidad y el cambio del clima; la migración, los viajes y el comercio internacional; y la introducción accidental o intencional de agentes patógenos para el ser humano.

## **2.7 Contaminación de los suelos**

(Rodríguez, McLaughlin, & Pennock, 2019) en el informe preparado para la FAO, definen como “contaminación del suelo” a la presencia de un producto químico o una sustancia fuera de sitio y/o presente en una concentración más alta de lo normal que tiene efectos adversos sobre cualquier organismo al que no están destinados. La contaminación del suelo con frecuencia no puede ser directamente evaluada o percibida visualmente, convirtiéndola en un peligro oculto.

Las preocupaciones sobre la contaminación del suelo van en aumento en todas las regiones. La Asamblea Ambiental de las Naciones Unidas (UNEA-3) adoptó una resolución que clama por acciones aceleradas y por ayuda para abordar y manejar la contaminación del suelo. Este consenso, logrado por más de 170 países, es un claro signo de la importancia global de la contaminación del suelo y de la voluntad de estos países de desarrollar soluciones concretas para abordar las causas e impactos de esta enorme amenaza.

Las principales fuentes antropogénicas de la contaminación del suelo son los agentes químicos utilizados o producidos como subproductos de actividades industriales, residuos domésticos, ganaderos y municipales (incluyendo aguas residuales), agroquímicos y productos derivados del petróleo, tal como se muestran en la figura 6. Estos productos químicos son liberados al ambiente accidentalmente, por ejemplo, por derrames petroleros o filtración de vertederos o, intencionalmente, como sucede con el uso de fertilizantes y plaguicidas, irrigación con aguas residuales no tratadas o aplicación al suelo de lodos residuales.

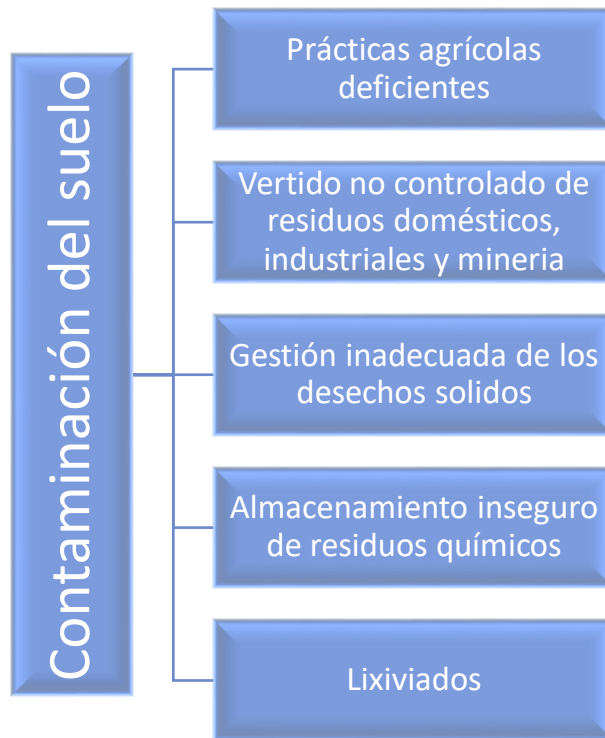


Figura 6. Causas de contaminación del suelo y tierras

Adaptación de (ONU, 2017)

De acuerdo con la Directiva Europea relativa a la prevención y control integrados de la contaminación (IPPC) (EC, 1996), las actividades industriales con mayor potencial de contaminantes pueden ser agrupadas en seis categorías principales:

- 1) industrias energéticas;
- 2) producción y procesamiento de metales;
- 3) industria mineral;
- 4) industria e instalaciones químicas;
- 5) manejo de desechos y
- 6) otras actividades (que incluyen la producción de papel y cartón, la fabricación de fibras o textiles, el curtido de cueros y pieles, los mataderos, la avicultura intensiva

o la crianza de cerdos, las instalaciones que usan solventes orgánicos y la producción de carbón o grafito.

Las fuentes agrícolas de contaminantes del suelo incluyen productos agroquímicos, como fertilizantes, tales como el estiércol animal, y los plaguicidas (ver figura 7). Las trazas de metales contenidos en estos agroquímicos, como el cobre (Cu), el cadmio (Cd), el plomo (Pb) y el mercurio (Hg), también se consideran contaminantes del suelo, ya que pueden perjudicar el metabolismo de las plantas y disminuir la productividad de los cultivos. Las fuentes de agua utilizadas para el riego también pueden causar contaminación del suelo si consisten en aguas residuales agrícolas, industriales o urbanas. El exceso de nitrógeno (N<sub>2</sub>) y los metales pesados no sólo son una fuente de contaminación del suelo, sino que además suponen una amenaza para la seguridad alimentaria, la calidad del agua y la salud humana cuando entran en la cadena alimentaria.



Figura 7. Fuentes agrícolas de contaminación del suelo.

Adaptado de (Rodríguez, McLaughlin, & Pennock, 2019).

### **2.7.1 La contaminación del suelo por productos fitosanitarios.**

Tradicionalmente, se han venido usando todo tipo de productos fitosanitarios (fertilizantes y plaguicidas) para conseguir mejorar la producción de las cosechas. Como resultado del cultivo, el suelo va agotando sus nutrientes y el agricultor compensa ese déficit incorporando más fertilizantes al suelo. Por otro lado, para combatir las plagas y las malas hierbas que disminuyen la producción se utilizan plaguicidas, herbicidas e insecticidas.

De acuerdo con su actividad biológica, los plaguicidas pueden clasificarse en insecticidas, fungicidas, herbicidas y rodenticidas según su toxicidad sea para insectos, hongos, malas hierbas o roedores. También existen los atrayentes, repelentes y esterilizantes de insectos que coadyuvan a su destrucción por medio de estas acciones (Dorrnsoro & García, 2019).

Al introducirlos en el medio ambiente, los fitosanitarios pueden seguir diversos caminos: ya sea la atmósfera, el suelo y/o el agua, pudiendo intercambiarse de un sistema a otro formando un ciclo.

## **2.8 Enfoques agroecológicos y Objetivos para el Desarrollo Sostenible**

Actualmente, el término agroecología ha ganado terreno en el discurso científico, agrícola y político como un medio capaz de asegurar los sistemas alimentarios, mediante la aplicación de principios ecológicos a la agricultura y el aseguramiento de un uso regenerativo de los recursos naturales y los servicios ecosistémicos. Abarca una ciencia, una serie de prácticas y un movimiento social, y ha evolucionado en los últimos decenios ampliando su alcance y pasando de centrarse en los campos y explotaciones a incluir el conjunto de los sistemas agrícolas y alimentarios. En la actualidad constituye un ámbito interdisciplinario que integra

todas las dimensiones (ecológica, sociocultural, tecnológica, económica y política) de los sistemas alimentarios desde la producción hasta el consumo (CSA, 2019).

El grupo de alto nivel de expertos en seguridad alimentaria y nutrición en el informe sobre enfoques agroecológicos (CSA, 2019) estableció la utilidad potencial de considerar los principios operacionales conocidos de la innovación para los sistemas alimentarios sostenibles:

1. La intensificación sostenible y otros enfoques conexos se consideran como los que más contribuyen a la seguridad alimentaria y la nutrición, al mejorar la disponibilidad y la estabilidad, así como a los principios operacionales de eficiencia en el uso de los recursos y resiliencia.
2. Los enfoques agroecológicos y otros conexos, se considera que contribuyen sustancialmente con las dimensiones de la seguridad alimentaria y la nutrición relacionadas con el acceso y la utilización.
3. Equidad y responsabilidad social.
4. La huella ecológica como cuarto principio operacional, con el fin de que los sistemas alimentarios sostenibles reflejen adecuadamente el modo en que los patrones de consumo influyen en lo que se produce y cómo las prácticas degradantes y regenerativas desde el punto de vista ecológico tienen repercusiones que van más allá de las que se producen mediante la eficiencia en el uso de los recursos, ya que las prácticas eficientes en el uso de los recursos pueden seguir siendo degradantes.

Este cuarto enfoque, expresa los impactos de los alimentos consumidos por un determinado grupo de personas, medidos en términos del agua y de la superficie de

tierra biológicamente productiva necesarios para la producción de los alimentos y la asimilación de los residuos generados.

Lo que implica, analizar en un nivel de complejidad superior las múltiples formas de evaluación de los sistemas agroalimentarios bajo el enfoque “Una Salud”, donde se integren las metodologías de los límites planetarios y las huellas ambientales.

No existen marcos de gobernanza, recetas políticas ni estrategias económicas para el “desarrollo sostenible” que puedan tener verdadero éxito, si no se reconoce y recompensa adecuadamente el papel que desempeñan las pequeñas explotaciones agrícolas al momento de proporcionar medios de vida rurales.

Puede que el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) jamás se haga realidad, a menos que los responsables de la formulación de políticas hagan frente al desafío de crear pequeñas explotaciones agrícolas económicamente más fuertes, mediante políticas e incentivos que generen rendimientos más importantes, menos riesgos y precios más justos para dichas explotaciones.

(TEEB, 2018), menciona 6 retos que presentan los sistemas agroalimentarios:

1. Ofrecer alimentación sana a una población en constante crecimiento que se estima 10000 millones para el 2050.
2. Garantizar sistemas equitativos, justos y basados en la ética.
3. Restringir de forma drástica las repercusiones importantes de los sistemas alimentarios sobre los ecosistemas (agua, suelo y biodiversidad), al tiempo que se produce una adaptación al cambio climático y se reducen las emisiones de gases de efecto invernadero.

4. Mejorar los medios de vida de más de 1.500 millones de personas que actualmente se dedican a la agricultura, luchando contra la pobreza rural.

5. Distribuir alimentos de forma equitativa a precios accesibles.

6. Combatir el hambre, las carencias nutricionales, el sobrepeso, la obesidad, la diabetes y otras enfermedades relacionadas con la alimentación.

Para el cumplimiento de estos retos, se debe tener presente las perspectivas de todos los sectores, como lo son la del agrónomo que debe alimentar a una población cada vez mayor, la del ambientalista: salvar al planeta, la del sociólogo: de vida rurales sostenibles y equidad social; la del economista: mercados eficientes para que la comida sea barata; la del especialista en salud: una alimentación sana.

El objetivo del Marco TEEB, consiste en introducir un método macroscópico de adopción y prueba de decisiones en el sistema ecoagroalimentario y en los conjuntos más amplios en los que vivimos, y que la preocupación de un especialista sea el de todos, estableciendo nuevas interrelaciones y sinergias, sin perder la visión de conjunto.

Se debe establecer una interconexión entre los sistemas agroecológicos y agroalimentarios con los ODS establecidos por las Naciones Unidas. El fin primordial de estos objetivos son los de erradicar la pobreza, proteger al planeta y asegurar la prosperidad para todos, como parte de una agenda de desarrollo sostenible (ONU, 2015). Los 17 objetivos (indicados en la figura 8) cuentan con metas y objetivos específicos que se deben cumplir hacia el 2030.

Los ODS conllevan un espíritu de colaboración y pragmatismo para elegir las mejores opciones para poner fin a la pobreza, proteger al planeta, garantizando que



todas las personas gocen de paz y prosperidad, con el fin de mejorar la vida de manera sostenible para las generaciones futuras (PNUD, 2020). Proporcionan orientaciones y metas claras para su adopción por todos los países en conformidad con sus propias prioridades y los desafíos ambientales del mundo en general.



Figura 8. Objetivos para el Desarrollo Sostenible.

Fuente: Tomado de (ONU, 2015).

Por medio de la sostenibilidad, se busca asegurar el goce de los derechos y el bienestar humanos sin que la capacidad de sostenimiento de la vida de los ecosistemas terrestres sufra agotamiento o disminución, o que dicho goce tenga lugar a expensas del bienestar de otros seres (FAO, 2017), integrando medio ambiente, bienestar social, resiliencia económica y buena gobernanza.

Por otra parte, de acuerdo con las estadísticas sobre los índices de desarrollo humano (IDH) a nivel mundial, existe una correlación importante entre los indicadores de cada país y la empleabilidad de la población en la agricultura. Por ejemplo, Noruega que ocupa el primer lugar en IDH, tiene un 2,1% de empleo en agricultura, mientras Costa Rica, que ocupa que el puesto 63, emplea 12%. Níger,

país de África Occidental, se ubica en la posición última (189) y su empleabilidad en la agricultura es de 75,6%.

De manera global (PNUD, 2018), establece que los países con un IDH muy alto, emplean 4,1% en agricultura, mientras que los países IDH bajo, lo hacen en un 60,7%, lo que corresponde con lo reportado por (O'Neill, Fanning, Lamb, & Steinberger, 2018), quienes encontraron una correlación positiva entre los indicadores biofísicos y sociales. Esto significa que, la relación siempre es positiva (es decir, un mayor desempeño social se asocia con un mayor uso de recursos), con la única excepción de la igualdad, que aumenta linealmente con el uso de los recursos.

Por lo tanto, es una condición real que la agricultura se realiza donde se ubica la población con menos condiciones y muchas veces más pobre y son éstos los que deben garantizar la inocuidad y la seguridad alimentaria como principio fundamental para todos. Sin embargo, para lograrlo se debe recurrir a excesos y prácticas inadecuadas en detrimento del medio ambiente, la biodiversidad y los límites planetarios con impactos negativos inminentes sobre el suelo y el agua disponible para la población.

Aunque en Costa Rica las condiciones de vida han mejorado en los últimos 15 años (Román, 2016), la desigualdad social se mantiene como uno de los principales retos que afecta la diferencia entre los cantones urbanos y rurales, según reveló el Atlas del Desarrollo Humano Cantonal del 2016, ya que las 17 mejores calificaciones, pertenecen al Gran Área Metropolitana (GAM). Existe una relación directa entre necesidades básicas insatisfechas y empleo agrícola, es decir, los cantones donde hay mayor presencia de actividad agrícola empleando a la población, son los mismos con altos niveles de pobreza (Guillén Araya, 2017).

## 2.9 Límites planetarios y Sostenibilidad

Para cada uno de los procesos críticos, se propuso una variable de control principal y límites definidos que no se deben exceder para mantener el sistema de la Tierra en un espacio operativo seguro, reconociendo la complejidad del Sistema de la Tierra y la interacción entre procesos críticos (Vanham, y otros, 2019).

De los nueve procesos básicos de la Tierra, de acuerdo con (Steffen, y otros, 2015), tres ya han sobrepasado la zona segura, sugiriendo los siguientes:

- La integridad de la biosfera, específicamente la diversidad genética que proporciona la capacidad a largo plazo de la biosfera para persistir y adaptarse al cambio abiótico abrupto y gradual.
- Ciclo biogeoquímico del nitrógeno ( $N_2$ ), a partir de la fijación biológica industrial e intencional de  $N_2$ .
- Ciclo biogeoquímico del fósforo (P), aplicado principalmente a las tierras de cultivo, el cual ha sido diseñado para evitar la eutrofización generalizada de los sistemas de agua dulce.

(Vanham, y otros, 2019) afirman que “es urgente un nuevo paradigma que integre el continuo desarrollo de las sociedades humanas y el mantenimiento del Sistema Tierra”.

En la zona de riesgo medio se sugiere que se encuentran el cambio climático y el cambio de uso del suelo de bosques boreales, templados y tropicales (Sistema o superficie de tierras) donde se tiene la huella de la tierra, huella ecológica y la huella de carbono.

La huella de la tierra mide la cantidad de tierra requerida para el suministro de alimentos, materiales, energía e infraestructura, expresado en hectáreas físicas (Vanham, y otros, 2019).

Las zonas más preocupantes se encuentran en el Este de China y en las zonas tropicales de África y Asia (por ejemplo, por la devastación de selvas para la industria del aceite de palma que se usa en alimentos, cosméticos y para fabricar el diésel que se vende en Europa) (Steffen, y otros, 2015).

En las zonas seguras se encuentran el uso de agua dulce, acidificación de los océanos y el agotamiento del ozono estratosférico. Algunos de los límites planetarios tienen expresiones regionales muy marcadas que sesgan su valor de operatividad. Por ejemplo, en cuanto a la extracción de agua que excede la capacidad de sus cuencas, sobresalen la India, la porción noreste de China, Oriente medio, la Europa mediterránea, la costa oeste de Estados Unidos y el Valle de México (Steffen, y otros, 2015).

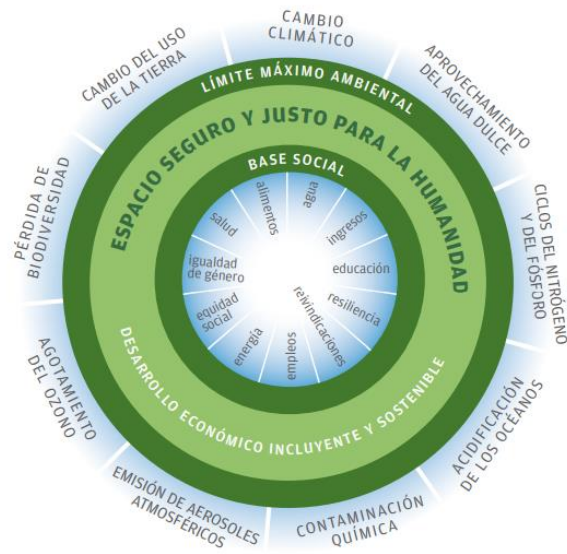
Una de las conclusiones de (Vanham, y otros, 2019) es que las huellas cuantifican el uso de recursos o las emisiones. Muchas huellas muestran superposiciones, y al realizar una evaluación de la familia de la huella, estos componentes superpuestos deben tenerse en cuenta. Un ejemplo de esto es la huella hídrica que mide tanto el consumo de agua dulce como recurso y el uso de agua dulce para asimilar los desechos, donde el último componente se conoce como huella de aguas grises que también representa la contaminación por nitrógeno (N<sub>2</sub>) y el fósforo (P), además se muestra la contaminación acuática dentro de la huella química.

La contaminación química es propuesta por diferentes autores como un límite planetario de "entidad novedosa", para lo cual la huella química puede ser un indicador relevante y que no ha sido suficientemente estudiado, se cuenta con tres

condiciones que determinan los efectos a escala global para que una sustancia química sea considerada como una amenaza para el sistema de la Tierra:

- i. El producto químico tiene un efecto disruptivo desconocido en un proceso vital del sistema de la Tierra;
- ii. El efecto disruptivo no se descubre hasta que es un problema a escala global;
- iii. El efecto no es fácilmente reversible

Por otra parte, la FAO ha establecido mecanismos para la evaluación de la sostenibilidad de los sistemas alimentarios y agrícolas para que éstos sean sostenibles comprendiendo la integridad ambiental, la resiliencia económica, el bienestar social y la buena gobernanza, por medio de los cuales, los consumidores tienen la capacidad de elegir sus productos de consumo basados en aquellos que contribuyan a un mejor rendimiento ambiental y socioeconómico. Dicha herramienta es conocida como evaluación de sostenibilidad de los sistemas alimentarios y agrícolas (SAFA por sus siglas en inglés) y entrelaza los indicadores sociales, ambientales, económicos y de la gobernanza de los sistemas alimentarios, como se muestra en la figura 9. Esta herramienta, permite realizar una evaluación integral de los diferentes actores de la cadena agroalimentaria, incluidos agricultores, pastores, silvicultores, pescadores, recolectores, proveedores de insumos, fabricantes, comerciantes, mayoristas o minoristas, sin importar si son grandes o pequeños (FAO, 2013).



