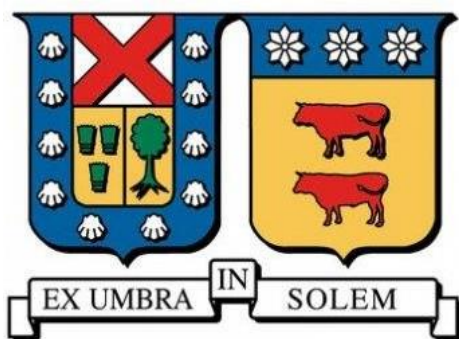




UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

DEPARTAMENTO DE INDUSTRIAS

**IMPACTO DE LA AGRICULTURA REGENERATIVA EN EL
MEDIOAMBIENTE Y EN EL RENDIMIENTO FINANCIERO DE
LAS EMPRESAS AGROINDUSTRIALES**

**MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERÍA CIVIL
INDUSTRIAL**

AUTOR

DANIELA PÁMANES DEL CARPIO

PROFESOR GUÍA

MARÍA PILAR GÁRATE

SANTIAGO DE CHILE, 28 DE AGOSTO DE 2024

Agradecimientos

No olvides que puedes empezar tarde, comenzar de nuevo, estar inseguro, probar y fallar y aun así tener éxito - *Jack Canfield*

Agradezco a toda mi familia, pero en especial a mi mamá Adriana y a mi papá Carlos, que me dieron el privilegio de estudiar una carrera profesional, me apoyaron incondicionalmente y me enseñaron que con perseverancia, esfuerzo y resiliencia puedo alcanzar todo lo que me proponga.

También a mis amigos Fernanda y Diego, que me acompañaron y apoyaron durante esta etapa, agradezco las tardes de estudio, las reuniones de trabajo en equipo y los consejos, sin ellos no lo hubiera podido lograr.

Agradezco a todas las personas que estuvieron presentes durante estos años de universidad y que fueron un pilar fundamental en mi desarrollo tanto personal como profesional.

Y por último, a mí misma. Agradezco todo el tiempo y esfuerzo que dedique a estudiar, por no rendirme cuando las circunstancias eran difíciles.

A todos ¡gracias!

Resumen Ejecutivo

El presente trabajo tiene como objetivo analizar la implementación de prácticas de agricultura regenerativa, su impacto ambiental y financiero en las empresas de Chile. Para realizar lo anterior, inicialmente se recopiló información sobre los factores de entorno y cultivos relevantes para la determinación de las prácticas de agricultura regenerativa que se adapten mejor a las condiciones del país.

Posteriormente, se recopilaron investigaciones realizadas alrededor del mundo que coincidían con los factores más relevantes de Chile. A partir de esto se determinaron aquellas prácticas que lograban entregar un resultado cuantitativo en sostenibilidad y en el ámbito económico.

A partir de los estudios se concluye que la mayoría de las prácticas de agricultura regenerativa generan beneficios medioambientales. Estas prácticas restauran el suelo lo que mejora la retención del agua y por lo tanto reduce su uso. Además, incrementa la capacidad del suelo para retener CO₂, lo que genera una reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Por otro lado, en cuanto al análisis económico se obtienen resultados contrapuestos, por lo que se decide realizar un análisis económico de uno de los casos de estudio centrado en el principal cultivo de Chile, el trigo.

A partir del análisis económico se logra concluir que la implementación de las prácticas de agricultura regenerativa en este caso tiene efectos positivos, ya que a pesar de reducir el rendimiento de cultivo, también se logran reducir en gran medida los costos operacionales, lo que se traduce en un mayor flujo operacional final.

Sin embargo, debido a los pocos estudios con resultados cuantificables resulta difícil plantear con certeza los beneficios de la agricultura regenerativa, por lo que se propone seguir realizando investigaciones que puedan respaldar los beneficios de las prácticas. En caso de implementarlas se recomienda realizarlo de forma gradual, y llevar un seguimiento de los indicadores clave que permitan medir la restauración del suelo, disminución de emisiones, reducción de costos, mejora de productividad, entre otros.

Finalmente, cabe mencionar que recientemente se incorporó una certificación de agricultura regenerativa en el país, la primera en Latinoamérica, lo que acerca a los agricultores a una mayor fuente de información para poder implementar estas prácticas, beneficiando al medioambiente y a las empresas agrícolas del país. Además, esta certificación ofrece una ventaja competitiva a la industria agrícola del país.

Índice

1. Problema de investigación.....	6
2. Objetivos.....	9
2.2 Objetivos Específicos	9
3. Marco Teórico	10
3.1 Cambio Climático en el Mundo	10
3.2 Impacto en la Agricultura	12
3.3 Agricultura regenerativa	14
3.4 Agricultura en Chile	16
3.5 Regulación de la agricultura	19
3.6 Incentivos económicos del gobierno de Chile para una agricultura sustentable	21
4. Metodología.....	23
4.1 Determinación de factores clave para establecer las prácticas de agricultura regenerativa más adecuadas.....	23
4.2 Análisis de los casos de estudio internacionales sobre la implementación de agricultura regenerativa	25
5. Análisis y resultados.....	26
5.1 Análisis de los factores clave para determinar las prácticas de agricultura regenerativa más adecuadas en Chile.....	26
5.2 Casos de estudio a nivel mundial	35
5.3 Resumen de las prácticas de agricultura regenerativa de los casos de estudio.....	62
5.4 Análisis de los efectos ambientales en los estudios seleccionados de agricultura regenerativa	73
5.5 Análisis del posible impacto económico de la agricultura regenerativa como medida remediadora de la crisis ambiental	74
5.5.1 Análisis de evaluación económica de una práctica de agricultura regenerativa a través del Flujo de Caja Descontado.....	80
6. Conclusiones y recomendaciones	92
7. Anexo	94
6. Referencias	97

1. Problema de investigación

En los últimos años el fenómeno del cambio climático ha impactado tanto en nuestra vida diaria como en el ámbito empresarial, lo que ha llevado a que las personas, organizaciones y países sean cada vez más conscientes de los desafíos ambientales y sociales.

A pesar de los esfuerzos que se han hecho a nivel mundial por incorporar medidas sostenibles en los últimos años, como la agenda 2030 para el desarrollo sostenible (United Nations, s.f.), además de leyes y políticas en cada país que impulsan a las empresas a generar cambios en su producción y actividades principales, no se han logrado los resultados esperados, y en el último año se ha alcanzado un nuevo máximo histórico de CO₂ en la atmósfera (Borenstein, 2023).

Dado esto, permanecen los esfuerzos por reducir el impacto que generan las industrias y actividades humanas en nuestro planeta. Se ha puesto un especial énfasis en la investigación dirigida a disminuir el efecto de las actividades industriales, ya que tienen un mayor nivel de impacto, y se han estudiado distintas soluciones mediante la incorporación de nueva tecnología o de buenas prácticas.

Sin embargo, la incorporación de medidas sostenibles en los procesos productivos desde una mirada clásica podría llegar a ser costo para la empresa, y considerando esto muchas de ellas únicamente se limitan a cumplir con la normativa sustentable actual, en lugar de evaluar adecuadamente su impacto medioambiental.

En este contexto, resulta relevante evaluar las distintas alternativas de prácticas sostenibles, que resulten beneficiosas tanto para la empresa, como para el cuidado del medioambiente.

En particular, se abordará este desafío para una de las industrias más importantes del país y una de las principales responsables de emisiones de gases de efecto invernadero en el mundo, la agroindustria, proponiendo la incorporación de la agricultura regenerativa.

En base a lo anterior, la problemática se centra en determinar si la implementación de las buenas prácticas asociadas a la agricultura regenerativa no solo impacta beneficiosamente en el medioambiente, sino también en el rendimiento financiero de las empresas.

Para abordar la discusión, se examinarán investigaciones recientes que incorporan actividades sostenibles de la agricultura regenerativa en la agroindustria.

La incorporación de prácticas de la agricultura regenerativa busca maximizar los rendimientos (cultivos o cosechas) y garantizar la rentabilidad beneficiando al mismo tiempo al medioambiente (Beacham et al., 2023). Al incorporar estas actividades se reducen las prácticas intensivas y químicas que se suelen utilizar para la agricultura industrial, y se logra una agricultura más equilibrada y respetuosa con el medioambiente.

La agricultura regenerativa ha tenido resultados exitosos en distintos países, logrando entre otras cosas generar ganancias de CO₂ en las tierras de cultivo, lo que beneficia principalmente a la mitigación del cambio climático (Tan y Kuebbing, 2023). Sin embargo, los diseños experimentales y tratamientos implantados han sido diferentes, por lo que se deben determinar las mejores actividades adaptadas a los distintos entornos y contextos locales en los que se desee aplicar esta práctica (Schreefel et al., 2022). Por lo cual, se incorporarán estudios de distintos países cruzando los datos más relevantes de su entorno, productos de cosecha y objetivos, para lograr un asesoramiento específico sobre las actividades más eficientes para las empresas del país.

Con esto podremos entender si ¿Es posible recopilar información sobre las prácticas de agricultura regenerativa para determinar las que más se ajustan a las condiciones específicas del país? Además ¿Cómo influyen las percepciones del entorno como inversores, clientes y proveedores en la relación de sostenibilidad y rendimiento financiero? Y ¿Cuál es el impacto financiero de la adopción de dichas prácticas en la agroindustria?

Se evaluará la posibilidad de incorporar y adaptar las prácticas sostenibles más efectivas investigadas, a las condiciones actuales del país, buscando minimizar el impacto ambiental y costos operacionales de estas industrias en los próximos años. Además, se estudiará cómo las decisiones estratégicas sostenibles tomadas ayudan a mejorar la cadena de valor de una empresa, productividad, e incluso un mejor acceso a financiamiento, lo que influye en el rendimiento financiero de la agroindustria.