Fuente: Adaptado de K. Raworth, OXFAM, 2012

Figura 9. El espacio seguro y justo en el que la humanidad puede desarrollarse. Tomado de (Raworth, 2012).

Para alcanzar los objetivos anteriores, se integrará a nivel local el concepto de espacio seguro y justo desarrollado por (Raworth, 2012) y cuantificado por (O'Neill, Fanning, Lamb, & Steinberger, 2018) al combinar en una donut o rosquilla, deslindada en su parte exterior por los nueve límites planetarios y en su interior los once indicadores sociales que definen una buena calidad de vida, creando entre ambos un espacio seguro y justo en el que la humanidad puede desarrollarse (ver figura 10). Trasládarse hacia este espacio exige una equidad mucho mayor –tanto entre países como dentro de cada país– en la utilización de recursos naturales y mayor eficiencia al transformar esos recursos para satisfacer las necesidades humanas.

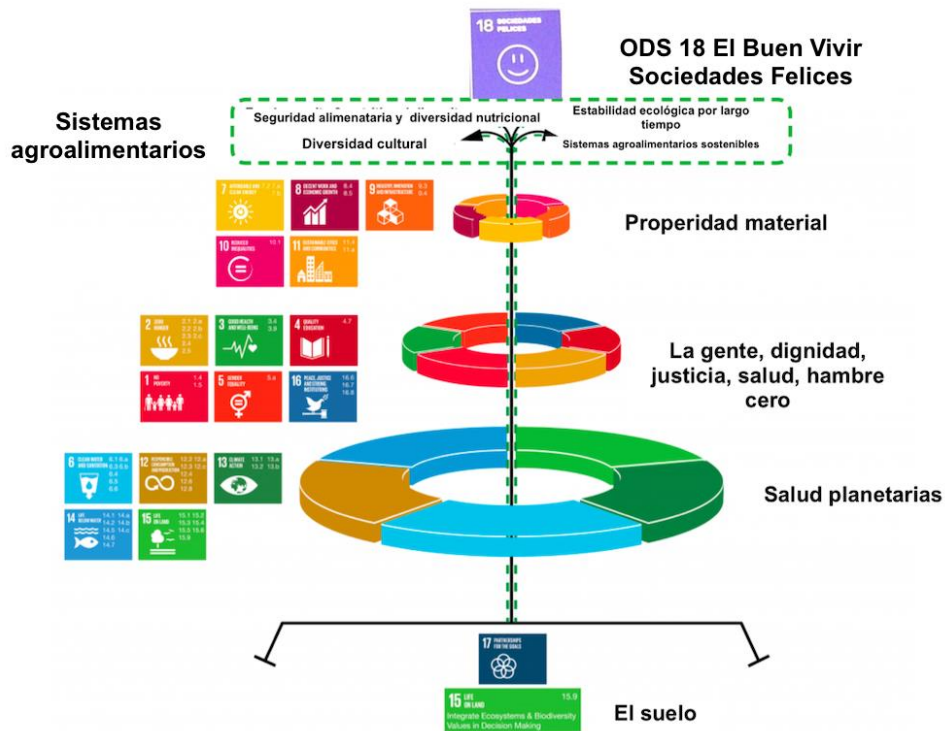


Figura 10. Conexión entre los ODS y los sistemas alimentarios.

Fuente: Tomado de (Cañet Prades, 2019). Modificado de TEEB 2019

<http://doc.teebweb.org/wp-content/uploads/2016/10/SDGcake>

[e1476453400279.png](http://doc.teebweb.org/wp-content/uploads/2016/10/SDGcake_e1476453400279.png).

En el nivel superior de los ODS se centra la producción material, con el fin de garantizar la seguridad alimentaria, la diversidad nutricional, la estabilidad ecológica a través del tiempo y una agricultura sostenible en lo que se conoce como el ODS 18 El buen vivir.

El cambio climático es un límite planetario especial, ya que cualquier movimiento que haya fuera de la zona segura, tendrá un impacto fuerte sobre la integridad de la biosfera, pero si algún otro límite planetario afecta la biosfera en mayor o menor grado, el cambio climático se verá también afectado (Steffen, y otros, 2015), esto evidencia que las realidades socioeconómicas y ecológicas requieren un análisis más profundo en términos de desarrollo y sostenibilidad (Gómez-Lee, 2019).

## **2.10 El enfoque “Una Salud”**

El enfoque “Una Salud”, es el esfuerzo colaborativo de múltiples profesiones de ciencias de la salud, junto con sus disciplinas e instituciones relacionadas, que trabajan a nivel local, nacional y global, para lograr una salud óptima para las personas, los animales (de las explotaciones agrícolas y domésticos), las plantas, la vida silvestre y nuestro medio ambiente.

Entre las características de la aplicación del enfoque “Una Salud”, se destacan:

- La colaboración transdisciplinaria entre la medicina humana y veterinaria, las ciencias agrícolas, ambientales y sociales, de vida silvestre y salud pública.
- Una comprensión de la importancia de servicios ecosistémicos dentro de los sistemas de producción de alimentos.
- Vigilancia de patógenos de importancia para la salud global, con la capacidad de detectar rápidamente la aparición de un nuevo organismo y sus interacciones.
- Un enfoque basado en sistemas para la toma de decisiones diseñado para mantener la sostenibilidad comercial del sector a la vez que se protege la salud animal, ambiental y pública.
- Comunicación efectiva a todos los interesados.

En este sentido, es importante destacar que la visión antropogénica del enfoque “Una Salud”, integra los riesgos de transmisión de agentes patógenos de fuentes zoonóticas -considerando la salud y el bienestar de los animales y no solo su capacidad de producción o rendimiento- debido a los efectos de los cambios



ecológicos, alteraciones del uso de tierra, el cambio climático, o falta de alimentos provenientes de fuentes seguras. También, éste debe incluir la seguridad de los productos vegetales para resguardar la seguridad alimentaria (USDA, 2020), lo que debe ser complementado, considerando la equidad en la salud, y la sostenibilidad en el uso de los recursos naturales (Lerner & Berg, 2017), para lograr la salud óptima para las personas, los animales domésticos, de granja y alimentos, la vida silvestre, las plantas y nuestro medio ambiente, por lo que deben integrarse las ciencias de producción vegetal y animal. (USDA, 2016).

La inclusión de las plantas en el concepto de “Una Salud”, conlleva seguridad alimentaria para una vida sana, alimentos seguros para los humanos y para los animales y así considerar la agricultura y la producción primaria como generadores de ingresos (Danielsen, 2012). Sin embargo, este aspecto no ha sido considerado como tal y de manera individualizada; por el contrario, éste se manifiesta de manera intrínseca en los conceptos ambientales.

### 3. METODOLOGÍA

Para validar la hipótesis, se tomó de referencia un sistema alimentario que impacta en más del 15% de la superficie cultivable de Costa Rica, con base en la información recopilada de las fincas productoras de caña de azúcar propiedad de CoopeAgri R.L ubicadas en los cantones de Pérez Zeledón y Buenos Aires.

Para la evaluación e investigación de las transgresiones de los límites planetarios, se utilizó de referencia la información de los materiales suplementarios guiando el desarrollo humano en un planeta cambiante de (Steffen, y otros, 2015) para el cálculo de fósforo (P) y nitrógeno ( $N_2$ ), éste último también como emisión de óxido nitroso ( $N_2O$ ) en el cultivo de caña, que se integraron con los indicadores para medir un espacio de desarrollo seguro y justo, así como la obligación de la satisfacción de las necesidades humanas básicas sin la necesidad de transgredir los límites ambientales (O'Neill, Fanning, Lamb, & Steinberger, 2018) por medio de los cuales se puede definir como un país para lograr buenos desempeños sociales tiene que establecer operaciones que afectan los límites biofísicos de la Tierra.

En la evaluación del uso de plaguicidas se consideraron las estadísticas de las importaciones de Costa Rica, junto con los resultados de aplicación en campo. Además, se utilizó de referencia la información disponible en el link <https://ourworldindata.org/pesticides>, para la comparación de los obtenidos a partir de la investigación con los países de Centroamérica, China, Estados Unidos y Europa y referencias técnicas abordadas por los investigadores (Campbell, y otros, 2017) y (Carvalho, 2017).

Para la comparación entre los indicadores de los países y específicamente de Costa Rica con otros, como por ejemplo el G20, se utilizó de referencia la información de (O'Neill, Fanning, Lamb, & Steinberger, 2018) (<https://goodlife.leeds.ac.uk/>), que

muestra los límites biofísicos transgredidos versus umbrales sociales logrados por país como educación, equidad, nutrición, sanidad y satisfacción de vida, entre otros.

Como parte de la investigación, también se establecieron otros indicadores de inocuidad como los resultados microbiológicos del producto terminado para el consumo, por medio de la determinación de ausencia de microorganismos patógenos como *Escherichia coli*, *Salmonella spp* y *Staphylococcus aureus*. El cumplimiento de los límites máximos residuales (LMR) de plaguicidas nacionales establecidos y los análisis de metales pesados.

Además, se evaluó el cumplimiento de normativas ambientales y sociales para evaluar el cumplimiento de los ODS y su impacto en el Índice de Desarrollo Social (IDS) nacional.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados serán analizados considerando la información de campo, resultados de laboratorio que incluyen análisis microbiológicos, dosificaciones en campo de fertilizantes y plaguicidas, condiciones del cultivo en cuanto al crecimiento y la expansión y como éstos influyen en los límites planetarios y la satisfacción de la vida de la sociedad, además con referencias de expertos en producción de caña de azúcar para acercar la investigación a la realidad.

### 4.1 Impactos de la producción de caña de azúcar sobre los límites planetarios locales.

En la actualidad, las normativas mundiales para la gestión ambiental están basadas especialmente en el cumplimiento y reducción sobre el cambio climático y no en otros indicadores relevantes para la vida en la Tierra. Esto supone un esfuerzo mayor para los sistemas agroalimentarios y para éste caso los sistemas productivos de caña de azúcar en la región Sur de Costa Rica.

Actualmente, tres de los nueve límites planetarios han sido transgredidos (Steffen, y otros, 2015), la producción de caña de azúcar tiene influencia a nivel local debido al alto consumo de fertilizantes y la afectación de los ciclos biogeoquímicos. Además, la expansión del cultivo en la última década ha impactado el límite planetario del uso de suelo con la implicación sobre el clima en otras regiones. Por último, pero no menos importante a pesar de contar con sistemas biológicos para el control de plagas, se utiliza gran cantidad de herbicidas para el control de malezas, que si bien son necesarios en la agricultura moderna y son una forma efectiva y económica de mejorar la calidad, el rendimiento y para garantizar la seguridad alimentaria (Sharma, y otros, 2019) se utilizan de manera que afectan el límite planetario de la mano con la expansión de la caña de azúcar.

#### 4.2 Caña de azúcar y su superficie cultivada.

El área de cultivo de la caña de azúcar es relativamente pequeña, estimada en apenas 60000 hectáreas sembradas en todo el territorio nacional, como se reportó para la Zafra 2017-2018 (Chavarría Soto, 2017).

En la tabla 2, se detalla el destino de la producción de caña de azúcar en Costa Rica, donde del total sembrado, 55070 hectáreas se cosechan, lo que significa que un 91,8% es cortado y procesado en los 12 ingenios actualmente activos en el país. Además, hay un 8,2% (4.930 ha) restante que se queda en el campo por razones de un ciclo vegetativo prolongado (18-24 meses), o es en su caso destinado a la producción de semilla básica y comercial, permanecer para cosecha futura o dedicarse a otros fines diferentes a la fabricación de azúcar (dulce, pecuario, entre otros).

Tabla 2. Distribución de la producción de caña de azúcar en Costa Rica 2017-2018.

Producción de caña de azúcar en Costa Rica	ha	%
Total, sembrado	60000	100
Total, cosechado y procesado	55070	92
En campo (ha)	4930	8

Fuente: adaptado con información de (Chávez Solera M. , 2019).

Señala (Chávez Solera M. , 2019) al respecto, que “...de acuerdo con la valoración realizada en el año 2018 con la caña establecida y sembrada en el campo, son 6 las provincias, 29 los cantones y 115 los distritos donde se produce la caña destinada a la fabricación de azúcar en Costa Rica”.

En la tabla 3, se muestra la información relacionada con las zonas productoras de caña de azúcar para el 2013.

Tabla 3. Área sembrada y cosechada (ha) con caña de azúcar según región productora en el 2013.

Región Productora	Área Total Sembrada (ha)	%	Área No Cosechada (ha)	%	Área Total Cosechada (ha)	%
<b>Guanacaste</b>	34 513,61	54,5	1655,42	38,3	32 858,19	55,7
<b>Norte</b>	8 933,96	14,1	306,25	7,1	8 627,71	14,6
<b>Puntarenas</b>	5 977,11	9,4	197,7	4,6	5 779,41	9,8
<b>Turrialba</b>	4 905,12	7,7	1703,12	39,4	3 202,00	5,4
<b>Sur</b>	4 541,40	7,1	104,8	2,4	4 436,60	7,5
<b>Valle Central</b>	4 444,51	7,0	359,28	8,3	4 085,23	6,9
<b>Totales</b>	63 315,71	100	4326,57	100	58 989,14	100

Fuente: Tomado de (Chávez Solera M. , 2013).

En la figura 11, se detalla el crecimiento en el uso de la tierra para la siembra y cosecha de caña de azúcar, con un crecimiento del 10% del 2010 al 2017 a nivel nacional, pasando de 57480 hectáreas a 64250 hectáreas junto el crecimiento del cultivo de la Región Brunca (RB).

Para esta zona en términos generales, la caña para fabricar azúcar, se ubica en dos provincias, dos cantones y 10 distritos. El cultivo se distribuye en sentido norte-sur y se ubica básicamente en los colindantes y a lo largo de la carretera interamericana ubicada entre San Isidro de El General y Buenos Aires.

Para el 2017, la Zona Sur contaba con un área total sembrada de 4512 ha (Chavarría Soto, 2017). Por lo que, del 2013 al 2017 ha tenido un incremento en área sembrada de 1381 ha (44%).

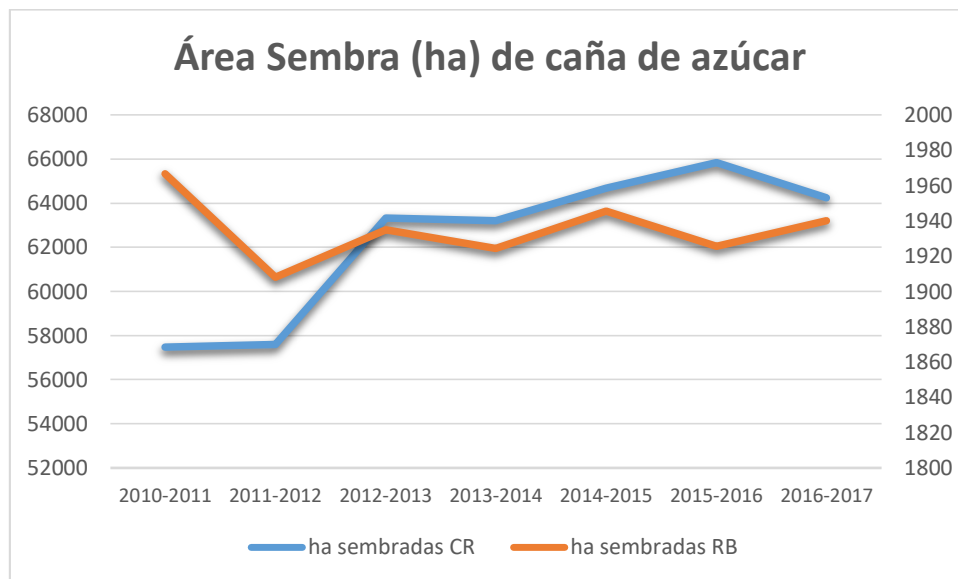


Figura 11. Hectáreas sembradas de caña de azúcar en Costa Rica vs Región Brunca.

Fuente: Elaboración propia con resultados de (Chavarría Soto, 2017).

Con un 10% del aumento de la expansión del monocultivo a nivel nacional de la caña de azúcar en los últimos 10 años y 44% en la Región Brunca, se genera un gran impacto sobre la tierra y el límite planetario del cambio del suelo, considerando además, que éste representa un 36% de la superficie cultivada a nivel nacional.

Esta caña cosechada en la Zona Sur es procesada en El Ingenio El General Milton Fonseca, ubicado en Peñas Blancas de El General, que cuenta con una capacidad anual de molienda de más de 300 mil toneladas y la producción de más de 746.000 bultos (50 kg) de 96 grados de polarización.

Datos del (MAG, 2015) reportan que la temperatura media para la Región Sur (General) es de 23°C, con un período seco muy favorable y corto, el periodo lluvioso intenso. Además, presenta áreas pequeñas con clima tropical húmedo y lluvias todo el año, el comportamiento de las temperaturas es muy variado; alrededor de 23,8°C en San Isidro de El General y Buenos Aires; y 27,6°C en las partes bajas de la

Región (Osa, Golfito, Corredores). El promedio regional de precipitación es de 3.808,7 mm La humedad relativa promedio anual es generalmente alta y bastante uniforme, oscilando entre 80y 90% (MIDEPLAN, 2014).

La zona de incertidumbre como límite planetario, se ubica entre 54% y 75 % como porcentaje del área agrícola en relación con el área forestal original. En la actualidad, no se cuenta con suficiente información a nivel nacional para determinar si la expansión en el cultivo de la caña de azúcar se debió a sustitución del cultivo, deforestación o uso de tierras desocupadas. A nivel mundial, el cambio de uso de tierra es de un 62% (Chemnitz, Luig, & Schimpf, 2017). En tabla 4, se muestra la información del límite planetario comparado con los resultados de la Zona Sur, Costa Rica y el dato mundial, donde se establece que para este límite los porcentajes actuales de recambio de uso de suelo se encuentran en la zona segura.

Tabla 4. Porcentaje de cambio en el uso de suelo para el cultivo de caña de azúcar.

Límite Planetario	Seguro (%)	Región Brunca (%)	Costa Rica (%)	Mundial (%)
Recambio en el uso de suelo (%)	54 - 75	44	10	62

Fuente: Elaboración propia y datos de (Chemnitz, Luig, & Schimpf, 2017).

Adicionalmente, este incremento influye sobre los límites biogeoquímicos, ya que al tener mayor extensión se requiere mayor aplicación de fertilizantes, en su mayoría sin control y se establecen como límites planetarios en escala operativa regional, donde se puede evaluar los procesos bio geofísicos en los sistemas terrestres que regulan directamente el clima: intercambio de energía, agua e impulso entre la superficie terrestre y la atmósfera (Steffen, y otros, 2015) sin perder el enfoque de cuál es el impacto de éstos cambios el suelo sobre el clima de otras regiones.