2. Objetivos

2.1 Objetivo General

Analizar la implementación de prácticas de agricultura regenerativa, su impacto ambiental y financiero en las empresas, a través del análisis de factores ambientales del país y la comparación de prácticas implementadas con éxito en otros países con condiciones similares, con el fin de fomentar una mayor responsabilidad ambiental empresarial.

2.2 Objetivos Específicos

Levantar información de las características ambientales particulares de país, generando un listado de factores clave de la zona de estudio, como principales cultivos, clima, tipo de suelo, uso de agua, entre otros.

Identificar casos de aplicación de la agricultura regenerativa que se han desarrollado durante los últimos años en distintos países con características similares a las condiciones ambientales y de cultivos del país, generando una base teórica a partir de investigaciones ya realizadas.

Analizar los distintos casos de estudio, identificando los principales beneficios y riesgos asociados, así como los principales resultados y condiciones necesarias para aplicación exitosa de estas prácticas, con el fin de ordenar los casos de estudio de manera estructurada.

Evaluar de forma cuantitativa el impacto en la eficiencia productiva y rendimiento financiero que genera la incorporación de la agricultura regenerativa en la agroindustria, a partir de la evaluación de un caso de estudio mediante un flujo de caja operacional e índices, con el fin de fomentar estas prácticas.

3. Marco Teórico

3.1 Cambio Climático en el Mundo

El cambio climático hace referencia los cambios a largo plazo en los patrones climáticos, como temperaturas, vientos, precipitaciones, entre otros. Estos cambios pueden ser por condiciones naturales, sin embargo, en los últimos años se han observado cambios significativos en todo el mundo que se atribuyen principalmente a las actividades humanas.

Esto se debe en su mayor parte a la acumulación de gases de efecto invernadero en la atmósfera, como el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4) y el óxido nitroso (N_2O), los cuales desde el siglo XIX han aumentado considerablemente. (Naciones Unidas, s.f.).

Los gases de efecto invernadero atrapan y ralentizan la pérdida de calor, de la siguiente manera. La energía luminosa del sol que llega a la atmósfera de la Tierra pasa a través del aire y las nubes hacia la superficie, donde es absorbida y transformada en calor. Sin embargo, aproximadamente el 90% de este calor es absorbido e irradiado por los gases de efecto invernadero provocando que se genere una “manta” que ralentiza la pérdida de calor de la superficie hacia el exterior, lo que permite tener temperaturas adecuadas para la vida en la Tierra, pero en exceso conduce al calentamiento global (NASA, s.f.).

En la **figura 1** se evidencia que el calentamiento global ha ido en aumento durante los últimos años y además que este se atribuye principalmente a los gases de efecto invernadero y no a condiciones naturales, como la irradiación solar, que incluso ha ido en descenso.

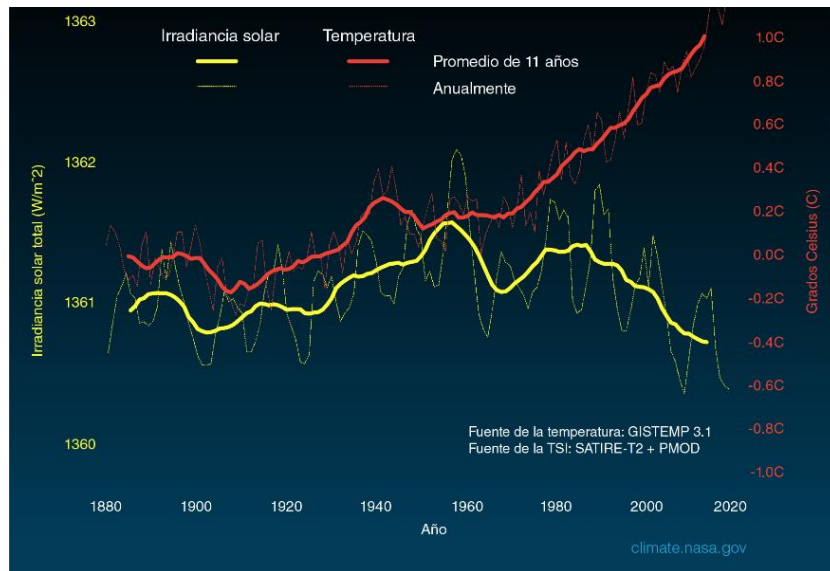


Figura 1: Incremento de la temperatura global a través de los años, resaltando las tendencias del cambio climático (NASA, s.f.).

Por otro lado, este considerable aumento ha traído consigo una mayor conciencia sobre el cambio climático, lo que ha impulsado iniciativas y acuerdos para mitigar sus efectos, sin embargo, esto no se ha logrado del todo pues seguimos observando sus consecuencias en nuestro planeta como la pérdida de hielo marino, el derretimiento de los glaciares y las capas de hielo, el aumento del nivel del mar y olas de calor más intensas.