### 4.3 Estado del suelo para el cultivo de caña de azúcar

La caña de azúcar crece satisfactoriamente en una gran variedad de tipos de suelos, pero los más adecuados para este cultivo son los de textura franca o franco arcillosos, bien drenados, profundos, aireados ricos en materia orgánica, topografía plana y semiplana, con pH entre 5,5 y 7,5 (MAG, 2015).

En la Zona Sur, los suelos son principalmente clasificados como alfisoles y ultisoles que presentan una mezcla de arcilla y cuarzo llamada plintita. Estos a su vez, son ricos en hierro (Fe) y pobres en materia orgánica, por lo tanto, se les debe aplicar materiales portadores de calcio (Ca), para corregir los problemas de acidez. Es importante destacar que el país cuenta con 31% de los suelos bajo esta clasificación (Henríquez, Cabalceta, Bertsch, & Alvarado, 2014) .

Estos suelos presentan diferencias entre sí, por ejemplo, los ultisoles se caracterizan por tener problemas nutricionales más acentuados, mientras que los alfisoles presentan sub-horizontes más básicos. Particularmente, en Costa Rica, se presentan en ambientes más secos y presentan elevadas reacciones de fijación de fósforo (Chinchilla, Mata, & Alvarado, 2011).

En la tabla 5, se resumen los resultados químicos obtenidos a partir de los análisis realizados a los suelos en los que se cultiva caña de azúcar en la Región Brunca. A partir de este resumen, se observa que los resultados indican que éstos tienen un pH de 5,15, dato que está por debajo del límite inferior recomendado.

El pH indica problemas potenciales para la producción de la caña de azúcar, ya sea por presencia de algunos elementos en concentraciones tóxicas como el aluminio (Al), hierro (Fe) y manganeso (Mn) en ambientes muy ácidos ( $\text{pH} \leq 5,5$ ), o por la disminución de la disponibilidad de algunos nutrientes en condiciones alcalinas

(pH>7,5), como es el caso del hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn) y cobre (Cu) (SAGARPA, 2015).

Tabla 5. Resultados químicos del suelo con cultivo de caña de azúcar.

cmol (+)/L					mg/L				
pH	K	Ca	Mg	Acidez	P	Fe	Cu	Zn	Mn
5,15	0,48	2,84	0,83	1,46	7,76	208,36	7,92	5,87	34,80

Fuente: Resultados de análisis del suelo de las fincas de CoopeAgri R.L.

#### 4.4 Evaluación de los ciclos de nitrógeno (N<sub>2</sub>) y fósforo (P)

Según los datos del Banco Mundial, Costa Rica se ubica en los primeros lugares del mundo de mayor de consumo de fertilizantes, superando cuatro veces el promedio mundial.

Para el 2016, el país tuvo un de consumo de 604 kg/ha, mientras el rango mundial ronda los 141 kg/ha de tierra cultivable, esto coloca a Costa Rica por encima de cientos de países y regiones (Banco Mundial, 2019). Por ejemplo, para el mismo año China consumió 503 kg/ha y en Panamá el consumo fue de 49 kg/ha.

Estos mismos indicadores muestran que en la Unión Europea (UE) el consumo fue de 158,4 kg/ha.

Estos datos ubican a Costa Rica en la posición 12 a nivel mundial en consumo de fertilizantes, que incluye productos nitrogenados, el abono potásico y los fertilizantes fosfatados (por ejemplo, la fosforita molida). En América Latina, Costa Rica es superada únicamente por Colombia con 659 kg/ha.

En los reportes del (Banco Mundial, 2019) no se incluyen los nutrientes tradicionales como abono animal y vegetal. Con el fin de difundir los datos, la FAO ha adoptado

el concepto de año civil (enero a diciembre). La tierra cultivable incluye aquellos terrenos definidos por la FAO como afectados a cultivos temporales (las zonas de doble cosecha se cuentan una sola vez), los prados temporales para segar o para pasto, las tierras cultivadas como huertos comerciales o domésticos, y las tierras temporalmente en barbecho. Se excluyen las tierras abandonadas a causa del cultivo migratorio. (Banco Mundial, 2019).

Según los estudios realizados por CoopeAgri R.L y Departamento Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), sobre nutrición de caña, se ha encontrado que los mejores niveles de respuesta a la fertilización en la Región Brunca se obtienen con las dosis descritas en la Tabla 6. Niveles de nutrientes requeridos en el cultivo de la caña de azúcar en la Zona Sur.

Tabla 6. Niveles de nutrientes requeridos en el cultivo de la caña de azúcar en la Zona Sur.

Ciclo	Niveles requeridos en kg/ha					
	Nitrógeno (N <sub>2</sub> )	Óxido de fósforo (V) (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Óxido de potasio (K <sub>2</sub> O)	Óxido de magnesio (MgO)	Óxido de zinc (ZnO)	Azufre (SO <sub>4</sub> <sup>+2</sup> )
<b>Planta</b>	150	150	150	40	20	<b>50</b>
<b>Soca</b>	<b>150</b>	<b>0</b>	<b>150-225</b>	<b>40</b>	<b>20</b>	<b>50</b>

Fuente: Elaboración propia con datos de DIECA, plan de nutrición de la caña para la Región Brunca.

En la tabla 7, se describen algunas fórmulas comerciales, dosis y época de aplicación utilizadas en la región.

La dosis recomendada se calcula considerando un indicador de productividad cercano a 80 TM de caña por hectárea, aspecto importante para técnicos y

productores de la región, a medida que aumente o disminuya la productividad se deben adicionar los requerimientos necesarios exigidos por el cultivo.

Tabla 7. Formulaciones comerciales, dosis y épocas de aplicación en el cultivo de caña de azúcar.

<b>Nº de aplicación</b>	<b>Época de aplicación</b>	<b>Fórmula comercial</b>	<b>Sacos 45 (kg/ha FC<sup>***</sup>)</b>
1	Siembra	12-40-0+5 (S)-0.1 Zn	6.5 (292 kg/ha)
(2) I fertilización	45 dds* o ddc**	17-2-25-5-3 (S) -0.35 Zn	7 (315 kg/ha)
(3) II fertilización	90 dds o ddc	17-2-25-5-6.3 (S) -0.35 Zn	7 (315 kg/ha)

Fuente: Departamento Agrícola, CoopeAgri R.L, Plan de manejo nutrición plantaciones 2019.

Abreviaturas: \*dds: días después de siembra; \*\*ddc: días después de corta; \*\*\*FC: fórmula completa.

#### 4.5 Cálculo para la aplicación de fertilizantes sintéticos

Para el cálculo de los insumos que se deben aplicar para la fertilización, se utiliza un sistema interno establecido que toma en cuenta los resultados de los análisis previos del suelo.

En el mismo, se establecen los valores críticos de:

- Fosforo (P)
- Potasio (K)
- Calcio (Ca)
- Magnesio (Mg)
- Boro (B)
- Cobre (Cu)

- Hierro (Fe)
- Manganeso (Mn)
- Zinc (Zn)

Una vez establecidos los niveles, se anotan los valores obtenidos en el análisis, además del valor de pH se utiliza para estimar la cantidad de sacos de cal por hectárea (sacos/ha) necesarios para la regulación, así como las relaciones de fertilizantes:

- Ca/Mg
- Mg/K
- Ca<sup>+</sup> Mg/K
- Ca/K

Para el cálculo de los requerimientos de fertilizantes por hectárea para la caña de azúcar, se utiliza de base la producción estimada por hectárea de 80TM/ha.

En la tabla 8, se puede observar la adaptación realizada del sistema interno de CoopeAgri R.L, donde se indica la cantidad de fertilizantes a utilizar de cada uno de los elementos, considerando:

- Requerimientos del cultivo
- Nivel crítico del suelo
- Suelo

Tabla 8. Cantidad de fertilizantes a aplicar (kg/ha).

Cantidad de fertilizantes por aplicar : kg/ha				
Elemento	Req. Cultivo+	N.C. Suelo+	Suelo-	Cantidad/ha
<b>N<sub>2</sub></b>	129,33			129,33
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	150	45,8	35,5	160,26
<b>K<sub>2</sub>O</b>	228	187,2	449,3	-34,08
<b>MgO</b>	41,33	397,2	329,7	108,86
<b>ZnSO<sub>4</sub></b>				25

Fuente: Elaborado con datos obtenidos del sistema para el cálculo de fertilizantes de CoopeAgri R.L.

Además, una vez que se tiene la cantidad de fertilizantes que se deben utilizar, se hace una comparación de las recomendaciones de las fórmulas comerciales, en la tabla 9, se muestra la adaptación de los resultados.

Tabla 9. Recomendaciones de fertilizantes a utilizar y aplicado.

Recomendaciones de fertilizante a aplicar						
Fórmula	Sacos	Niveles Cubiertos				
		N <sub>2</sub> (Nitrógeno)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (Óxido de fósforo (V))	K <sub>2</sub> O (Óxido de potasio)	MgO (Óxido de magnesio)	ZnSO <sub>4</sub> (Sulfato de zinc)
<b>Dolomita</b>	20				131	
<b>12-40-0</b>	6,50	35,10	117	0	0	0,30
<b>17-2-25-5</b>	7	53,55	6,30	78,75	15,75	9,45
<b>17-2-25-5</b>	7	53,55	6,30	78,75	15,75	9,45
<b>Aplicado</b>		142,20	129,60	157,50	162,50	19,20
<b>Cantidad por aplicar/ha</b>		129,33	160,26	-34,08	108,86	25
<b>Diferencia</b>		12,87	-30,66	191,58	53,64	-5,80

Fuente: Elaborado y adaptado con datos obtenidos del sistema interno para el cálculo de fertilizantes de CoopeAgri R.L.

Para el cálculo de la diferencia en la tabla 9, en la línea “Aplicado” se hace una sumatoria de las cantidades en kg de cada una de las fórmulas, además se considera los resultados de la tabla 8, específicamente la cantidad/ha de nutriente que se debe aplicar.

En la tabla 10, se muestran los límites planetarios para la aplicación de P, establecidos por (Steffen, y otros, 2015) junto con el dato obtenido de la aplicación en la producción de la Región Brunca.

Tabla 10. Límites planetarios para la aplicación de fósforo (P).

Límite Planetario	Seguro	Riesgo creciente	Alto Riesgo	Aplicado
Fosforo (P)	<4,1	4,1-7,5	>7,5	56,75

Fuente: Elaborado con datos de (Steffen, y otros, 2015) y resultados de CoopeAgri R.L.

Bajo estos parámetros, en la tabla 11 se establece con respecto a la aplicación de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (óxido de fósforo (V)), cuál es la relación con el límite planetario para la producción de caña de azúcar en la región sur de Costa Rica.

Tabla 11. Cálculo de la aplicación de P/ha.

Elemento	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			Kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha/año	P aplicado (kg/ha/año)	Limite planetario de alto riesgo (kg/ha/año)	Transgresión del límite
	Peso Atómico	Peso atómico Total	%				
P	31	62	44	130	56,75	7,50	7,57
O	16	80	56				
		142	100				

Fuente: Elaborado con datos de aplicación de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de CoopeAgri R.L.

De la tabla 11, se obtiene que con una aplicación de fósforo (P) cercana a los 56,75 kg/ha/año que se realiza en forma de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, se trasgrede en 7,57 veces el límite planetario, ya que este valor de acuerdo con (Steffen, y otros, 2015) es de 7,50 kg/ha/año.

El fertilizante agrícola P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> tiene un importante aporte de fósforo (P) para el suelo erosionable, siendo ésta la principal fuente de contaminación química para la superficie de las aguas dulces, ya que éste es transportado desde el suelo en forma de partículas disueltas, ingresando a los lagos y ríos, (Carpenter & Bennett, 2011).

Para el caso del límite planetario del nitrógeno (N<sub>2</sub>), (Steffen, y otros, 2015) definieron el límite de aplicación de acuerdo con la información incluida en la tabla 12.

Tabla 12. Limite planetario para el Nitrógeno (N<sub>2</sub>).

Límite Planetario	Seguro	Riesgo creciente	Alto Riesgo	Aplicado
Nitrógeno (kg/ha/año)	<41	41-55	>55	142,2

Fuente: elaborado con datos de (Steffen, y otros, 2015) y resultados de CoopeAgri R.L.

Hay una transgresión de 2,6 veces el límite planetario del N<sub>2</sub> que tiene influencia sobre los efectos de gases invernadero con la emisión de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O).

Para esta emisión de N<sub>2</sub>O a nivel nacional se estableció un factor de emisión para diferentes cultivos (MINAE, 2012).



En la tabla 13, se muestra el impacto del cultivo de la caña de azúcar de CoopeAgri R.L durante las zafras desde el 2009-2010 a 2019-2020 utilizando el factor establecido por (MINAE, 2012) en 4,81 kg/ha/año.

Tabla 13. Emisión de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) por cultivo de caña de azúcar en la Región Brunca de Costa Rica.

<b>Gases efecto invernadero por aplicación de N<sub>2</sub> CoopeAgri R.L</b>				
<b>Zafra</b>	<b>ha sembradas</b>	<b>Factor de emisión (kg/ha/año)</b>	<b>kg/ha</b>	<b>Emisión de N<sub>2</sub>O Gg</b>
<b>2009-2010</b>	1 780	4,81	8 563,24	0,009
<b>2010-2011</b>	1 967		9 459,35	0,009
<b>2011-2012</b>	1 908		9 177,96	0,009
<b>2012-2013</b>	1 935		9 307,35	0,009
<b>2013-2014</b>	1 924		9 256,36	0,009
<b>2014-2015</b>	1 946		9 358,34	0,009
<b>2015-2016</b>	1 926		9 262,62	0,009
<b>2016-2017</b>	1 940		9 331,40	0,009
<b>2017-2018</b>	1 944		9 349,20	0,009
<b>2018-2019</b>	1 943		9 345,83	0,009
<b>2019-2020</b>	1 835		8 825,39	0,009

Fuente: Elaboración propia con datos de CoopeAgri R.L.

La emisión de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) en Gg (gigagramos) para las fincas de CoopeAgri R.L, se han mantenido estables a través de los años en 0,009 Gg, esto debido a que no se ha realizado variaciones considerables en la expansión de los terrenos cultivados que impacten este indicador. Para el 2012, la liberación de gases de efecto invernadero (GEI) en Costa Rica, fue de 18688 Gg, que comprende la emisión de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), halocarburos (HFC), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) entre otros, mientras que ese mismo dato para el 2012 había sido de 7689Gg (Soto, 2015).

En las proyecciones de cultivos para el año 2030, se supone un menor crecimiento del uso de fertilizantes nitrogenados que en el pasado. Si se puede mejorar el rendimiento, el incremento en el uso total de fertilizantes entre 1997-99 y 2030, podría ser tan reducido como el 37 por ciento. Sin embargo, el uso actual en muchos países en desarrollo es muy ineficaz. En China, el mayor consumidor del mundo de fertilizantes nitrogenados, casi la mitad del nitrógeno aplicado se pierde por volatilización y de un 5 a un 10 por ciento más por infiltración. (FAO, 2002).

El fósforo (P) es uno de los principales nutrientes limitantes para la producción agrícola, en los suelos brasileños se ha encontrado características inherentes de suelos fuertemente degradados debido a las estrategias inadecuadas de aplicación, (Cherubin , y otros, 2015) determinaron en el estudio de campo que la producción primaria de caña en Brasil que las conversiones a largo plazo de vegetación nativa a pastos y la caña de azúcar indujo reducciones significativas de las reservas totales de fósforo en el suelo de 31,2%, indicando una degradación progresiva.

#### 4.6 Quema de cañales antes de la cosecha

La quema previa a la cosecha de caña de azúcar es una práctica frecuente utilizada por muchos ingenios en la producción; para muchos productores constituye un mal necesario, ya que por medio de dicha práctica se elimina follaje seco, a la vez que acaba con plagas indeseables, facilitando así la posterior recolección.

El artículo 24 de la Ley N°7779 Uso, Manejo y Conservación de Suelos, se establece que, para practicar quemas en terrenos de aptitud agrícola, deberán seguirse las indicaciones del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) conforme al permiso extendido para los efectos, según el Reglamento de quemas agrícolas controladas vigente, así como lo que disponen para el efecto la Ley Orgánica del Ambiente y el Código Penal.

Asimismo, el artículo 25 establece que cuando se otorgue un permiso de exploración o una concesión de explotación del subsuelo en áreas de aptitud agrícola, la empresa o persona física permisionaria o concesionaria deberá incluir un estudio de impacto ambiental, el plan de trabajo y el plan de inversiones, con los rubros correspondientes para lograr la recuperación del suelo que se destruya o deteriore con las obras de explotación o extracción (SCIJ, 2012).

Al respecto los ambientalistas se han manifestado en contra de las quemas, porque la misma genera una gran contaminación atmosférica y causa perjuicios en el ambiente y la salud de las personas.

Según los reportes para las fincas propiedad y alquiladas por CoopeAgri R.L, en el 2018 se aplicó la quema a 50 hectáreas de un total de 1943 ha, lo que representa únicamente un 2,6%.

Según estudios realizados en Colombia, la quema de una hectárea de caña produce 1,3 toneladas de monóxido de carbono en 20 minutos, entre quema y requema (Rugeles, 2015).

Considerando esto, tal y como se muestra en la tabla 14, en el 2018 se produjo alrededor de 65 ton de monóxido de carbono por parte de CoopeAgri R.L.

Tabla 14. Emisión de CO por quema de cañales

Ha quemadas	Factor emisión (TM de CO/ha)	Total emitido (TM de CO)
50	1,3	65

Fuente: Elaboración propia con datos de CoopeAgri R.L. y (Rugeles, 2015)

#### 4.7 Aplicaciones de plaguicidas en la producción primaria.

Para el año 2017, en Costa Rica se efectuó la importación 'histórica' de 18,6 millones de kilogramos de ingredientes activos. Al comparar el registro de importación con datos de los años 2002 al 2015, el promedio se mantuvo entre 11,2 y 13,8 millones de kilogramos, con un promedio anual en ese periodo de 12,3 millones de kilogramos; pero para 2016 subió a 17,8 millones de kilogramos, cuando Costa Rica fue catalogado como el país con mayor consumo de plaguicidas por hectárea (Angulo, 2019).

Esto sustenta como evidencia suficiente el estrés generado al ecosistema y la salud humana a escala local y global, lo que sugiere que las condiciones están transgrediendo el espacio operativo seguro delimitado por los límites planetarios de contaminación química (Diamond, y otros, 2015). Como tal, las medidas actuales de control de la contaminación local a global son insuficientes.

Por otro lado, los crecientes niveles de resistencia a los antimicrobianos y pesticidas debilitan cada vez más la salud humana y los sistemas para la producción de biomasa, y enfatizan el desafío de la sostenibilidad de preservar organismos susceptibles a estos biocidas (Jørgensen, y otros, 2018). Por ejemplo, las abejas que se encargan de la polinización de alrededor del 75% de los cultivos y que se ven afectadas por el uso inclusive en concentraciones inferiores a las recomendadas.

A partir de la década de 1940, la introducción de productos químicos sintéticos para la protección de cultivos permitió un mayor aumento de la producción de alimentos. La producción de plaguicidas a nivel mundial aumentó a una tasa de aproximadamente 11% por año, de 0,2 millones de toneladas en 1950 a más de 5 millones de toneladas en el año 2000 (Carvalho, 2017).