Además, ha tenido un impacto en la producción agrícola mundial, lo que genera alerta sobre la seguridad alimentaria, ya que se ha demostrado que los factores climáticos pueden sobreestimar la productividad agrícola, debido a que dependen en gran medida de la disponibilidad de agua para el riego, condiciones del suelo y temperaturas adecuadas para la cosecha del producto (Guo et al., 2022).

3.2 Impacto en la Agricultura

La agricultura es una industria fundamental para los seres humanos, ya que está estrechamente relacionada con el bienestar de las personas, además de ser parte esencial de la economía para algunos países.

Sin embargo, se ha visto afectada por las condiciones climáticas de los últimos años, en donde las temperaturas medias globales han aumentado, incrementando la frecuencia, intensidad y magnitud de los fenómenos meteorológicos extremos como, inundaciones, erosión del suelo, lluvias torrenciales, disminución de precipitaciones o sequías, provocando pérdidas de cosechas por estrés por calor, estrés hídrico y un mayor movimiento de plagas, disminuyendo la producción de alimentos e incrementando sus precios.

Además, debido al crecimiento poblacional y el aumento de la esperanza de vida gracias a los avances tecnológicos y médicos, se prevé que para el 2050 se alcanzarán los 9 mil millones de personas, incrementado en gran proporción la demanda de alimentos. Lo que genera en conjunto que durante las próximas décadas la humanidad demande más alimentos de menos recursos de tierra y agua.

Por otro lado, no solo se ve afectada la eficiencia de los cultivos por este factor, sino que la relación es recíproca, ya que la agricultura a su vez es una de las principales causas de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), emitiendo en grandes cantidades CO₂, N₂O y CH₄. Dentro de esta categoría la mayor parte de las emisiones se generan por la fermentación entérica, el manejo del estiércol y el uso de fertilizantes en suelos agrícolas (Santillán et al.). Actualmente el sistema alimentario mundial genera entre el 21% y 37% de los gases de efecto invernadero (GEI) anuales.

En la **figura 2** se puede apreciar la relación expuesta anteriormente, en donde debido al crecimiento de la demanda de comida y malas prácticas para “mejorar la eficiencia de la cosecha” el impacto de la agroindustria en nuestro planeta ha ido en aumento.

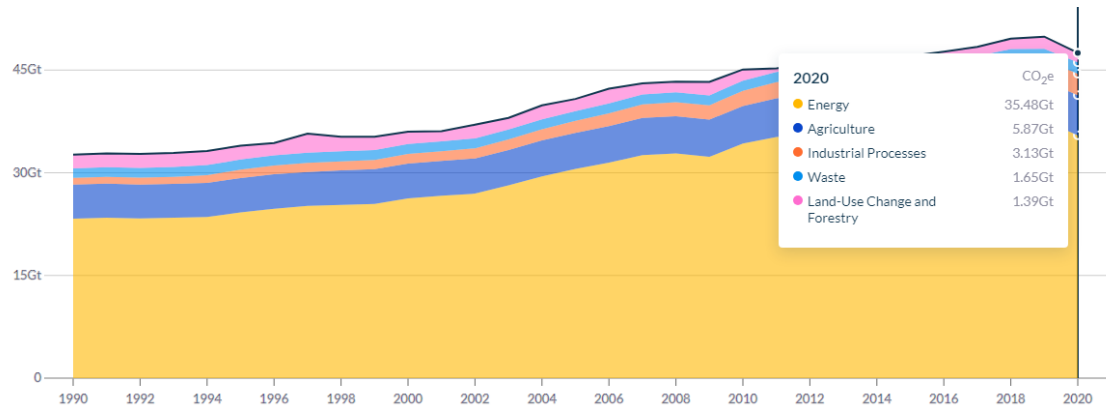


Figura 2: Cantidad de CO₂ producido por la agricultura y comparado con distintas actividades humanas de 1990 a 2020 (Ge et al., 2021).

Considerando esto, se busca tener un enfoque integral que contemple, por un lado la mejora de la eficiencia de los cultivos para lograr mayores retornos económicos, y por otro lado, una agricultura más equilibrada y amable con el medioambiente que reduzca el impacto de esta industria en nuestro planeta.

Para lograrlo se implementan algunas medidas, como la adopción de nuevas tecnologías para eficientar el riego, sin embargo, esto puede llegar a ser costoso y poco amigable para el manejo de los agricultores, ya que a menudo implica utilizar programas complejos que requieren actualizaciones constantes para ser más precisos.

Otra forma de utilizar la tecnología es mediante la automatización de ciertos procesos que se suelen hacer de forma manual, sin embargo, a pesar de poder reducir costos a largo plazo y tiempos, no elimina un factor muy importante que es el agotamiento del suelo. Este se produce

por actividades agrícolas intensivas, uso excesivo de fertilizantes y pesticidas, deforestación, prácticas de labranza inadecuadas y falta de rotación de cultivos, que muchas veces se realizan para poder satisfacer la demanda de alimentos.