Se han realizado estudios en Brasil específicamente en la caña de azúcar, donde se involucran algunos de los herbicidas más utilizados en el cultivo y cuyo objetivo fue valorar la aplicación de los modelos para determinar la bioacumulación (BAF) de los herbicidas aplicados al suelo en el cultivo.

Los modelos matemáticos para determinar la BAF, por lo general se aplican a escenarios previamente definidos donde se establecen condiciones como, por ejemplo: que se da una degradación del herbicida en el suelo, que el herbicida al ingresar a la planta primeramente se diluye y luego se metaboliza, también supone que el herbicida es absorbido a través del proceso de transpiración de la planta.

Para el control y combate de malezas por parte de Coopeagri R.L, se utiliza únicamente herbicidas, no se realiza la aplicación de insecticidas ni fungicidas, ya que se realiza la aplicación del control biológico de plagas empleando parasitoides como las avispas *Cotesia flavipes* y hongos entomopatógenos, lo que ha permitido disminuir y casi eliminar el uso de insecticidas (DIECA, 2017).

En la tabla 15, se muestra la lista de herbicidas aplicados, así como las dosis para cada uno.

Tabla 15. Herbicidas aplicados para el control de malezas en CoopeAgri R.L.

Aplicación (ciclo)	Producto	L/Ha	g ia/Unidad	kg ia aplicado/ha
<b>1</b> <b>Pre-emergente</b>	Pendimetalina 50 EC	3	0,5	1,5
	Terbutilazina 50 SC	2	0,5	1
<b>2</b> <b>Post temprana</b>	Hexazinona 75 WG	0,5	0,75	0,375
	Diurón 80 WP	2	0,8	1,6
	2-4,D 60 SL	2	0,6	1,2
<b>3</b> <b>Parchoneo</b>	Hexazinona 75 WG	0,5	0,75	0,375
	MSMA 72 SL	1	0,72	0,72
			<b>Total</b>	<b>6,77</b>

Fuente: Elaboración propia con datos de CoopeAgri R.L.

La aplicación de herbicidas se realiza en 3 ciclos, en cada uno se realiza aplicación de diferentes productos. Los ciclos son denominados como: pre-emergente, post temprana y parchoneo.

En total, se aplica 6,77 kg ia de herbicidas por hectárea. En un diagnóstico realizado por el Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas (IRET) en caña de azúcar en Bagaces, Cañas y Liberia para el 2009 se estimó el uso de plaguicidas en 10 kg ia/ha/año, mientras que en el 2010, en la Península de Nicoya este indicador fue de 12,39 kg ia /ha/año (Bravo, De la Cruz, Herrera, Moraga, & Ramírez, 2015).

A continuación, en la tabla 16, se presenta un comparativo de las dosis recomendadas para la caña de azúcar (indicadas en tabla 15 y las dosis aplicadas en campo).

Tabla 16. Comparativo de aplicación de herbicidas vs recomendaciones.

<b>Producto</b>	<b>Dosis (L/ha)</b>	<b>Recomendación (L/Ha)</b>
<b>Pendimetalina 50 EC</b>	1,5	2 a 5
<b>Terbutilazina 50 SC</b>	1,50	1 a 5
<b>Hexazinona 75 WG</b>	0,375	0,3 a 0,8
<b>Diurón 80 WP</b>	1,60	1 a 3
<b>2-4,D 60 SL</b>	1,20	1 a 3
<b>Hexazinona 75 WG</b>	0,375	0,3 a 0,8
<b>MSMA 72 SL</b>	0,72	1 a 2

Fuente: Elaboración propia con datos de CoopeAgri R.L.

De todos los productos utilizados en los diferentes ciclos, la aplicación cumple con las recomendaciones técnicas uso. Para la comparación de la terbutilazina, se utilizó la terbutrina que es familia de las triazinas, ya que es único producto que no se

encontró en la lista de recomendaciones. La ficha técnica del producto terbutilazina 50 SC indica que la dosis debe ser de 3 a 5 L/ha.

Los plaguicidas utilizados en la producción de caña de azúcar cumplen con las características para ser considerados como plaguicidas altamente peligrosos (PAP) tal es el caso de 2.4D, terbutrina, pendimetalina y diurón, al ser catalogados como plaguicidas de toxicidad aguda alta y tener efectos tóxicos de largo plazo por exposición crónica incluso a bajas dosis.

Además, herbicidas como ametrina, diurón y hexaxinona han sido prohibidos en la Unión Europea por estar asociados a un daño particular a la salud humana o un impacto ambiental (Ramírez, Bravo, Herrera, & de la Cruz, 2015).

La FAO, ha calculado las tasas promedio de aplicación de pesticidas por hectárea de tierra cultivable y los valores promedio más altos alcanzan el rango de 6,5 - 60 kg/ha en Asia y en algunos países de América del Sur. Mientras que, en América del Norte y Europa Occidental, el uso de herbicidas de aplicación intensiva en la agricultura y en las zonas urbanas se disparó en las últimas décadas (Carvalho, 2017).

De acuerdo con datos de la FAO, Asia es el continente con más consumo de plaguicidas (Carvalho, 2017) con rangos entre 6,5 y 59,43 kg ia/ha/año. Valor que será tomado como referencia, para fijar el inicio de la zona de alto riesgo como límite planetario para nuestra investigación.

Los diez principales países consumidores de pesticidas en el mundo son China, Estados Unidos, Argentina, Tailandia, Brasil, Italia, Francia, Canadá, Japón e India (Sharma, y otros, 2019). Europa es el mayor consumidor de pesticidas del mundo, seguido por Asia. En cuanto a países, China, Estados Unidos, Francia, Brasil y

Japón son los mayores productores, consumidores o comerciantes de pesticidas del mundo (Zhang, 2011).

Las provincias de China con mayor consumo y niveles de dosis de pesticidas se encuentran en rangos mayores de 6 kg ia/ha/año como clase I o de alto consumo (Zhang, 2011). Por lo que Costa Rica, en comparativa se ubica dentro de este grupo de las provincias de China con mayor aplicación de plaguicidas en la tabla 17 se muestra el comparativo de aplicación con el límite planetario.

Tabla 17. Comparación del límite planetario de pesticidas.

Variable	Unidad	Alto riesgo	Aplicado en Zona Sur de Costa Rica
Pesticidas	kg ia/ha/ha	6,50	6,77

Fuente: Elaboración propia con datos de CoopeAgri R.L.

Al comparar las dosis de aplicación de plaguicidas, la media mundial para el 2017 fue de 2,63 kg/ha cultivable, mientras que para la producción de caña de azúcar en la Zona Sur de Costa Rica se aplica 6,77 kg ia/ha/ha.

(Alfaro Portuguez, 2013) en el informe Herbicidas Asociados a la Caña de Azúcar y su Potencial de Contaminación del Medio Ambiente, resume que uno de los problemas con la aplicación de los plaguicidas y cuando no se hace de manera adecuada, se estima que tan solo un 1% del total de un plaguicida aplicado logra alcanzar al organismo de interés, mientras que aproximadamente el 25% se queda retenido en el follaje, un 30% llega al suelo y el 45 % es exportado directamente a la atmosfera y a los sistemas acuáticos por escorrentía y lixiviación.

La aplicación de los herbicidas con diferentes composiciones químicas y formas de actuar, son rociadas por aspersión en los campos cultivados de caña con diversos equipos terrestres y aéreos, que aportan una alta eficiencia, pero también una elevada capacidad de dispersión y contaminación del medio ambiente.



Cuando un herbicida se rocía por aspersion en el medio ambiente, éste se distribuirá en función de sus propiedades fisicoquímicas y las del suelo, comenzando de inmediato los procesos de contaminación remota por movilidad, y acumulación. La contaminación remota tiene lugar por dos vías: el aire y el agua, la primera por un proceso de volatilización y difusión del producto y su posterior transporte por el viento (contaminación atmosférica). Por medio del agua, el herbicida se distribuye sobre la superficie tratada (suelo - planta) movilizándose inicialmente por lavado (lluvia, riego), luego por percolación y adsorción a los coloides del suelo, pasando luego posiblemente a contaminar aguas subterráneas. (CEPIS/OPS, 2019).

Datos disponibles en la base de datos “Our World Data” (Roser, 2020) muestran la cantidad de pesticidas utilizados por país o región desde 1990 hasta 2017.

Esta información, respalda el hecho de que los consumos por hectárea cultivada en China superan a los demás países y regiones. Una de las limitaciones es que no se incluye a Costa Rica específicamente, como si lo hace con los demás países de Centroamérica. En la tabla 18 se muestra la recopilación de datos donde se compara Centroamérica con otras regiones del mundo.

Tabla 18. Consumo de pesticidas/ha cultivable para cada país o región

Año	País/Región				
	China	Mundo	Estados Unidos	Europa	Centroamérica
2010	14,41	2,63	2,34	1,47	3,31
2011	14,65	2,67	2,46	1,61	3,15
2012	14,82	2,68	2,59	1,62	3,2
2013	14,79	2,64	2,58	1,59	3,4
2014	14,82	2,68	2,57	1,65	3,29
2015	13,05	2,62	2,56	1,63	3,25
2016	13,06	2,63	2,55	1,66	3,1
2017	13,07	2,63	2,93	1,65	2,93

Fuente: Elaboración propia con datos de “Our World Data” (Roser, 2020)

Mientras el promedio mundial ronda los 2,63 kg/ha, en Centroamérica ronda los 3,2 kg/hay, en Europa se aplica 1,6 kg/ha. Con la información de la Tabla 14, la aplicación por parte de CoopeAgri R.L, para la caña de azúcar en la zona Sur de Costa Rica es de 6,77 kg/ha.

#### 4.8 Límites Máximos de Residuales de Plaguicidas (LMR)

Los Organismos Internacionales, como la Comisión del Codex Alimentarius donde participan en conjunto la FAO y la OMS, han establecido los niveles máximos admisibles respecto a la ingestión de plaguicidas normalmente utilizados en distintos países, siendo las autoridades nacionales las encargadas de establecer una legislación apropiada y vigilar cuidadosamente los residuos de los plaguicidas mediante controles analíticos adecuados.

En Costa Rica, el servicio fitosanitario del Estado (SFE), que está adscrito al MAG, es la entidad que se encarga del control y regulación del intercambio comercial de productos agrícolas tanto en la importación como para la exportación, el registro, control y regulación de sustancias químicas y biológicas de uso agrícola (plaguicidas, fertilizantes, sustancias biológicas y otros productos afines), su control de calidad y los niveles máximos de residuos permitidos (LMR) de los plaguicidas en los productos de consumo fresco. Además, este ente certifica la condición fitosanitaria de los productos para la exportación, mantiene la vigilancia y el control de las plagas de importancia económica y sobre aquellas plagas no presentes en el país que puedan representar una amenaza potencial para la producción agrícola nacional.

El SFE cuenta en su página de internet con el Sistema de Insumos y Fiscalización para el registro y el control de residuos, para este último detalla los LMR adoptados por el país para todos los productos agrícolas (SFE, 2020) (<http://app.sfe.go.cr/SFEInsumos/asp/Seguridad/Home.aspx>).

Al ingresar al espacio para las consultas que tiene esta referencia electrónica, se pueden hacer búsquedas específicas por plaguicida, clase, cultivo o LMR (mg/kg). Para la caña de azúcar, se despliega la lista completa de plaguicidas aprobados y sus respectivos LMR. En la tabla 19, se detallan las clases de plaguicidas incluidas en los LMR nacionales para el cultivo de la caña de azúcar.

Tabla 19. Resumen de clases de plaguicidas incluidos en los LMR para el cultivo de la caña de azúcar.

Clase	Cantidad
<b>Desinfectante</b>	2
<b>Fungicida</b>	24
<b>Herbicida</b>	18
<b>Insecticida</b>	30
<b>Insecticida, Acaricida</b>	1
<b>Insecticida, Nematicida</b>	7

Fuente: Elaboración propia con información de SFE.

CoopeAgri R.L, anualmente realiza un análisis para evaluar las condiciones del producto terminado (azúcar granular blanco plantación), con el respaldo de un laboratorio externo y certificado ante el Ente Costarricense de Acreditación (ECA), que es el que se encarga del proceso de muestreo y análisis.

En la tabla 20, se muestra el comparativo y cumplimiento de los LMR nacionales con los resultados obtenidos en el 2019 y 2020, los cuales fueron realizados por los laboratorios externos seleccionados por la empresa. En ésta, se muestran los resultados de los análisis: residuos de plaguicidas + cromo (Cr) + arsénico (As) + plomo (Pb) +cobre (Cu) + mercurio (Hg) (metales pesados).

Para el año 2020, se realizó el análisis: Tres Bandas de Plaguicidas que comprende no solo los utilizados en caña de azúcar, sino, que cubre un amplio espectro de plaguicidas, aplicados en el país para otros cultivos y que se encuentran dentro de la lista de productos aprobados por el SFE.

Tabla 20. Cumplimiento de los LMR nacionales de plaguicidas

Plaguicida	Clase	LMR-Nac (mg/kg)	2019	2020
<b>Pendimetalina</b>	Herbicida	NI	ND	ND
<b>Terbutilazina</b>	Herbicida	NI	ND	ND
<b>2,4-D</b>	Herbicida	0,05	ND	ND
<b>Diurón</b>	Herbicida	0,2	ND	ND
<b>Hexaxinona</b>	Herbicida	0,6	ND	ND

Fuente: Elaboración propia con resultados de laboratorio para muestras de CoopeAgri R.L.

De los productos indicados como aplicados, todos se encuentran por debajo del nivel de detección, utilizando cromatografía de gases capilar, cromatografía líquida ultra alta presión (UPLC) y espectroscopía de masas triple cuadrupolo en tándem. Resultados: ND: no detectable para todos los plaguicidas analizados, lo que indica que no se encuentran trazas de los productos aplicados en campo en el producto terminado para consumo.

Además, los análisis de metales pesados se encuentran por debajo de 0,11 µg/kg, por lo tanto, no hay presencia de metales en producto terminado.

#### 4.9 Plaguicidas y su relación con los humanos

En los últimos decenios, los efectos nocivos de los plaguicidas han sido documentados en muchas localidades y regiones del mundo. Los resultados evidencian que los efectos se agravarán y extenderán, si no se revierte la tendencia actual de uso de estos productos.

Pese a que, en general se asevera que la exposición a plaguicidas es más alta en los trabajadores que los formulan, aplican y manipulan, estudios científicos hechos

en Costa Rica, han demostrado que una importante proporción de la población está directa e indirectamente expuesta a estos agentes químicos, tanto en el área rural como en la urbana (OPS, 2003).

Estas investigaciones han servido para señalar que las mujeres, niños/as y ancianos/as que viven, estudian o trabajan dentro o cerca de zonas donde se aplican estos productos, también se exponen a diferentes concentraciones de plaguicidas, en espacios exteriores e interiores, en ámbitos domésticos, comunitarios y laborales.

En el informe preparado por la Organización Panamericana de la Salud (OPS) en conjunto con el Ministerio de Salud, referido a los efectos de los plaguicidas sobre la salud y el ambiente en Costa Rica, se mencionan una serie de datos históricos que se resumen en la tabla 21.

Tabla 21. Efectos de los plaguicidas sobre la salud de las personas en Costa Rica.

<b>Año</b>	<b>Cultivo/Aplicación</b>	<b>Plaguicida asociado</b>	<b>Efecto</b>
<b>1967-1979</b>	Banano	Nematicida dibromocloropropano (DBCP)	Trabajadores estériles
<b>1980</b>	Banano	Formulación de plaguicidas	Síntomas de intoxicación crónica
<b>1980</b>	Varios, para erradicar la malaria	diclorodifeniltricloetano (DDT) y sus metabolitos	Presencia en leche materna
<b>1986</b>	Combate de la malaria y el control de plagas en las cosechas	DDT	Residuos de plaguicidas en tejido adiposo
<b>1995</b>	Banano, varias actividades tanto en el campo como en las empacadoras	fungicidas tiabendazol/ imazalil	Malformaciones no heredables durante el desarrollo del embrión / reacciones

			alérgicas por exposición repetida y producir daños irreversibles en los ojos
<b>1995-1997</b>	Empacadoras de banano		Daños en los cromosomas, así como una cantidad superior de células Anormales
<b>1996</b>	Aplicación de plaguicida	Paraquat	Residuos de sustancia en las muestras colectadas: orina, parches de celulosa adheridos a la piel y en el aire

Fuente: Adaptado de (OPS, 2003).

Las normas internacionales sobre concentraciones máximas permitidas de plaguicidas en alimentos básicamente protegen la salud de los consumidores, no así la de los trabajadores/aplicadores del país de origen, por cuanto no valoran las condiciones, características y exposición específicas en las que éstos se encuentran.

En Costa Rica, de 1950 a 1960, el número de plagas de importancia para el cultivo del banano aumentó de dos a once, debido a la resistencia desarrollada al dieldrín.

Del mismo informe de la OPS, se extrae que, en el 2001, se realizó un estudio piloto para medir la exposición ambiental no ocupacional a plaguicidas de la población que vive en casas ubicadas cerca de plantaciones bananeras.

Las muestras de polvo del interior de las casas contenían concentraciones de plaguicidas 10 a 600 veces superiores, que el polvo que se encontraba en el exterior en campos y suelos fumigados (OPS, 2003).

#### 4.10 Casos de intoxicaciones por plaguicidas en la Región Brunca

De acuerdo con la información recopilada por el Ministerio de Salud de la Región Brunca facilitada por el Área rectora de Salud de Pérez Zeledón, durante los años 2016 al 2019, se presentaron 171 casos de intoxicaciones relacionados con productos utilizados como plaguicidas. En la figura 12, se muestra la distribución de los casos por año, junto con la cantidad de casos reportados como “Accidente laboral”.

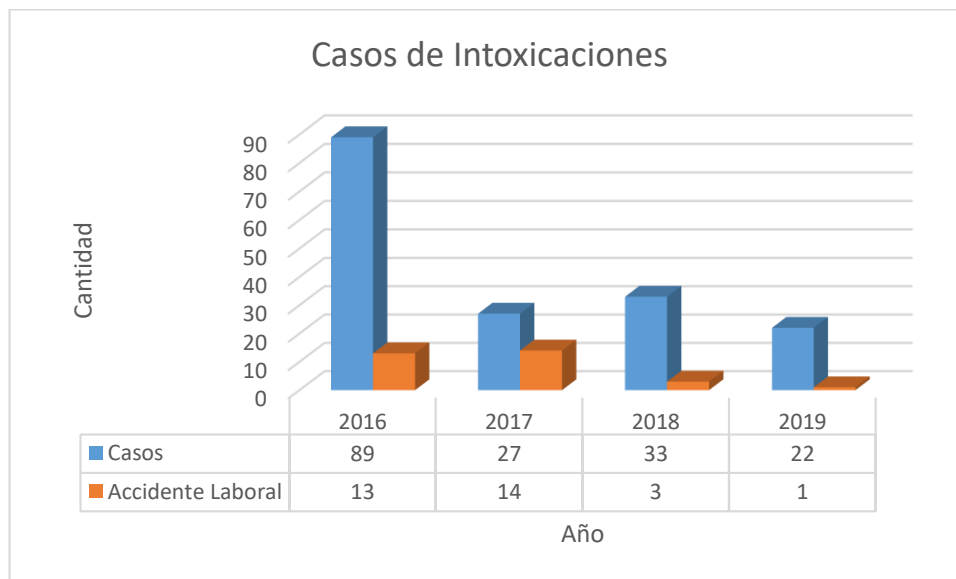


Figura 12. Casos de intoxicaciones por plaguicidas en la Región Brunca.

Fuente: elaborado con información de Área rectora de Salud de Pérez Zeledón.

Para el año 2016, hubo un total de 89 casos, de los cuales un 15% fue asociado a un accidente laboral. En el 2017, un 52% de los casos corresponde a accidentes laborales mientras que para los años 2018 y 2019 fue de 9% y 5% respectivamente.

Con respecto a los productos reportados en los casos de intoxicaciones y asociados a los productos utilizados para el combate a las malezas para la producción de caña de azúcar, únicamente en el año 2016 dos casos están relacionados con 2-4D, de

los cuales 1 es como caso laboral y el otro como caso accidental, ambos catalogados de gravedad leve, uno en Pérez Zeledón y otro en Buenos Aires.

Del total de casos de intoxicaciones reportadas durante los 4 años en la Región Brunca, un 47% corresponde a intoxicaciones por herbicidas. En la figura 13, se presenta la distribución de estas intoxicaciones para cada uno de los años mencionados.

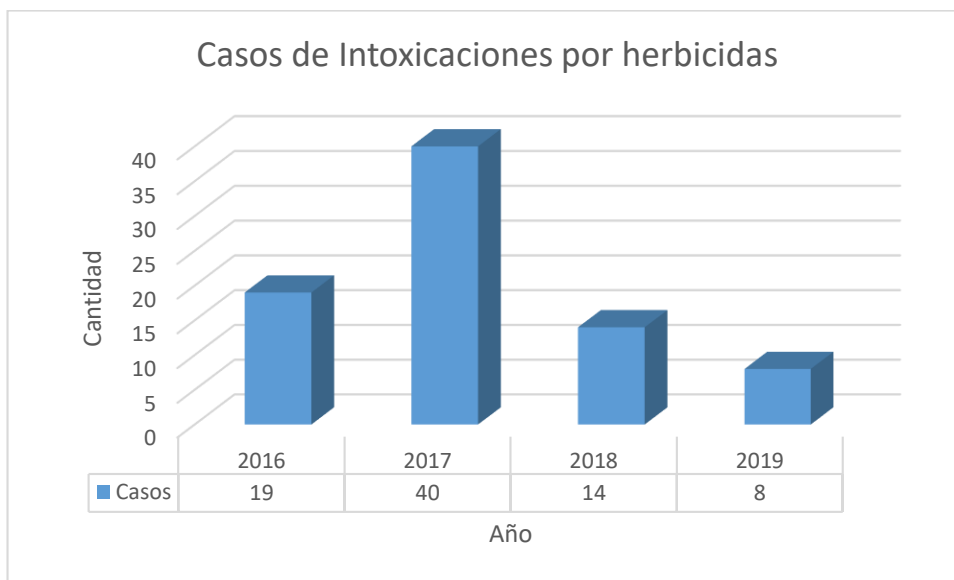


Figura 13. Casos de intoxicaciones por herbicidas en la Región Brunca.

Fuente: Elaborada con información de Área Rectora de Salud de Pérez Zeledón.

Los casos de intoxicaciones además permiten evaluar los modos de intoxicaciones relacionados con herbicidas, en la tabla 22, se detalla para cada uno de los años el modo de intoxicación reportado por los afectados.



Tabla 22. Modo de intoxicación con plaguicidas en la Región Brunca

<b>Modo Intoxicación</b>				
<b>Año</b>	Accidente no laboral	Accidente laboral	Intento Suicidio	Total
<b>2016</b>	5	2	12	19
<b>2017</b>	19	6	15	40
<b>2018</b>	4	3	7	12
<b>2019</b>	3	2	3	8
<b>Total</b>	31	11	37	

Fuente: elaborada con información de Área rectora de Salud de Pérez Zeledón.

De los 79 casos reportados de intoxicaciones con herbicidas durante los 4 años, un 14% corresponde a accidentes laborales, 39% a accidentes no laborales y el restante 47% a casos por intento de suicidio.

Estudios realizados en la zona de Guanacaste, indican que los plaguicidas podrían estar potencialmente vinculados con la enfermedad renal crónica, especialmente a través de la interacción con la deshidratación resultante del estrés térmico (Bravo, De la Cruz, Herrera, Moraga, & Ramírez, 2015).

#### 4.11 Certificaciones y Normativas voluntarias (Inocuidad y Sostenibilidad)

Actualmente, el ingenio de CoopeAgri R.L, se encuentra trabajando en la implementación de los requisitos del Sistema de Gestión de la Inocuidad basados en los requerimientos FSSC 22000 v5, para lo cual han desarrollado una estructura de gestión, programas prerrequisitos y análisis de peligros basados en el riesgo (HACCP por sus siglas en inglés). Además, se cuenta con una matriz de capacitación donde se involucra al personal y desarrollan habilidades para la determinación y análisis de peligros, así como la concientización para la mejora continua de los productos y los procesos, prevención de la contaminación intencional y el fraude alimentario.

Se cumple con los requisitos establecidos en el Reglamento Técnico Centroamericano de Buenas Prácticas de Manufactura RTCA 67.01.33:06 que es una adaptación de CAC/RCP-1-1969. Rev. 4-2003. Código Internacional Recomendado de Prácticas de Principios Generales de Higiene de los Alimentos.

Para la implementación del Sistema FSSC 22000 v5 se utiliza de referencia:

- INTE/ISO/TS 22002-1:2013 Programas prerrequisitos de inocuidad de los alimentos. Parte 1: manufactura de los alimentos.
- INTE/ISO 22000:2018 Sistemas de gestión de la inocuidad de los alimentos — Requisitos para cualquier organización en la cadena alimentaria.
- Requisitos adicionales de FSSC 22000.

#### 4.12 Inocuidad alimentaria

Anualmente, se realiza un muestreo para evaluar las condiciones microbiológicas del producto terminado. Este análisis es realizado por un laboratorio acreditado por ECA.

Para el cumplimiento de esta normativa, se toma de referencia el Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 67.04.50.17 Alimentos. Criterios Microbiológicos para la Inocuidad de los Alimentos, en el Subgrupo de Alimentos 5.2 donde se encuentran: turrone, mazapán, dulces típicos, dulce de panela y otros productos que contienen principalmente azúcar.

En la tabla 23, se muestran los límites microbiológicos permitidos y los resultados obtenidos en el análisis microbiológico para patógenos en producto terminado, que fue solicitado por la empresa.

Tabla 23. Resultados de análisis microbiológicos para patógenos en producto terminado.

Parámetro	Límite permitido	Resultado
<i>Salmonella spp.</i>	Ausencia/25 g	Ausente
<i>Staphylococcus aureus</i> )	10 UFC/g	< 10 UFC/g
<i>Escherichia coli</i>	< 3 NMP/g	< 3 NMP/g
	< 10 UFC/g	

Fuente: Elaborada con información de los resultados de laboratorio solicitados por CoopeAgri R.L.

Los resultados de los análisis para microorganismos patógenos son conformes de acuerdo con los límites establecidos en el RTCA 67.04.50.17.

Adicionalmente, se realizan otros análisis que, a pesar de no contar con especificación reglamentaria, se utilizan de referencia para control de la producción e indicadores de calidad.

En la tabla 24, se incluyen los análisis realizados anualmente para el control de otros microorganismos.

Tabla 24. Resultados de análisis microbiológicos en producto terminado.

Parámetro	Valor medido (UFC/g)
Recuento total aerobio	< 10
Coliformes totales	< 10
Recuento de hongos	< 10
Recuento de levaduras	< 10
<i>Bacillus cereus</i>	< 10
<i>Clostridium perfringens</i>	< 10

Fuente: elaborada con información de los resultados de laboratorio solicitados por CoopeAgri R.L.

Estos análisis realizados para la determinación de microorganismos específicos se encuentran dentro de especificación (ausentes) para los resultados del 2019 y 2020.

#### 4.13 Sostenibilidad

El ingenio de CoopeAgri R.L, se encuentra dentro del programa Bonsucro, por medio del cual se trabaja en la reducción los impactos ambientales y sociales durante la producción de caña de azúcar, a la vez que reconoce la necesidad de la viabilidad económica para la organización. Uno de los objetivos que se pretenden alcanzar con la implementación de este programa, consiste en lograr un sector de caña de azúcar en continua mejora.

La idea es que, este programa se utilice para verificar la sostenibilidad mediante acciones de colaboración en el sector y el trabajo en busca de la mejora continua de los tres pilares de la sostenibilidad: la viabilidad económica, social y ambiental.

La integración de normas o sistemas de gestión de la inocuidad con los requerimientos de salud ocupacional, ambiental y de sostenibilidad, permiten una mayor coordinación, entre los distintos sectores de la cooperativa, los actores públicos, nacionales e internacionales, que además reconozcan el esfuerzo y el impacto social.

La importancia del cumplimiento de estándares voluntarios como lo es el programa Bonsucro y la norma FSSC 22000, son herramientas clave para compartir información con los consumidores a fin de permitirles impulsar la producción sostenible, controlada y trazable.

Para el caso específico del sector cañero en Costa Rica, el mantenimiento de estos sistemas depende mucho de los modelos de negocio y de los clientes industriales que lo soliciten.

CoopeAgri R.L. cuenta con el departamento de Operaciones Forestales conformado por un equipo de trabajo destinado a la gestión de programas de alto perfil ambiental.

En el año 2016, por medio del programa de Pago de Servicios Ambientales (PSA) del Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO), se lograron canalizar recursos para la región sur del país por la suma de ¢384,3 millones, recursos que se distribuyeron entre 387 beneficiarios dueños de proyectos de Protección de Bosque, Regeneración Natural y Sistemas Agroforestales.

Un servicio indispensable para la vida humana es el suministro de agua potable de alta calidad. Este importante servicio es prestado en muchas comunidades de Costa Rica por medio de Acueductos Rurales gestionados por medio de las ASADAS.

En la región sur de nuestro país un total 26 Acueductos Rurales cuentan con el beneficio de tener en sus cuencas áreas protegidas bajo los proyectos de Pagos de Servicios Ambientales que gestiona CoopeAgri R.L. lo cual da un doble valor a esta importante iniciativa desarrollada por la cooperativa.

En el año 2016, el proyecto Abono Orgánico contribuyó al mejoramiento de las condiciones físicas del suelo de cantón de Pérez Zeledón, llevando hasta el campo un producto de alta calidad, a un precio de mercado muy competitivo. Adicionalmente, se comenzó a disponer de un sustrato especial para el desarrollo de almacígales, elaborado a base de abono orgánico El Sembrador, enriquecido con cal dolomita, granza de arroz y una fórmula fosforada, que mejoran las condiciones físicas y químicas de este sustrato.

#### 4.14 Índice de Desarrollo Social (IDS) y límites biofísicos.

Las fincas utilizadas como referencia para realizar esta investigación se encuentran debidamente identificadas y geolocalizadas; las cuales están ubicadas principalmente en Pérez Zeledón (47%) y en Buenos Aires de Puntarenas (53%), tal y como se detalla en la figura 14.



Figura 14. Distribución de las hectáreas sembradas propiedad de CoopeAgri R.L.

Fuente: elaborada con información de ubicación de fincas de CoopeAgri R.L.

De manera general, para la región Brunca según los datos del Ministerio de Desarrollo y Planificación (MIDEPLAN), del total de distritos, siete distritos desmejoraron su clasificación en el 2017 de acuerdo con las áreas de mayor y menor desarrollo relativo (R) del IDS 2013; de forma contraria ningún distrito mejoró su condición de desarrollo relativo (MIDEPLAN, 2018).

Destacan los distritos de Daniel Flores de Pérez Zeledón, con un IDS de 71,45. En este distrito se ubican 4 fincas que representan 36,14 hectáreas juntos con el distrito de San Isidro de El General, que cuenta con aproximadamente 70 hectáreas

sembradas presentó un IDS de 69,94 en el 2017, son los dos distritos con mayor IDS en la Región Brunca, clasificados como medios.

Por otra parte, el cantón de Buenos Aires presenta un IDS bajo de 49,88, ubicándose en la posición 390 a nivel nacional.

En la figura 15, se muestran los IDS para los distritos de la Región Brunca donde se reportan sembradíos de caña de azúcar.

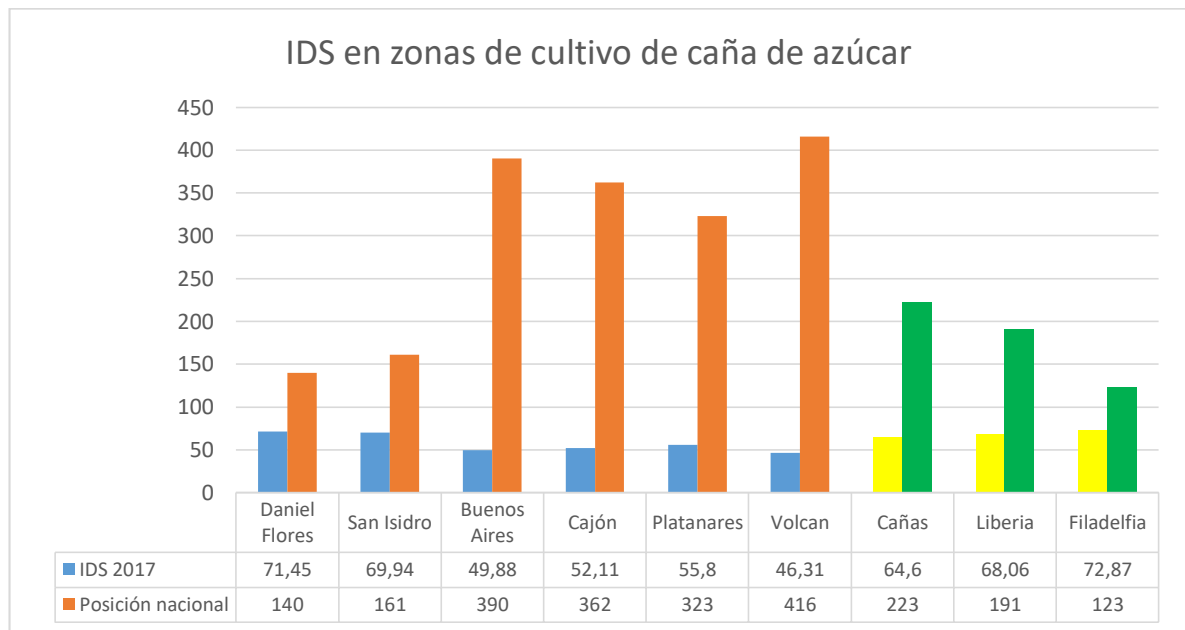


Figura 15. IDS de los distritos donde se cultiva caña de azúcar.

Fuente: Elaboración propia con datos de (MIDEPLAN, 2018).

Si se comparan estos datos con los IDS de la región Chorotega (Guanacaste, identificados en colores amarillo y verde) que representa un 54,78% del área cultivada con caña de azúcar, del total de distritos, cinco distritos mejoraron su desarrollo social de acuerdo con las AMMDR del IDS 2013, lo que representa un 8,4%; por otro lado, nueve distritos (15,0%) desmejoraron su desarrollo relativo en el IDS 2017 respecto al IDS 2013.

En promedio para los distritos indicados en la figura 15, la Región Brunca cuenta con un IDS de 57,6, mientras que la región Chorotega de 68,5, siendo superior en ésta última.

Los indicadores económicos muestran que la tasa de desempleo en la Región Brunca es superior a la media nacional (8,2 vs. 7,8), al igual que la tasa de subutilización (19,5% vs. 15,6%). Asimismo, existe una concentración de las actividades económicas en pocas empresas agrícolas y una escasez de fuentes de empleo de buena calidad (Pacheco, 2012). Además, la incidencia de la pobreza corresponde a un 40,4% versus 21,7% a nivel nacional.

En la figura 16 se detalla la información de la incidencia de la pobreza de la Región Brunca con relación al país para cada una de las clasificaciones de:

No pobres - No satisface necesidades básicas - Pobreza extrema

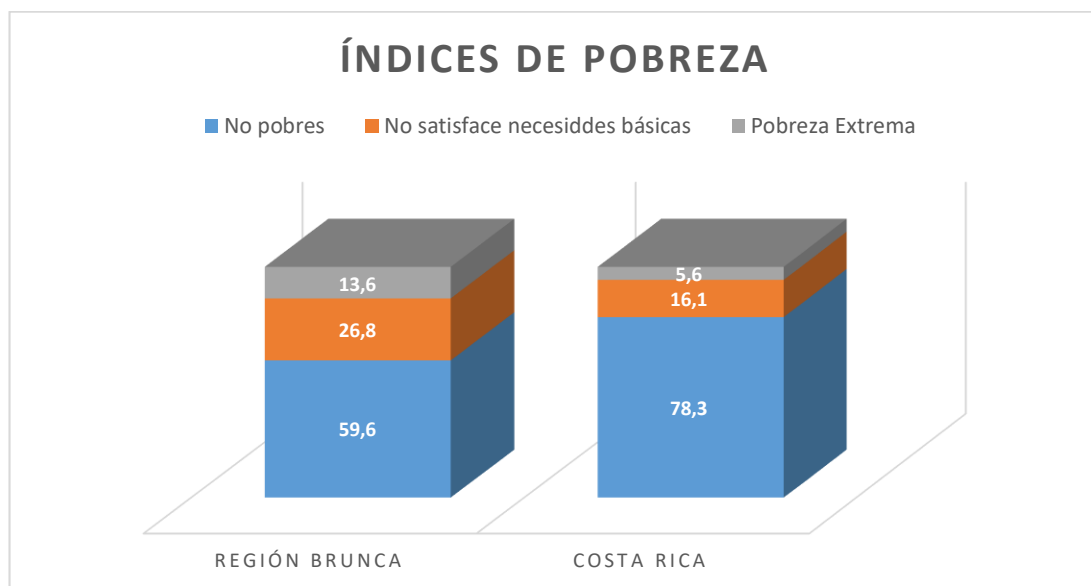


Figura 16. Incidencia de la pobreza en la Región Brunca vs nivel nacional.

Fuente: elaboración propia, adaptado con información de (Pacheco, 2012) con datos del Décimo Informe del Estado de la Nación.



En la tabla 25, se muestra la comparativa de los indicadores biofísicos entre Costa Rica y el G20, basados en indicadores per cápita que permite evaluar la interacción entre el límite planetario de integridad de la biosfera y otros límites planetarios para que la humanidad pueda desarrollarse de manera segura y que además permitan desarrollar políticas de sostenibilidad globales (Steffen, y otros, 2015).

Tabla 25. Comparación de límites biofísicos CR vs G20.