Por lo que se han buscado otras formas de eficientar los procesos de la agricultura mediante la implementación de buenas prácticas que sean amigables con el medioambiente y no solo enfocado en la eficiencia de los cultivos. En los últimos años se ha intensificado la implementación de las prácticas de la agricultura regenerativa, una perspectiva prometedora, que busca remediar el impacto medioambiental de la agroindustria y mejorar la productividad.

3.3 Agricultura regenerativa

El termino de “agricultura regenerativa” se definió por primera vez por el Instituto Rodale en 1980, quien lo planteó como una alternativa real a la agricultura convencional, ya que esta no solo tiene como objetivo mantener las condiciones del ecosistema del suelo, no dañarlo, conservar su biodiversidad y reducir la contaminación como se plantea en la agricultura ecológica. Sino que además, busca potenciar la biodiversidad de los suelos degradados, aumentando su contenido de materia orgánica, la capacidad de retener y aprovechar agua y la diversidad de plantas, insectos y microorganismos. Por lo tanto, se plantea como una buena solución para enfrentar la crisis climática y mejorar la sostenibilidad del sistema alimenticio (Justamante, 2021).

La agricultura regenerativa se basa en distintas prácticas que buscan beneficiar el suelo ayudando a la par a mejorar las cosechas y reducir el impacto medioambiental, pero estas cambian y se adaptan al entorno en el cual se estén implementando. Sin embargo, aun cuando

muchas de estas prácticas pueden cambiar de un entorno a otro, Gabe Brown, uno de los agricultores pioneros de la agricultura regenerativa, planteó algunos principios generales a seguir, tales como: preservar las raíces vivas de los cultivos perennes, mantener la cobertura del suelo, minimizar la alteración del suelo, integrar el ganado y mejorar la biodiversidad (Ivanchuk, 2021), que se explican más a detalle a continuación:

1. Preservar las raíces vivas de los cultivos perennes: Se refiere a mantener y proteger las raíces de plantas que tienen la capacidad de vivir durante más de dos años, volver a crecer y florecer cada año a partir de la misma raíz.
2. Mantener la cobertura del suelo: El uso de cultivos de cobertura durante todo el año evita suelos descubiertos y mitiga la erosión. Además, este método proporciona una mayor conservación de la humedad del suelo, ayuda a la fijación de carbono (absorbe el CO₂), mejora la estructura del suelo, funciona como forraje y material de pastoreo para aves de corral y ganado, entre otras.
3. Minimizar la alteración del suelo: Busca reducir la alteración y perturbación excesiva del suelo causada por labranza intensiva, maquinaria pesada y tratamientos de campo mecánicos, químicos y físicos, que dañan la salud del suelo a largo plazo.
4. Integrar el ganado: Se busca incorporar la ganadería a la producción agrícola, ya que los animales contribuyen al ciclo de nutrientes a fertilizar el suelo y ayudan a controlar de malezas y plagas con la implantación de enemigos biológicos a especies no deseadas.
5. Mejorar la biodiversidad: Se busca mejorar la biodiversidad por medio de técnicas agroforestales, silvopastoriles y rotación de cultivos, ya que el cultivo intensivo de las mismas especies provoca que el suelo pierda sus propiedades. Por lo tanto, se pueden

incorporar distintas variedades de plantas que logren enriquecer el suelo con los minerales consumidos en el periodo anterior.

Los principios presentados pueden variar según el autor, sin embargo, en todos se abordan actividades similares que pueden tener distinto agrupamiento. El objetivo de estos es tener una base sobre la cual construir un plan más detallado acorde a los cultivos y entornos de cada locación en donde se desee implementar.

Con el fin de establecer una base empírica más sólida para la investigación, se deben conocer los factores ambientales y cultivos de la zona de estudio, en este caso de Chile, con lo cual posteriormente se podrán asignar las mejores prácticas.

3.4 Agricultura en Chile

Chile es un país con una gran diversidad de ecosistemas debido a su geografía particular, lo que le permite producir una amplia gama de cultivos. Se encuentra en el extremo suroccidental de América y posee una geografía con más de 4.200 km de longitud, con un ancho que varía desde los 90 km hasta los 375 km (ODEPA, 2019).

En relación a las condiciones climáticas del país, estas varían desde lo más desértico en el norte, hasta lo templado y húmedo en la zona sur. Sin embargo, en los últimos años, se han observado cambios en la temperatura promedio del país, lo que ilustra la intensificación de los efectos del cambio climático.

Por otro lado, el desarrollo agrícola en el país se concentra principalmente en las regiones de La Araucanía, O'Higgins y Maule, un 54%. Por otro lado, en el extremo norte del país y la Región de Coquimbo solo se localiza el 5,5%, en el centro Ñuble y Biobío tienen un 18%,

mientras las regiones de Aysén y Magallanes no superan el 1% del total.