Indicador Biofísico	Costa Rica	G20	Límite per cápita	Unidad
<b>Emisiones de CO<sub>2</sub></b>	2,8	10	1,6	toneladas de CO <sub>2</sub> por año
<b>Fósforo</b>	1,1	4,3	0,9	kg de P por año
<b>Nitrógeno</b>	10,2	42,9	8,9	kg de N <sub>2</sub> por año
<b>Agua Azul</b>	254	384	574	m <sup>3</sup> de H <sub>2</sub> O por año
<b>eHANPP</b>	4,1	2,9	2,6	ton. de C por año
<b>Huella ecológica</b>	2,2	3,9	1,7	ha globales (gha) por año
<b>Huella material</b>	10,2	18,3	7,2	toneladas por año

Fuente: Datos tomados de (University of Leeds, 2020).

Con esta información se puede establecer una clara relación de los niveles de cada uno de los países con el límite per cápita establecido, y como el G20 para lograr sus estándares económicos y sociales tiene que transgredir de forma violenta los límites per cápita. Por ejemplo, las emisiones de CO<sub>2</sub>, si bien Costa Rica casi dobla el límite (1,8 veces), el G20 tiene emisiones que ronda 6,3 veces el límite, en la figura 17, se detalla las transgresiones a los límites per cápita mostrados en la tabla 25.

Otro indicador relevante es el de nitrógeno (N<sub>2</sub>), con un límite per cápita de 8,9 kg/año, el G20, tiene una medición de 5 veces mayor, mientras que Costa Rica, lo excede en 1,1 veces. La misma situación sucede con el fósforo (P), con un límite de 0,9 kg/año las transgresiones son similares a las del nitrógeno, ambos casos quedaron evidenciados en los análisis de los ciclos respectivos.

Para los casos de los ciclos de N y P, un movimiento de éstos fuera de la zona segura tendrá un impacto alto sobre la biosfera, pero un cambio de la biosfera tendrá un impacto bajo sobre los ciclos (Campbell, y otros, 2017).

El único indicador que no es superado por ninguno de los países es el indicador del agua azul el cual está establecido en 574 m<sup>3</sup> de agua por año.

Debido a esto, es que se debe resguardar o salvaguardar los bienes comunes mundiales, como las áreas y los ecosistemas de nuestro planeta con el fin de detener el cambio climático. Al entender que todos los límites planetarios tendrán un efecto ya sea a mediano o largo plazo sobre la capacidad de la Tierra para mantener al hombre en equidad y sostenibilidad.

La búsqueda de la estabilización de los sistemas para lograr reducir el impacto sobre la agricultura y el ambiente, tienen como prioridad poder asegurar la disponibilidad de los alimentos en cantidad adecuada para toda la población, nutritivos y seguros, sobre el sentido estricto y no negociable de la inocuidad. No hay que dejar de lado los beneficios sociales y económicos por medio de la implementación de estrategias que dirijan sus esfuerzos de manera integral.

Por ejemplo (Campbell, y otros, 2017) establecen relaciones basadas en el aumento de la producción agrícola por unidad de área de tierra, por unidad de entrada de fertilizante y por unidad de agua consumida.

Al realizar la comparación de desempeño social y sostenibilidad ambiental entre Costa Rica y el G-20, grupo que representa el 85% de la economía mundial e incluye las mayores potencias industriales del mundo, de manera general, los países que tienen alto nivel de bienestar lo hacen sobrepasando el nivel de sostenibilidad en las emisiones de CO<sub>2</sub> (University of Leeds, 2020).

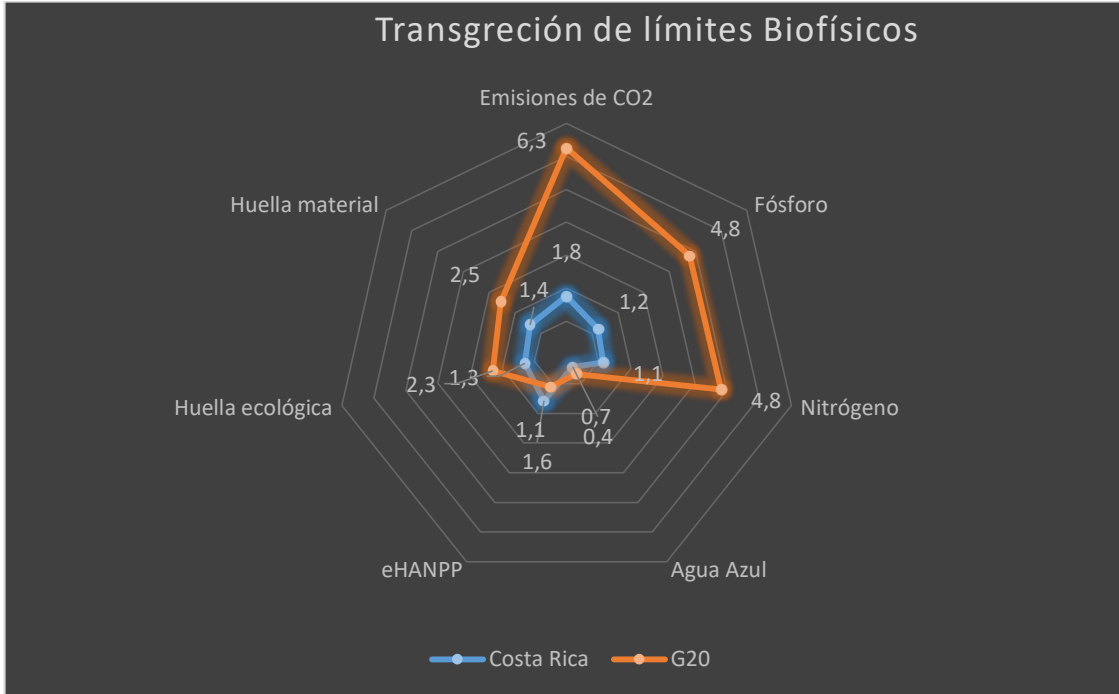


Figura 17. Transgresión de los límites biofísicos Costa Rica vs G20.

Fuente: Elaboración propia con información de (University of Leeds, 2020)..

En la figura 17, se puede observar como el G20 supera a Costa Rica en el exceso de los límites biofísicos per cápita para lograr niveles de satisfacción e indicadores sociales muy similares, como los mostrados en la tabla 26.

Las emisiones de CO<sub>2</sub>, huella de fosforo (P) y nitrógeno (N<sub>2</sub>) muestra indicadores muy elevados por parte del G20, por ejemplo, para los indicadores de N<sub>2</sub> y P, el G-20 excede en más de 4 veces las emisiones de Costa Rica.

Tabla 26. Comparación de los indicadores sociales CR vs G20.

Indicador social	Costa Rica	G20	Límite	Unidad
<b>Satisfacción de vida</b>	7,2	6,3	6,5	[0-10] escala Cantril
<b>Vida sana esperada.</b>	69,4	66,9	65	años de vida sana
<b>Nutrición</b>	2898	3229	2700	kilocalorías per cápita por día
<b>Buenas condiciones de higiene (saneamiento)</b>	93,7	72,7	95	% con acceso a buenas condiciones de higiene (saneamiento mejorado)
<b>Ingresos</b>	98,3	95,5	95	% que gana más de \$ 1,90 por día
<b>Acceso a la energía</b>	99,5	99,8	95	% con acceso a electricidad
<b>Educación</b>	104,6	91,9	95	% de matrícula en secundaria
<b>Apoyo social</b>	89,2	82,1	90	% con amigos o familiares en los que pueden confiar
<b>Calidad democrática</b>	0,8	0,3	0,8	Índice de calidad democrática
<b>Igualdad</b>	55,3	61,7	70	[0-100] Escala -> (1 - Índice de Gini) * 100
<b>Empleo</b>	92,3	92,4	94	% de la fuerza laboral empleada

Fuente: Tomado de (University of Leeds, 2020).

Según el estudio realizado por (O'Neill, Fanning, Lamb, & Steinberger, 2018) la fuerza de la relación entre los indicadores biofísicos y sociales varía según los indicadores individuales considerados. En general, el desempeño social está más estrechamente acoplado a las emisiones de CO<sub>2</sub> y la huella de material, y menos estrechamente acoplado a apropiación humana de la producción primaria neta (eHANPP), este indicador está relacionado con el cambio de sistemas de tierra.

Al hacer la comparación de Costa Rica (CR) con la Unión Europea (UE) con respecto al consumo de fertilizantes y su relación con el Producto Interno bruto (PIB) per cápita para el 2017, Costa Rica cuenta con un consumo de fertilizante de 160

kg/ha y un ingreso de \$15525. Sin embargo, en el Reino Unido, con un consumo de fertilizantes que ronda los 168 kg/ha, cuenta con un ingreso per cápita de \$39753.

En los casos en que existe una relación estadísticamente significativa entre los indicadores biofísicos y sociales, la relación siempre es positiva (es decir, un mayor desempeño social se asocia con un mayor uso de recursos).

4.15 Estrategia de gestión sostenible de la producción de caña de azúcar dentro de la donut o rosquilla.

Con el desarrollo de este proyecto final de graduación (PFG), se determinó que en el sistema agroalimentario del cultivo de la caña de azúcar se puede implementar un Sistema de Gestión de Inocuidad Alimentaria (SGIA) con enfoque Una Salud para el bienestar y equidad, que en una primera fase integre:

4.15.1 Realizar una transición hacia la producción orgánica:

Se propone la reducción de la expansión del cultivo de la caña de azúcar y favorecer la rotación con otros cultivos en especial en el año en el que finaliza en ciclo productivo de los cañales. Lo anterior, se sugiere considerando que los cañaverales tienen aproximadamente 5 años de vida útil.

Uno de los ejemplos que se tomó de referencia para hacer esta propuesta para la rotación de cultivos de caña de azúcar, es el cultivo de la soja, ya que esta práctica agronómica permite un mejor control de malezas gramíneas perennes, favorece la diversidad de la microflora del suelo, mejora la oferta de nitrógeno e interrumpe el ciclo de algunos patógenos que limitan el desarrollo de la caña (Benedetti, Sopena, Morales , & Moreno, 2019). Además, producen alta cantidad de biomasa en un tiempo razonablemente rápido, alrededor de 35 toneladas de materia fresca/ha equivalente a un rendimiento de materia seca de 7,4 t/ha en 65-90 días para el caso

de *Crotalaria juncea*, *Crotalaria spectabilis* y *Canavalia ensiformis* (CENGICAÑA, 2017).

Además, se considera importante mencionar que, dentro de las prácticas agronómicas requeridas para mantener la fertilidad del suelo, se recomienda la siembra de un abono verde al final de un ciclo completo de caña de azúcar. Esta acción conlleva una serie de beneficios, entre ellos, mejora las propiedades físicas del suelo, activa y restaura la actividad microbiana del suelo, aporta minerales, especialmente nitrógeno, producto de la fijación de  $N_2$  del aire, rompe el ciclo de plagas y enfermedades, disminuye la presión de malezas y protege el suelo de la erosión.

4.15.2 Introducción de prácticas agrícolas para la conservación para la disminución de la eutrofización de las aguas dulces.

La eutrofización del agua consiste en el enriquecimiento de aguas con nutrientes por aplicaciones excesivas a un ritmo que no puede ser compensado y sin capacidad de regenerarse naturalmente, esto provoca que haya una reducción del oxígeno disponible en las aguas profundas. Los nutrientes que más impactan la eutrofización son los nitratos ( $NO_3^-$ ) y los fosfatos ( $PO_4^{3-}$ ).

Por lo tanto, tal como se evaluó en las aplicaciones de fertilizantes, de acuerdo con los límites planetarios, estos indicadores sobrepasan la capacidad de la Tierra.

Con las lluvias estos excesos inician el proceso de lavado y desagüe (escorrentía) para su introducción en mantos acuíferos y reservas de agua, reduciendo su calidad y potabilidad.

Además, esta situación pone en riesgo la estabilidad sanitaria de las poblaciones aledañas y disminuye la capacidad de uso de las zonas involucradas para otros fines tales como los recreativos, aunado al hecho de que impacta la salud de los ecosistemas acuáticos.

Debido a esto, es necesario establecer mecanismos de control de aplicación de nutrientes para que éstos sean más eficaces.

Se han establecido algunos mecanismos para el control de los excesos nitrogenados como el uso de filtros vegetales que presentan las siguientes características (Osorio Robles, 2014):

- Plantas nitrófilas, con buena capacidad para fijar los restos de fertilizantes.
- Plantas con buena capacidad para desarrollarse en las condiciones requeridas: desarrollo rápido y buena capacidad de propagación, pero no tanto como para convertirse en una posible plaga para el cultivo de la caña.
- Plantas con abundantes raíces secundarias que puedan actuar como filtro y fijar sólidos pero que no tengan una potencia de raíz tal que se puedan convertir en competencia para los cultivos.
- Disponibilidad en vivero.

Mismas que pueden ser implementas en fincas para mejorar y disminuir el impacto del uso de fuentes nitrogenada para la fertilización de los suelos.

#### 4.15.3 Prohibición de la quema de los cañales

Tal como se estableció en los resultados, la quema de la caña para las fincas propiedad o alquiladas por CoopeAgri R.L, para el año 2018 fue del 2,6%

Aunque esta cifra es relativamente baja, la Universidad Nacional (UNA) realizó investigaciones entre 2009 y 2013 con el objetivo de documentar la exposición al calor de los cortadores de la caña de azúcar y las consecuencias para la salud al trabajar bajo estas condiciones.

Con esta información, se determinó que la carga metabólica de cosechar caña de azúcar es de  $260 \text{ W/m}^2$ , y que además se vieron en riesgo de sufrir estrés térmico durante la mayor parte de su jornada.

Deshidratación y otros malestares físicos, evidencian la necesidad de asegurar condiciones de trabajo adecuadas para los cortadores de caña que incluyan las condiciones ambientales y climáticas (Crowe, Wesseling, Kjeslltrom, & Nilsson, 2015).

Además, la quema de cañales con altas temperaturas concomitantes podría transformar ciertas sustancias en moléculas más tóxicas, como dioxinas, sustancias persistentes con gran toxicidad crónicas para los humanos (Ramírez, Bravo, Herrera, & de la Cruz, 2015).

#### 4.15.4 Control biológico de plagas

El sector azucarero en Costa Rica realiza una importante, fructífera y reconocida labor en favor del ambiente, como acontece con el uso del manejo integrado de plagas empleando parasitoides (avispa *Cotesia flavipes*) y hongos entomopatógenos, lo que ha permitido disminuir y casi eliminar el uso de insecticidas (DIECA, 2017).

El desarrollo de variedades propias reconocidas internacionalmente por la sigla LAICA ha permitido no utilizar fungicidas, pues los patógenos se combaten por la



vía genética mediante el cambio de variedades susceptibles por tolerantes; los nematocidas se han casi eliminado; los herbicidas, fertilizantes y el agua se manejan de manera técnica y responsable optimizando su empleo, entre otras acciones desarrolladas mediante la investigación seria y responsable.

En el 2018, la producción de avispas fue de 37,36 millones, para una cobertura de 6222 hectáreas, la distribución por beneficiario se detalla en la tabla 27.

Tabla 27. Cobertura anual del programa *Cotesia flavipes* por beneficiario

Tipo de Beneficiario	Cantidad de Avispas	Área (ha)	%
<b>Ingenios</b>	18 883 500	3 147,30	50,60
<b>Productores</b>	9 262 500	1 543,80	24,80
<b>Ventas</b>	9 099 000	1 516,50	24,40
<b>Otros</b>	111 000	18,50	0,30
<b>Total</b>	37 356 000	6 226,10	100,00

Fuente: Adaptado de (LAICA, 2019).

En la Zona Sur, una de las principales plagas es la *Diatraea spp*, el manejo se basa en liberaciones en campo del parasitoide *Cotesia flavipes* (*Hymenoptera: Braconidae*), logrando altas tasas de parasitismo. El control con entomopatógenos también se da con el uso del hongo *Beauveria bassiana*, para plagas como *Sacharosidne sacharivora*, jobotos, áfidos y picudo de la caña.

Las cantidades por aplicar de parasitoides depende de las poblaciones, es común que se den aplicaciones de 3000 a 4500 individuos por hectárea, en caso de hongos entomopatógenos 5 kg/ha. Dichas aplicaciones no son generalizadas a toda la plantación, ya que se concentran en puntos afectados por alguna de las plagas.

#### 4.15.5 Aplicación de fertilizantes orgánicos a partir de la cachaza para aumentar la eficiencia del ciclo de los nutrientes.

Al ser el suelo un sistema complejo con propiedades físicas, químicas y biológicas muy variadas y que de su estado depende el desarrollo óptimo de los cultivos, existe la necesidad fundamental de mantener o aumentar la materia orgánica para asegurar la fertilidad y el sistema de producción ecológico.

Gestionar el ecosistema en lugar de la utilización de insumos agrícolas o lo que (FAO, 2020) define como agricultura orgánica, que consiste en la eliminación de fertilizantes y plaguicidas sintéticos, por medio de un “sistema holístico de gestión de la producción que fomenta y mejora la salud del agroecosistema, y en particular la biodiversidad, los ciclos biológicos, y la actividad biológica del suelo.

Dentro de las funciones de la materia orgánica en el suelo los investigadores (Golzalez & Pomares, 2008) indican lo que se detalla a continuación:

- Desarrollo o mantenimiento del complejo arcillo-húmico, para asegurar la buena movilidad de los nutrientes.
- Mantenimiento óptimo del pH, que ayuden a la asimilación de los nutrientes.
- Mantenimiento de la actividad biológica para prevenir la presencia de microorganismos patógenos.
- Cubrir el déficit entre entradas y salidas de nutrientes.

Para este último aspecto, es importante considerar cada cultivo posee diferentes tasas de extracción de nutrientes. De aquí, que se debe establecer el balance nutricional del suelo, considerando la capa de suelo explorada por las raíces en periodos anuales.

Básicamente, el esquema del balance de nutrientes se refiere a la entrada de éstos, ya sea de forma natural o por restitución (restos de cosechas, abonados orgánicos, incorporación de biomasa entre otros). Por otro lado, las salidas por la exportación derivada de las cosechas y las pérdidas originadas por lavado y/o escorrentía.

Las principales fuentes de materia orgánica pueden ser estiércol de ganadería, compost de origen vegetal, humus de lombriz, abonos verdes y restos vegetales que puedan enterrarse tras finalizar el cultivo.

El uso de materia orgánica como fertilizante ayuda a mejorar la estructura del suelo, haciéndolo más fácil para trabajar, se incrementa la capacidad de retener humedad reduciendo la posibilidad de erosión.

Por lo tanto, su aplicación en siembras ha demostrado ser un insumo de gran importancia, debido a que la mayoría de los suelos del área cañera presentan bajos contenidos de materia orgánica y contribuye en gran medida a mejorar las características físicas, químicas y biológicas del suelo. En la región en estudio, la materia orgánica disponible es el compostaje de subproductos obtenidos de las agroindustrias caña de azúcar y café específicamente la mezcla de cachaza con broza.

La materia orgánica debe ser incorporada al fondo del surco antes de la siembra, para el caso de CoopeAgri R.L, las mejores respuestas se han observado con la aplicación de 10 TM/ha (200 quintales/ha).

La cachaza es un derivado de la fabricación de azúcar y contiene en promedio 33% de C (carbono); 1,50 % de N<sub>2</sub> (nitrógeno); 1,4% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (óxido de fósforo (V)); 0,39% de K<sub>2</sub>O (óxido de potasio (II)) y 3% de CaO (óxido de calcio). El (MAG, 2014), recomienda aplicar entre 80 a 100 toneladas de cachaza fresca por hectárea.

Como se aprecia en la tabla 28, en estudios realizados por CATSA, se muestra un incremento significativo en elementos importantes como: Fósforo (P), Zinc (Zn) y materia orgánica. Por lo que el uso con criterio técnico de esta fuente de fertilización orgánica se puede constituir para el sector en una opción económica importante, principalmente por los altos costos que presentan en la actualidad los fertilizantes químicos.

Tabla 28. Análisis químico de suelo Sección Playitas lote 19 antes aplicación cachaza año 2008 y un año después 2009.

Sección	Lote	pH		cmol (+) /L			%		mg/L					
		H <sub>2</sub> O	Acidez	Ca	Mg	CICE	SA	P	Zn	Cu	Fe	Mn	S	MO%
Playitas	19 (2008)	6,1	0,21	18,57	8,81	28,4	1	1	1,7	11	13	28	20	1,4
Playitas	19 (2019)	6,5	0,08	20,54	7,75	29,34	0,3	39	4,1	8	29	24	26	2,7

Fuente: Depto. Investigación CATSA

4.15.6 Programa de gestión para el cumplimiento de los ODS a nivel de base integrando los indicadores sociales y ambientales.

Tras una minuciosa revisión de los programas actuales de la Cooperativa, por medio de la información disponible de los diferentes departamentos, ambiental, responsabilidad social y de recursos humanos, se muestra en la tabla 29, los ODS con sus respectivos programas que se encuentran en funcionamiento. Cabe resaltar que algunos de los programas se interrelacionan en dos o más objetivos.

Tabla 29. Programas de CoopeAgri R.L asociados a los ODS.

Objetivo	Programas
 <p><b>ODS 1</b> Poner fin a la pobreza en todas sus formas y en todo el mundo</p>	<p>Salarios mínimos y de Ley IDS social de la zona (influencia) por medio de la generación de empleo. Programas de financiamiento para socios. Programas de inversión rural Comercio Justo</p>

<p><b>ODS 2</b>    Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible</p>	<p>Aseguramiento de la estabilidad de los productores y trabajadores.  Apoyo a los productores (asistencia técnica, escuela del café).  Uso de material apropiado para la producción.  Elaboración de productos seguros e inocuos.  Proyectos de investigación para mejorar la producción.</p>
<p><b>ODS 3</b>    Garantizar una vida sana y promover el bienestar de todas las personas a todas las edades</p>	<p>Medicina empresarial-semana de la salud.  Subsidios médicos.  Protección de aplicadores de sustancias químicas y capacitación.  Comercio Justo.</p>
<p><b>ODS 4</b>    Garantizar una educación inclusiva y equitativa de calidad y promover oportunidades de aprendizaje permanente para todas y todos</p>	<p>Equidad en la contratación de personal.  Igualdad en acceso a información y formación.  Capacitación de empleados.  Capacitación de productores  Comité de Educación.</p>
<p><b>ODS 5</b>    Lograr la igualdad de género y empoderar a todas las mujeres y las niñas</p>	<p>Políticas laborales y de contrato  Equidad de género.  Programas que incluyan la participación de mujeres.  Implementa políticas y programas que apoyen a las mujeres en la fuerza laboral (mismo salario por mismo trabajo).  Ley de hostigamiento.</p>
<p><b>ODS 6</b>    Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todas y todos</p>	<p>Indicadores de consumo de agua.  Programas para el uso correcto de agua para la producción.  Tratamiento de aguas para el desecho.  Campañas para el ahorro de agua  Agua potable para todos.</p>

		Aseguramiento de agua para operaciones agrícolas, industria y otras actividades económicas. Programas de correcta disposición y uso de productos químicos. Pagos de Servicios Ambientales.
 <p><b>ODS 7</b> Garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todas y todos</p>		No se cuenta con programas establecidos para este objetivo.
 <p><b>ODS 8</b> Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todas y todos</p>		Empleo digno. Seguridad social. Repartición de dividendos. Acceso a créditos favorables. Principio de control democrático de los asociados. Programas asistenciales Programa social “Asociado de Oro”. Asistencia técnica.
 <p><b>ODS 9</b> Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación</p>		Acceso a financiamiento para productores. Programas de investigación y desarrollo. Equipamiento con nuevas tecnologías a productores Programa social Ilusiones Navideñas.
 <p><b>ODS 10</b> Reducir la desigualdad en los países y entre ellos</p>		Programación de inclusión social. No discriminación. Estabilidad laboral. Horarios de trabajo estableces Licencias por enfermedad y maternidad.
 <p><b>ODS 11</b> Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles</p>		Apoyo a los hogares AMA y Madre del Redentor.

 <p><b>ODS 12</b> Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles</p>	<p>Controles biológicos de plagas. Gestión sostenible y uso eficiente de los recursos naturales. Producción de abono orgánico Gestión de residuos. Tratamiento de aguas.</p>
 <p><b>ODS 13</b> Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos</p>	<p>Programa de reforestación. Reducción de quemas en cultivo Programa de Pagos de Servicio Ambientales.</p>
 <p><b>ODS 14</b> Conservar y utilizar sosteniblemente los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible</p>	<p>No se cuenta con programas establecidos, además, las operaciones no están relacionadas con este objetivo.</p>
 <p><b>ODS 15</b> Gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y detener la pérdida de biodiversidad</p>	<p>Programas de reforestación. Uso correcto de productos fitosanitarios de acuerdo con indicaciones técnicas. Programas de conservación y restauración de ecosistemas.</p>
 <p><b>ODS 16</b> Promover sociedades pacíficas e inclusivas para el desarrollo sostenible, facilitar el acceso a la justicia para todas las personas y construir a todos los niveles instituciones eficaces e inclusivas que rindan cuentas</p>	<p>Garantía de respeto de los derechos humanos. Código de ética empresarial.</p>
 <p><b>ODS 17</b> Fortalecer los medios de implementación y revitalizar la Alianza Mundial para el Desarrollo Sostenible</p>	<p>Asegurar la movilidad de los recursos financieros. Fortalecimiento de alianzas con otras empresas de la zona Organización No Gubernamental (ONG) Aro Internacional.</p>

Fuente: Recopilado de los departamentos ambiental, responsabilidad social y de recursos humanos de CoopeAgri R.L.

## 5. CONCLUSIONES.

Se concluye que:

5.1 Es viable la posibilidad de combinar el sistema agroalimentario de la caña de azúcar con el enfoque “Una Salud” y una buena calidad de vida para todos dentro de la “rosquilla o donut” y los límites planetarios, combinando así ecología y economía.

5.2 El aumento actual y futuro en la producción de alimentos debe ir acompañado de la producción de alimentos con mejor calidad y con contaminantes menos tóxicos.

5.3 Se deben buscar otras alternativas al uso intensivo de productos químicos para la protección de cultivos, tales como los organismos genéticamente modificados (OGM), agricultura orgánica y desarrollo de tecnologías alimentarias sostenibles.

5.4 En este trabajo se evidenció el aporte de la producción de caña de azúcar en la zona Sur de Costa Rica para el exceso de los límites de P y N<sub>2</sub>, donde el P, por medio de la aplicación de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, transgrede en 7,6 veces el límite planetario, mientras que el N<sub>2</sub> en 2,6 veces.

5.5 No se cuenta con suficiente información a nivel nacional para determinar si la expansión en el cultivo de la caña de azúcar se debió a sustitución del cultivo, deforestación o uso de tierras desocupadas y que el porcentaje de recambio en uso del suelo está por debajo de porcentaje definido como límite planetario.



5.6 La transgresión de los límites planetarios de P y N<sub>2</sub>, refleja que Costa Rica es uno de los países con mayor consumo de fertilizantes a nivel mundial por hectárea sembrada.

5.7 La alta aplicación de plaguicidas con 6,77 kg ia/ha implica una transgresión del límite planetario y comparado con las provincias de China con mayor consumo, además superando los 2,63kg/ha a nivel mundial.

5.8 Una de las limitaciones para la estimación del consumo de pesticidas, es que la base de datos de “Our World data” no incluye a Costa Rica específicamente como si lo hace con los demás países de Centroamérica.

5.9 Las normas internacionales sobre concentraciones máximas permitidas de plaguicidas en alimentos, básicamente protegen la salud de los consumidores, no así la de los trabajadores/aplicadores del país de origen, por cuanto no valoran las condiciones, características y exposición específicas en las que éstos se encuentran.

5.10 Los plaguicidas Pendimetalina y Terbutilazina, no cuentan con un LMR establecido en la página del SFE. Sin embargo, los análisis de laboratorio realizados por CoopeAgri R.L. abarcan todos los ingredientes activos a pesar de no utilizarse para el cultivo, se encuentran bajo los niveles de detección.

5.11 Investigaciones sobre los efectos de los plaguicidas en la salud y el ambiente comprueban la diversidad de efectos nocivos por el uso de éstos, a la vez que señalan el potencial de exposición humana a corto, mediano y largo plazo y el riesgo de efectos adversos sobre la salud de la población.

5.12 De las aplicaciones de plaguicidas, un 1% del total aplicado logra alcanzar al organismo de interés, mientras que aproximadamente el 25% queda retenido en el

follaje, un 30% llega al suelo y el 45 % es exportado directamente a la atmósfera y a los sistemas acuáticos por escorrentía y lixiviación.

5.13 A pesar de cumplir con los reglamentos nacionales y legislación respectiva al ambiente (Ley N°7779 Uso, Manejo y Conservación de Suelos) y a la inocuidad (RTCA 67.01.33:06 de BPM y los LMR del Codex Alimentarius) estas normativas aceptadas y adaptadas no consideran la trasgresión de los límites planetarios.

5.14 Las agroindustrias necesitan desarrollar prácticas avanzadas para proteger la salud pública, lo que requiere un uso más cauteloso de agroquímicos a través de pruebas previas, evaluación cuidadosa de riesgos y licencias, pero también a través de la educación de los agricultores y usuarios en general, así como medidas para una mejor protección de los ecosistemas, y buenas prácticas para el desarrollo sostenible de la agricultura, la pesca y la acuicultura.

5.15 Los indicadores ambientales sólo reflejan la situación del cambio climático en términos de los gases de efecto invernadero (GEI), sin considerar el cumplimiento de los límites planetarios ni la satisfacción y estilo de vida de las personas.

5.16 Lograr la satisfacción de la población y altos indicadores sociales, conlleva a generar un alto impacto y exceder los límites biofísicos y ambientales en detrimento de la capacidad de la tierra al suplir los recursos necesarios para la humanidad.

5.17 Si no se realizan cambios a nivel local para reducir el impacto sobre los límites planetarios, el planeta dejaría de funcionar en beneficio de la población global, esto implica que la seguridad alimentaria se vea afectada, que los alimentos se vean reducidos, que se deba utilizar más productos químicos para la producción, afectando al suelo, al agua y a los consumidores y que se pierda el control de seguridad sobre los animales y sobre las plantas por la pérdida de biodiversidad.

5.18 La aplicación de fósforo usando residuos orgánicos, aumenta el fósforo orgánico lábil y puede ser una estrategia complementaria para aumentar el suministro de nutrientes en los campos de caña de azúcar.

5.19 Se encontraron incrementos hasta de un 24% en el rendimiento (toneladas caña/ha), con la aplicación de 75 toneladas de cachaza fresca/ha en un suelo del orden vertisol conocidos como “sonsocuitles”, en la región Chorotega de Costa Rica.

5.20 En la región Brunca, siete distritos desmejoraron su clasificación de acuerdo con las áreas de mayor y menor desarrollo relativo (AMMDR) del IDS del 2013 al 2017; de forma contraria ningún distrito mejoró su condición de desarrollo relativo.

5.21 Los IDS de la región Chorotega de Costa Rica indican que cinco distritos mejoraron su desarrollo social de acuerdo con las AMMDR del IDS 2013, lo que representa un 8,4%; por otro lado, nueve distritos (15,0%) desmejoraron su desarrollo relativo en el IDS 2017 respecto al IDS 2013.

5.22 El indicador social, como índice de satisfacción de vida (de acuerdo con la escala Cantril) para Costa Rica es de 7,2, y para el G-20 es 6,3.

5.23 Los indicadores como la vida sana esperada, las buenas condiciones de higiene y educación son más elevados para Costa Rica con respecto al G-20.

5.24 El G-20 presenta mejores indicadores en nutrición, acceso a la energía, y acceso al empleo con respecto a Costa Rica.

5.25 Costa Rica tiene un consumo de fertilizantes elevado, no solo en relación con las áreas cultivadas, si no también, en relación con el ingreso de la población (PIB per cápita) al comparar información contra los datos de la Unión Europea.

5.26 El sector azucarero costarricense cuenta con uno de los programas de transferencia tecnológica, asistencia técnica y capacitación más dinámica, amplia y

efectiva del agro nacional, en el cual invierten sumas importantes procurando crear con ciencia y conciencia una cultura apegada a nuestra legislación y en favor del ambiente.

5.27 Los indicadores de inocuidad se enfocan al alimento y no al ambiente ni a las personas, además, los ODS no se integra con ellos, de aquí la necesidad de establecer una conexión entre las personas, el planeta, la alimentación y la agricultura en acciones conjuntas por medio de las cuales se fomente la sostenibilidad en los sistemas de producción.

## 6. RECOMENDACIONES

Se recomienda que se:

6.1 Incremente el uso y expansión de controles biológicos a más áreas y otros cultivos.

6.2 Aumente el uso y consumo de cachaza para la fertilización de los suelos y de esta manera reducir la aplicación de fertilizantes químicos.

6.3 Utilice la siembra de un abono verde al final de un ciclo completo de caña de azúcar, para mantener la fertilidad del suelo.

6.4 Reduzcan las técnicas de quema de cañales a nivel nacional, porque ayudaría a reducir la emisión de CO<sub>2</sub> al ambiente y reducir los efectos de los gases invernadero junto con la reducción de aplicación de N<sub>2</sub> (nitrógeno) para la generación de N<sub>2</sub>O (óxido nitroso).

6.5 Evalúe el impacto sobre la salud de los cortadores al eliminar la práctica tradicional de las quemas de cañaverales con el fin reducir efectos adversos y en el largo plazo.

6.6 Mejoren las prácticas agrícolas para la conservación de los suelos para la disminución de la eutrofización de las aguas dulces, utilizando de manera efectiva el ciclo de P, entre el suelo, los cultivos, el ganado y los humanos, como el uso de estiércol y otros desechos de fósforo como una política global.

6.7 Integre de manera holística el sistema de producción de caña de azúcar en cumplimiento con los ODS, para que se logre restablecer la salud de los ecosistemas, el bienestar económico, la equidad social y la seguridad alimentaria.,

integrando los indicadores sociales y ambientales utilizando de referencia esta investigación.

6.8 Desarrollen programas que aseguren el acceso universal a los servicios de energía modernos, mejoren el rendimiento energético y aumenten el uso de fuentes renovables para crear comunidades más sostenibles e inclusivas y para la resiliencia ante problemas ambientales como el cambio climático.

6.9 Invierta para mejorar la infraestructura y la tecnología de fuentes de energía limpia, como la solar, eólica y termal y mejorar la productividad energética, creando una política que establezca las directrices de la empresa con relación al acceso y uso de la energía.

6.10 Implementen programas de voluntariado en grupos comunitarios para retirar basura de las playas y ríos.

6.11 Implementen programas de nutrición y dietas saludables para los empleados, así como promover la sensibilización y el apoyo a los problemas de salud mental como la depresión, el abuso de sustancias o el Alzheimer.

6.12 Desarrollen programas para la reducción del consumo de plásticos, tanto a nivel de la producción de caña como en otras áreas de la Cooperativa.

6.13 Integre la flexibilidad y la conciliación entre vida laboral y familiar en la cultura de la empresa.

6.14 Desarrollen programas de difusión y organizaciones locales contra la violencia.

6.15 Establezcan procedimientos y políticas por parte de CoopeAgri R.L para la implementación de los requerimientos de un Sistema de Gestión de la Inocuidad Alimentaria (SGIA) bajo el enfoque “Una Salud” en la producción de caña de azúcar.

6.16 Utilicen sistemas rotación de cultivos, con frijol o leguminosas, por ejemplo, frijol tapado en los primeros meses después de la corta, establecer con agrónomos especialistas, cultivos de ciclo corto que se puedan utilizar cada 5 años con la rotación de la caña.

6.17 Establezcan sistemas vegetativos naturales para el control de los excesos de nutrientes que reduzcan el impacto en los sistemas de abastecimiento de agua.

6.18 Establezcan controles de medición para el análisis de las fuentes de agua y establecer el impacto por el uso de agroquímicos.

6.19 Establezcan políticas para implementación de controles para los excesos de nitrógeno, que contribuyan a la mejora de la calidad de las aguas superficiales mediante la aplicación de sistemas de tratamiento naturales, no invasivos y de fácil manejo.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Alfaro Portuguese, R. (2013). *Herbicidas asociados a la caña de azúcar y su potencial de contaminación del medio ambiente*. San José: DIECA-LAICA.
- Álvarez, M. (4 de 12 de 2017). Hay alternativas para no ser mayor consumidor plaguicidas del mundo. *El Mundo CR*.
- Angulo, Y. (27 de 02 de 2019). Costa Rica aumentó importación de plaguicidas desde aprobación de 'polémicos reglamentos', denuncia Fecon. *El Mundo CR*.
- Banco Mundial. (2019). *Consumo de fertilizantes (kilogramos por hectárea de tierras cultivables)*. Obtenido de <https://datos.bancomundial.org/indicador/AG.CON.FERT.ZS?end=2016&start=2002&view=chart&year=2016>
- Benedetti, P., Sopena, R., Morales, C., & Moreno, R. (20 de junio de 2019). *Proyección Agroindustrial*. Obtenido de Dinámica de plantación de caña de azúcar y rotación de cultivos a partir de sensores remotos. Campaña 2018-2019: <https://proyeccionagroindustrial.com/dinamica-de-plantacion-de-cana-de-azucar-y-rotacion-de-cultivos-a-partir-de-sensores-remotos-campana-2018-2019/>
- Bravo, V., De la Cruz, E., Herrera, G., Moraga, G., & Ramírez, F. (2015). Uso de Plaguicidas en cultivo de caña de azúcar en Guanacaste, impacto ambiental y salud humana. *Ambientico*, 13-28.
- Campbell, B., Beare, D., Bennett, E., Hall-Spencer, J., Ingram, J., Jaramillo, F., . . . Shindell, D. (2017). Agriculture production as a major driver of the Earth system exceeding planetary boundaries. *Ecology and Society*, 22(4).
- Campbell, B., Beare, D., Bennett, E., Hall-Spencer, J., Ingram, J., Jaramillo, F., . . . Shindell, D. (2017). Agriculture production as a major driver of the Earth system exceeding planetary boundaries. *Ecology and Society*, 22(4).
- Cañet Prades, F. (2019). *Gestión de la inocuidad en sistemas agroalimentarios bajo el enfoque "Una Sola Salud"*. San José: UCI.
- Carpenter, S., & Bennett, E. (2011). Reconsideration of the planetary boundary for phosphorus. *ENVIRONMENTAL RESEARCH LETTERS*, 6 014009.
- Carvalho, F. (2017). Pesticides, environment, and food safety. *Food and Energy Security*, 2, 48-60.