Los cultivos más importantes a nivel nacional son el trigo, avena, maíz, raps y arroz. Estos concentran la mayor área de cultivo en la Región de La Araucanía, la Región del Maule, las de Ñuble y Biobío. La superficie sembrada para el año 2022/2023 es de 392.166 hectáreas, la cual se distribuye de la siguiente manera (**figura 3**).

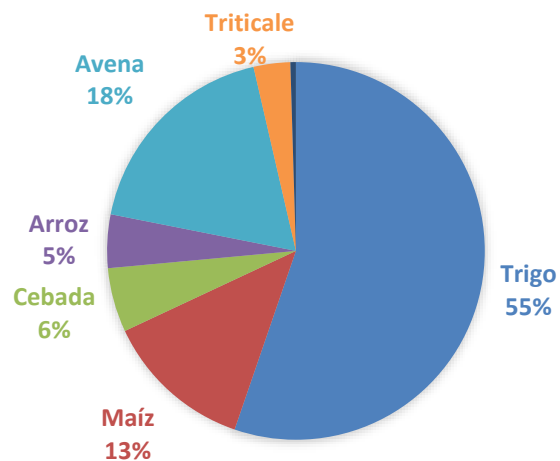


Figura 3: El gráfico representa los porcentajes de superficie que corresponden a cada cultivo de cereal en Chile para el año 2022/2023 (Odepa, s.f.).

Otro de los principales cultivos son los frutales, que corresponden a 373.123 hectáreas para el año 2022/2023, el liderazgo está representado por el cerezo que abarca el 17% del total, luego los nogales con 12%, la uva de mesa con 10,7%, avellano con 9,7%, paltos con 8,8%, manzano rojo con 6,4% y los olivos con un 5,6% (**anexo 1**).

Por otro lado, están los cultivos de las hortalizas, actualmente se cultiva una gran variedad, tanto al aire libre como en invernaderos, en una superficie anual de alrededor de 80.583 hectáreas. Entre las especies cultivadas para el consumo fresco destacan la lechuga, choclo, cebolla de guarda, tomate, poroto granado, zapallo y zanahoria (**anexo 2**).

Otra área de la agricultura de gran importancia en el país es la vitivinicultura, esta se desarrolla bajo una variada gama de condiciones edafoclimáticas, lo que da a su producción una amplia diversidad. Hay más de 12.000 productores de uva para vinificación y cerca de 140 viñas elaboradoras.

En Chile se tienen alrededor de 138.139 hectáreas dedicadas a la producción vitivinícola, donde 9.122 corresponde a producción de uva para pisco, obteniéndose alrededor de 45 millones de litros de este destilado, expresados en equivalente a pisco de 30°. Y 129.016 hectáreas dedicadas a la producción de distintos tipos de vino, que en 2022 llegaron a producir aproximadamente 1.416 millones de litros de vino (Reyes, 2023).

Además, debido al creciente interés de los últimos años por el impacto del cambio climático que genera la agricultura en el país, la Odepa ha recopilado porcentajes de emisiones debido a la agricultura en cada región, con el fin de identificar cómo esta industria afecta al medioambiente, los cuales son presentados en la **tabla 1**.

Por otro lado, en Chile desde el 2021, se han comenzado a ejecutar actividades de agricultura regenerativa en algunas viñas familiares (Llompert, 2022), en donde se busca llegar a la neutralidad de carbono en el 2040. Nestlé también ha comenzado a realizar proyectos de prácticas regenerativas en Chile (Nestle, s.f.), mediante el uso de biofertilizantes y reforestación.

Estos acontecimientos son de gran relevancia, ya que sugieren un avance hacia una agricultura más amigable con el medioambiente. Además, demuestran los cambios en los procesos agrícolas que se han producido en el país, impulsados por normativas o regulaciones tanto internas como externas.

Tabla 1: Participación de la agricultura en las emisiones de cada región.

Región	Participación de la agricultura en emisiones regionales
Arica y Parinacota	6%
Tarapacá	1%
Antofagasta	0%
Atacama	1%
Coquimbo	14%
Valparaíso	3%
Metropolitana	5%
O´Higgins	31%
Maule	23%
Ñuble	8%
Biobío	8%
Araucanía	41%
Los Ríos	57%
Aysén	34%
Magallanes y Antártica	21%

Fuente: Ficha nacional y regionales (Odepa, s.f.)

3.5 Regulación de la agricultura

Para comprender el funcionamiento de la agricultura en Chile, es fundamental tener en cuenta las regulaciones que rigen esta industria. Algunas de estas regulaciones son:

- Ley N° 21.349: Establece normas sobre composición, etiquetado y comercialización de los fertilizantes y bioestimulantes, garantiza que estos no sean solo efectivos sino también seguros para el medioambiente y la comunidad.
- Ley N° 20.308: Protege a los trabajadores mejorando y regulando las condiciones de seguridad y salud asociadas al uso de pesticidas y/o productos químicos en la agricultura.
- Ley N° 20.089: Establece el Sistema Nacional de Certificación de Productos Orgánicos. Asegura, mediante una certificación, que los productos orgánicos sean producidos, elaborados, envasados y manejados de acuerdo a la normativa de producción orgánica vigente.