- CENGICAÑA. (2017). Guía de Buenas Prácticas Agrícolas en Caña de Azúcar. *Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar*.
- CEPIS/OPS. (2019). *Curso de Autoinstrucción en Evaluación de riesgos*.
- Chavarría Soto, E. (2017). Distribución territorial del cultivo de la caña de azúcar. *Entre cañeros*, 13.
- Chávez Solera, M. (2013). *Áreas Sembradas con Caña en Costa Rica*. San José: DIECA.
- Chávez Solera, M. (2019). *Resultado Final de la Zafra 2018-2019 en Costa Rica*. San José: DIECA.
- Chemnitz, C., Luig, B., & Schimpf, M. (2017). *The Agrifood Atlas*. Brussels, Belgium: Heinrich Böll Foundation, Rosa Luxemburg Foundation, Friends of the Earth Europe.
- Cherubin, M., Franco, A., Cerri, C., Karlen, D., Pavinato, P., Rodrigues, M., . . . Cerri, C. E. (2015). Phosphorus pools responses to land-use change for sugarcane expansion in weathered Brazilian soils. *Geoderma*, 265, 27-38.
- Chinchilla, M., Mata, R., & Alvarado, A. (2011). CARACTERIZACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE ALGUNOS ULTISOLES DE LA REGIÓN DE LOS SANTOS, TALAMANCA, COSTA RICA. *Agronomía Costarricense*, 35(1), 59-81.
- CIPF. (2020). *International Plant Protection Convention*. Obtenido de FAO: <https://www.ippc.int/en/countries/all/list-countries/>
- CIPF. (2020). *International Plant Protection Convention*. Obtenido de Food and Agriculture Organization of the United Nations: <https://www.ippc.int/en/core-activities/standards-setting/ispms/>
- COMEX. (26 de enero de 2018). *Costa Rica lidera gestiones para promover la relación entre el comercio y el medio ambiente en la OMC*. Obtenido de [http://www.comex.go.cr/sala-de-prensa/comunicados/2018/enero/cp\\_2224-costa-rica-lidera-gestiones-para-promover-la-relaci%C3%B3n-entre-el-comercio-y-el-medio-ambiente-en-la-omc/](http://www.comex.go.cr/sala-de-prensa/comunicados/2018/enero/cp_2224-costa-rica-lidera-gestiones-para-promover-la-relaci%C3%B3n-entre-el-comercio-y-el-medio-ambiente-en-la-omc/)
- Cordero Granados, M. G. (2005). *El tema ambiental en la política comercial de Costa Rica*. San Jose: UNED.
- Crowe, J., Wesseling, C., Kjeslltrom, T., & Nilsson, M. (2015). Cortadores de caña de azúcar, calor y efectos negativos en su salud. *Ambientico*, 252, 4-12.

- CSA. (2019). *Enfoques agroecológicos y otros enfoques innovadores en favor de la sostenibilidad de la agricultura y los sistemas alimentarios que mejoran la seguridad alimentaria y la nutrición*. Roma: Comité de Seguridad Alimentaria Mundial.
- Danielsen, S. (2012). One Health? What about plant health? *Plantwise*.
- DGM. (21 de 01 de 2020). *Dirección de Geología y Minas*. Obtenido de [http://www.geologia.go.cr/mineria/regiones\\_mineras/Brunca.aspx](http://www.geologia.go.cr/mineria/regiones_mineras/Brunca.aspx)
- Diamond, M., de Wit, C., Molander, S., Scheringer, M., Backhaus, T., Lohmann, R., . . . Holoubek, I. (2015). Exploring the planetary boundary for chemical pollution. *Environment International*, 78, 8-15.
- Díaz, D., Golberg, A., & Fernández, R. (2016). *Dimensiones de la Seguridad Alimentaria en el nuevo escenario global: ¿el mito del plato vacío?* INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA, Centro de Investigación en Ciencias Políticas, Económicas y Sociales. Buenos Aires: INTA Ediciones.
- DIECA. (Marzo de 2017). Entre Cañeros. *Conexión*(8).
- Dorronsoro, C., & García, I. (2019). Contaminación del Suelo. (pág. Tema 10). Granada: Departament de Edafologia y Química (Universidad de Granada).
- EFEverde. (25 de mayo de 2016). *EFEverde*. Obtenido de [efeverde.com/noticias/producir-alimentos-cause-60-perdida-biodiversidad-unea2/](http://efeverde.com/noticias/producir-alimentos-cause-60-perdida-biodiversidad-unea2/)
- FAO. (1999). *Importancia de la calidad e inocuidad de los alimentos para los países en desarrollo*. Roma: FAO.
- FAO. (2001). *Cuestiones éticas en los sectores de la alimentación y la agricultura*. Roma: FAO.
- FAO. (2002). *Agricultura mundial: hacia los años 2015/2030*. Roma: FAO.
- FAO. (2002). *Sistemas de calidad e inocuidad de alimentos-Manual de Capacitación*. Roma: FAO.
- FAO. (2007). *Los desafíos de la escasez y el cambio climático*. Roma : FAO.
- FAO. (2013). *SAFA para la evaluación de la sostenibilidad*. Roma: FAO.
- FAO. (Octubre de 2017). *Vías de Sostenibilidad*. Obtenido de <http://www.fao.org/nr/sustainability/se-hace-camino-al-andar/es>

- FAO. (2018). *Transformar la alimentación y la agricultura para alcanzar los ODS*. Roma: FAO.
- FAO. (2020). *Organic Agriculture*. Obtenido de <http://www.fao.org/organicag/oa-faq/oa-faq1/es/>
- FAO/UNEP. (2014). *Voluntary Standards for Sustainable Food Systems: Challenges and Opportunities*. Roma: FAO.
- Galindo, P. (07 de 02 de 2017). *Blog Sostenible*. Obtenido de Los límites planetarios: Hemos sobrepasado 4 de los 9 procesos básicos de la Tierra: <https://blogsostenible.wordpress.com/2019/02/07/limites-planetarios-sobrepasado-4-de-9-procesos-basicos-sistema-tierra/>
- García Morales, S. (9 de mayo de 2018). *Contra el diluvio*. Obtenido de <https://contraeldiluvio.es/2018/05/09/de-que-hablamos-cuando-nos-referimos-a-los-limites-del-planeta/>
- Golzalvez, V., & Pomares, F. (2008). *La fertilización y el balance de nutrientes en sistemas agroecológicos*. Valencia: Sociedad Española de Agricultura Ecológica.
- Gómez-Lee, M. (Enero-Junio de 2019). Agenda 2030 de desarrollo sostenible: comunidad epistémica de los límites planetarios. *Opera*, 24, 69-93.
- Guillén Araya, M. J. (26 de Setiembre de 2017). La pesadilla de vivir entre monocultivos. *Semanario Universidad*.
- Henríquez, C., Cabalceta, G., Bertsch, F., & Alvarado, A. (2014). *Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo*. Obtenido de Principales suelos de Costa Rica: [http://www.mag.go.cr/biblioteca\\_virtual\\_ciencia/suelos-cr.html](http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/suelos-cr.html)
- Jørgensen, P., Aktipis, A., Brown, Z., Carrière, Y., Downes, S., Dunn, R., . . . Carroll, S. (2018). Antibiotic and pesticide susceptibility and the Anthropocene operating space. *Nature Sustainability*, 632-641.
- Jorgensen, P., Evoh, C., Gerhardinger, L., Hughes, A., Langendijk, G., Moersberger, H., . . . Mukherjee, N. (2018). *Susceptibility to antibiotics and pesticides and the anthropocene operating space*.
- LAICA. (2018). *Resultados de zafra 16/17*. San José: DIECA.
- LAICA. (2019). *Informe de Progreso Zafra 2018-2019*. Pacto Global de la Naciones Unidas, San José.

- LAICA. (2019). *Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar*. Obtenido de <https://laica.cr/>
- Lerner, H., & Berg, C. (29 de Setiembre de 2017). A Comparison of Three Holistic Approaches to Health: One Health, EcoHealth, and Planetary Health. *Frontiers in Veterinary Science*, 4(163).
- MAG. (2014). *Ministerio de Agricultura y Ganadería*. Obtenido de Asociación costarricense de la ciencia del suelo: [http://www.mag.go.cr/biblioteca\\_virtual\\_ciencia/suelos-cr.html](http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/suelos-cr.html)
- MAG. (2015). *Ministerio de Agricultura y Ganadería*. Obtenido de Biblioteca: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-0658cana.pdf>
- Metson, G., Bennett, E., & Elser, J. (2012). The role of diet in phosphorus demand. *ENVIRONMENTAL RESEARCH LETTERS*, 7.
- MIDEPLAN. (2014). *Región Brunca Plan de Desarrollo 2030*. San José: Mideplan.
- MIDEPLAN. (2018). *Índice de Desarrollo Social 2017*. San José: Ministerios de Desarrollo y Planificación.
- MINAE. (2012). *Inventario Nacional de gases de efecto invernadero y absorción de carbono*. San José: MINAE-IMN-GEF-PNUD.
- Norton, R. (2004). *Política de desarrollo agrícola. Conceptos y principios*. Roma: FAO. Obtenido de <http://www.fao.org/3/y5673s/y5673s00.htm#Contents>
- O'Neill, D., Fanning, A. L., Lamb, W. F., & Steinberger, J. K. (Febrero de 2018). A good life for all within planetary boundaries. *Nature Sustainability*, 1, 88-95.
- OIE. (2020). *Organización Mundial de la Sanidad Animal*. Obtenido de <https://www.oie.int/es/quienes-somos/>
- OIE. (2020). *Organización Mundial de la Sanidad Animal*. Obtenido de <https://www.oie.int/es/para-los-periodistas/una-sola-salud/>
- OMC. (2019). *Medidas sanitarias y fitosanitarias*. Obtenido de [https://www.wto.org/spanish/tratop\\_s/sps\\_s/sps\\_s.htm](https://www.wto.org/spanish/tratop_s/sps_s/sps_s.htm)
- OMS. (2019). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de Cambio climático y salud humana: <https://www.who.int/globalchange/ecosystems/biodiversity/es/>
- ONU. (2015). *Naciones Unidas*. Obtenido de Objetivos para el Desarrollo Sostenible: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

- ONU. (2015). *Objetivos para el Desarrollo Sostenible*. Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>
- ONU. (2017). *Programa medio ambiente*. Obtenido de ¿Es el suelo tan importante?: <https://www.unenvironment.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/es-el-suelo-tan-importante>
- ONU. (2020). *Objetivos para el Desarrollo Sostenible*. Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/hunger/>
- OPS. (2003). *Efectos de los plaguicidas en la salud y el ambiente en Costa Rica*. Ministerio de Salud. – San José: Organización Panamericana de la Salud.
- Osorio Robles, F. (2014). *Aspectos técnicos del Proyecto LIFE+ EUTROMED, sobre prevención de la eutrofización provocada por nitrógeno agrícola en las aguas superficiales en clima mediterráneo*. Granada: Universidad de Granada.
- Pacheco, S. (2012). *Sistematización de un modelo de competitividad para la Región Brunca*. San José: OIT.
- PMUNA. (2008). *La Biodiversidad y la Agricultura: Salvaguardando la biodiversidad y asegurando alimentación para el mundo*. Montreal: Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica.
- PNUD. (2018). *Índices e indicadores de desarrollo humano*. New York: PNUD.
- PNUD. (2020). *Programa de la Naciones Unidas Costa Rica*. Obtenido de <https://www.cr.undp.org/content/costarica/es/home/sustainable-development-goals.html>
- Ramírez, F., Bravo, V., Herrera, G., & de la Cruz, E. (2015). Sustancias biocidas en la producción de caña de azúcar en Costa Rica. *Ambientico*, 29-33.
- Raworth, K. (2012). A safe and just space for humanity. *Oxfam Discussion Papers*.
- Rodríguez, N., McLaughlin, M., & Pennock, D. (2019). *la contaminación del suelo: una realidad oculta*. Roma: FAO.
- Román, J. P. (30 de Junio de 2016). Cantones del centro del país tienen mayor Índice de Desarrollo Humano. *Semanario Universidad*.
- Roser, M. (2020). *Our world data*. Obtenido de Pesticides: <https://ourworldindata.org/pesticides>
- Rugeles, C. (2015). Letalidad del fuego y el humo en la zafra cañera. *Ambientico*, 34-35.

- SAGARPA. (2015). *Ficha Técnica del cultivo de la caña de azúcar*. Mexico: Secretaria de Agricultura ganaderia, Desarrollo rural, pesca y alimentacion.
- Santacoloma, P. (2014). *Nexus between public and private food standards: main issues and perspectives*. Roma: FAO.
- SCIJ. (2012). *Sistema Costarricense de Información Jurídica*. Obtenido de Ley 7779: [http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=26421](http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=26421)
- SEPSA. (2019). *Indicadores macroeconómicos 2015-2019*. San José: Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria.
- SFE. (2020). *MAG*. Obtenido de <http://app.sfe.go.cr/SFEInsumos.aspx/Pantallas/PantallaSeleccion.aspx>
- Sharma, A., Kumar, V., Shahzad, B., Tanveer, M., Singh Sidhu, G., Handa, N., . . . Kumar Thukral, A. (2019). Worldwide pesticide usage and its impacts on ecosystem. *Springer Nature Switzerland*.
- Soto, M. (20 de Noviembre de 2015). Costa Rica emite 30% de carbono respecto al 2012. *La Nación*.
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S., Fetzer, I., Bennett, E., . . . Sörlin, S. (2015). Planetary boundaries Guiding human development on a changing planet. *Science Express*.
- TEEB. (2018). *Midiendo lo que importa en la Agricultura y los Sistemas Agroalimentarios, síntesis de los resultados y recomendaciones del Informe sobre los Fundamentos*. Ginebra: ONU Medio Ambiente.
- Trucchi, G. (20 de agosto de 2016). Costa Rica. Expansión de monocultivo y pérdida de derechos. *Lo que somos*.
- University of Leeds. (2020). *Una buena vida para todos dentro de los límites planetarios*. Obtenido de <https://goodlife.leeds.ac.uk/paradox/>
- USDA. (2016). *USDA “ONE HEALTH” APPROACH – FACT SHEET*. Washington: USDA.
- USDA. (2020). *Departamento de Agricultura de los Estados Unidos*. Obtenido de One Health: <https://www.usda.gov/topics/animals/one-health>

Vanham, D., Leip , A., Galli , A., Kastner, T., Bruckner, M., Uwizeye, A., . . .  
Bastianoni, S. (2019). Environmental footprint family to address local to  
planetary. *Science of the Total Environment*(693).

Zhang, W. (2011). Global pesticide consumption and pollution: With China as a focus.  
*IAEES*.

## 8. Anexo 1. Chárter del proyecto de investigación



**Nombre y apellidos:** Javier Picado Elizondo  
**Lugar de residencia:** Belén, Heredia  
**Institución:** Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar  
**Cargo / puesto:** Ingeniero de Producción, Azúcar Líquido

Información principal y autorización del PFG	
Fecha: 11/12/19	Nombre del proyecto: Gestión de la producción de caña de azúcar en la Zona Sur de Costa Rica bajo el enfoque Una Salud
Fecha de inicio del proyecto: 15/01/20	Fecha tentativa de finalización: 30/06/20
Tipo de PFG: (tesina / artículo): Tesina	
<p><b>Objetivo General</b></p> <p>Diseñar un sistema de gestión de la inocuidad basado en el enfoque Una Salud, para fortalecer la producción de caña de azúcar en Zona Sur de Costa Rica.</p>	
<p><b>Objetivos Específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Aplicar un sondeo cuantitativo que permita darle seguimiento al impacto ambiental y agrícola relacionado con el uso de la tierra destinada para la producción de caña de azúcar como monocultivo.</li> <li>➤ Analizar el sistema normativo y regulatorio que interviene en la cadena agroalimentaria, para el respectivo cumplimiento durante la producción de caña de azúcar.</li> <li>➤ Evaluar el uso y aplicación de agroquímicos a nivel de fincas de producción, para darle seguimiento a su relación con la sostenibilidad del sector cañero.</li> </ul>	
<p><b>Descripción del producto</b></p> <p>Se busca realizar una evaluación de las condiciones actuales en la producción de caña de azúcar de la Región Brunca, con la finalidad de fortalecer el establecimiento e implementación de un Sistema de Gestión de la Inocuidad (SGIA) basado en el enfoque Una Salud, que permita generar una conciencia de cambio y que sirva de herramienta para fortalecer al sector cañero de la Zona Sur de Costa Rica.</p>	



<b>Necesidad del proyecto</b>	
<p>La producción de caña de azúcar de la región Brunca, representa en Costa Rica un recurso económico que integra una serie de actores sociales como los productores, los procesadores y asociados de la CoopeAgri R.L, así como la generación de empleo e impacto en los índices de desarrollo social y los indicadores ambientales para la sostenibilidad.</p> <p>La agricultura es en la actualidad uno de los sistemas que tiene mayor participación sobre el impacto y la alteración de los “límites planetarios” seguros de la tierra y éstos no se han estado evaluando desde la perspectiva de Una Salud, como parte del enfoque actual relacionado con el desarrollo regenerativo que busca ser amigables con el ambiente, con el fin aminorar el calentamiento global y mejorar la calidad de vida de los involucrados.</p>	
<b>Justificación de impacto del proyecto</b>	
<p>Se justifica el desarrollo de este proyecto final de investigación (PFG), porque busca analizar la realidad del sector de la producción de caña de azúcar de la región Brunca, para dotar a los interesados de nuevas herramientas para realizar una gestión holística de la inocuidad alimentaria, considerando la interconexión existente entre la salud humana, animal, vegetal y de los ecosistemas en la producción de caña de azúcar</p>	
<b>Restricciones:</b> Limitado a la producción de caña de azúcar de la <b>región Brunca</b>	
<b>Entregables</b>	
<p>Avances periódicos del desarrollo del PFG al tutor:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Informe de evaluación y requerimientos para la implementación.</li> <li>➤ Resultados de evaluación de los límites planetarios.</li> <li>➤ Recomendaciones para la implementación del Sistema de Gestión.</li> </ul> <p>Entrega del documento aprobado por el tutor al lector (a) para su revisión y para su posterior aprobación y calificación.</p> <p>Tribunal evaluador (tutor (a) y lector(a), entregan calificación promediada.</p>	
<b>Identificación de grupos de interés:</b>	
<p>Cliente(s) directo(s): Productores de caña de azúcar en la Región Brunca y CoopeAgri R.L.</p> <p>Cliente(s) indirecto(s): Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA).</p>	
Aprobado por Director MIA: Dr. Félix Modesto Cañet Prades	Firma:
Aprobado por profesora Seminario Graduación: MIA. Ana Cecilia Segreda Rodríguez	Firma:
Estudiante: <i>Javier Picado Elizondo</i>	Firma