- Decreto Ley. N° 88: Establece un reglamento de notificación obligatoria de intoxicaciones agudas por pesticidas, lo que ayuda a una mejor gestión de la salud y toma de medidas preventivas.
- Decreto sup. N° 5: Aprueba el Reglamento sobre aplicación aérea de plaguicidas. Tiene por objetivo garantizar que las fumigaciones aéreas no solo sean eficaces sino también seguras para el medioambiente y la salud, estas deben ser autorizadas y reguladas.
- Decreto sup. N° 54: Establece un reglamento que prohíbe el empleo de Lindano y de Hexaclorociclo Hexano en plaguicidas de uso sanitario y doméstico, ya que estos son vinculados a repercusiones graves en la salud como, efectos cancerígenos y neurotóxicos.
- Decreto sup. N° 157: Establece el reglamento del manejo de pesticidas de uso sanitario y doméstico, con el objetivo de garantizar que los pesticidas se manipulen de forma segura y efectiva.
- Decreto 200: Promulga el acuerdo entre Chile y la Unión Europea que regula y promueve el comercio de productos orgánicos/ecológicos, se reconoce la equivalencia de certificación, por lo que los productos no requieren ser sometidos a controles adicionales.
- Programa de control de residuos: Regula estrictamente los residuos de plaguicidas en productos agrícolas destinados a la exportación, para cumplir con las normativas de los mercados internacionales, como los de Estados Unidos y la Unión Europea.

Estas regulaciones son importantes para la industria ya que plantean un límite que ayuda a proteger y resguardar tanto el medioambiente como la salud de las personas.

Los desafíos que se plantean para Chile son el incremento de la productividad, ampliación de las redes comerciales globales, incorporación de sostenibilidad ambiental y social como un sello distintivo de los alimentos y productos forestales producidos en Chile (fortalecer los

protocolos de agricultura sustentable), adaptación al cambio climático, etc.

Chile busca afrontar algunos de estos desafíos a través de diversas estrategias, destacando entre ellas los incentivos económicos, estos están diseñados para beneficiar a agricultores y empresas agrícolas que implementen prácticas sostenibles alineadas con los objetivos nacionales.

3.6 Incentivos económicos del gobierno de Chile para una agricultura sustentable

En los últimos años, se han implementado distintos incentivos económicos diseñados para alinear las prácticas agrícolas con los estándares globales de la sostenibilidad.

Estos son implementados principalmente a través del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), y buscan promover prácticas de agricultura sostenible, que sean más resistentes al clima y sostenibles a largo plazo. Algunos de los incentivos son:

- **Programas de Subvención y Financiamiento:** Programa que sirve para apoyar a los agricultores en la implementación de tecnologías y prácticas que hagan sus operaciones más sostenibles.
- **Formación y Asistencia Técnica:** Proyecto que proporciona formación y asistencia para los agricultores, ayudando a adoptar prácticas sostenibles como la gestión del suelo, resiliencia de ecosistemas e incremento de biodiversidad.
- **Certificados y Etiquetados Sostenibles:** Programa que promueve las certificaciones sostenibles de los agricultores, lo que incentiva el acceso a mercados nacionales e internacionales que valoran la sostenibilidad y que resultan más beneficiosos económicamente para los agricultores.

- Programa de Recuperación de Suelos Degradados: Este busca recuperar y mantener el potencial productivo de los suelos degradados. Dentro de este programa se encuentran los concursos SIRSDS-S a los cuales los agricultores pueden aplicar al implementar actividades bonificables como, uso de fertilizante de base fosforada, implementación de prácticas como rotación de cultivos y establecimiento de cubierta vegetal, entre otros.

Por otro lado, relacionado al incentivo de Certificados y Etiquetados Sostenibles, se incorpora un acontecimiento reciente que resulta de gran relevancia para este estudio y para el futuro de la industria agrícola en el país.

El 18 de abril de 2024, se realizó el lanzamiento de la primera certificación de agricultura regenerativa en Latinoamérica y se escogió a Chile como el país pionero. Esta certificación marca un cambio radical en el sector agrícola, ya que promueve la sostenibilidad a largo plazo, beneficiando al medioambiente y la salud humana. En la ceremonia inaugural se subrayó la urgencia en enfrentar la escasez hídrica en Chile, particularmente en Coquimbo. Esto se destaca debido a que la implementación de estas prácticas busca mejorar la salud de los suelos, lo que a su vez se traduce en mejorar su capacidad de retención de agua y por lo tanto una reducción en su dependencia (Terragenesis, 2024).

Los aspectos que se valoran en esta certificación son el mantener o incrementar el contenido de materia orgánica, así como el desarrollo de los microorganismos nativos de los suelos. Se busca lograr un equilibrio entre el suelo y la planta, regenerando suelos, reduciendo costos, capturando carbono y brindando una ventaja competitiva (AENOR, 2024).

4. Metodología

4.1 Determinación de factores clave para establecer las prácticas de agricultura regenerativa más adecuadas

Para abordar la agricultura regenerativa desde una mirada actual y particular de Chile, inicialmente se debe hacer una selección de la base teórica internacional que se asimile a las condiciones del país.

Dado esto en un comienzo se deben identificar las variables clave que influyen en los procesos de la agricultura, los cuales suelen estar estrechamente relacionados a la geografía del lugar de estudio. Algunas de las variables son el suelo, el clima, los tipos de cultivo, el uso de agua, políticas o leyes gubernamentales, entre otras.

A continuación se detallan las variables consideradas inicialmente en el estudio:

- **Cultivos:** Se refiere a los tipos de cultivos como cereales, legumbres, frutas, etc., los cuales tienen distintos requerimientos del entorno en el cual se plantan. Los datos de los cultivos de cada país se obtendrán de la información del último año disponible de la Odepa que corresponden al 2022/2023 (Odepa, s.f.).
- **Clima:** La temperatura, precipitación, humedad y estacionalidad, influye en la producción agrícola y en eventos como inundaciones o sequías. Los tipos de clima se dividen en 5 principales que son tropical, seco, templado, continental y polar (navarra). Sin embargo, para el análisis se utilizará la clasificación climática de Köppen-Geiger como una forma de unificar y especificar los climas presentes en los distintos países.
- **Tipo de suelo:** La composición, estructura, pH y contenido orgánico son algunas de las propiedades que influyen en la disponibilidad de nutrientes, retención de agua y microbiana, que determinan la capacidad de mantener los cultivos. Los tipos de suelos se

dividen en 5 principales los arenosos, arcillosos, limosos, humíferos y calizos (Larrosa, 2020), esta es una forma de clasificación internacional.

- **Uso de agua:** Se refiere a la disponibilidad de los recursos hídricos, puede ser de forma natural por precipitaciones o por disponibilidad de riego. Para esta se evaluará la criticidad del agua disponible en cada país y los principales sistemas de riego.
- **Biodiversidad:** La biodiversidad puede ser genética, de especies y diversidad de ecosistemas. Sin embargo, Chile cuenta con 88 de 110 ecosistemas del planeta, es decir, el 80% de los tipos de ecosistemas, esto se debe a la geografía tan particular del país (Pliscoff, 2022), dado esto no será considerado como un factor determinante.
- **Tecnologías y uso de datos:** Acceso a biotecnologías, digitalización, enfoques sistémicos, generación, control y uso de Big Data, ayuda a la toma de decisiones en tiempo real en la agricultura (FAO, 2023), por lo que resulta un factor relevante en la industria. Sin embargo, para este estudio en particular las condiciones de tecnología no tienen un impacto importante, pues las practicas que se buscan implementar en la agricultura regenerativa no requieren necesariamente de tecnología avanzada.
 - **Políticas y regulaciones:** Las políticas locales del uso de pesticidas, fertilizantes o practicas reguladas, influyen en la investigación, desarrollo y adopción de buenas prácticas y/o tecnología en la agricultura, mediante premios o mejor acceso a capital.

A partir de lo abordado anteriormente se procede a realizar un análisis de estos factores para el país, a fin de obtener las características predominantes de la zona.

Posteriormente, se seleccionan los estudios realizados en otros países con similitudes a las condiciones de Chile.

4.2 Análisis de los casos de estudio internacionales sobre la implementación de agricultura regenerativa

Una vez seleccionados los estudios, se detallará cada uno de estos presentando los principales acontecimientos y resultados de las investigaciones.

A partir de esto se busca analizar los resultados de la implementación de la prácticas en ámbito medioambiental y económico. Para esto inicialmente se genera un resumen en donde se reorganiza la información, desglosando las prácticas, los cultivos en los que se implementó, los países y los principales resultados ambientales y financieros.

Finalmente, para analizar en mayor profundidad el impacto económico, se debe seleccionar uno de los casos de estudio y a partir de este desarrollar un flujo de caja operacional que sirva para comparar los flujos de una empresa que implementa las prácticas y otra que no lo hace, contrastando así sus niveles de ingresos y costos operacionales.

5. Análisis y resultados

5.1 Análisis de los factores clave para determinar las prácticas de agricultura regenerativa más adecuadas en Chile

Para analizar los factores agrícolas más relevantes en la agricultura, se sigue la siguiente línea de pensamiento, primero se analizarán los principales cultivos de Chile, posteriormente las zonas en las cuales se dan estos cultivos, y una vez identificadas la zonas se analizan sus características como: tipo de clima, suelo y disponibilidad de agua.

Cultivos:

Se identifican los principales cultivos de Chile para el año 2022/2023, que corresponden principalmente a cereales y frutas:

Tabla 2: *Principales cultivos de Chile según las hectáreas utilizadas en su producción para el 2022/2023.*

Cultivos	Hectáreas
Trigo	216,733
Avena	71,685
Cerezo	63,495
Maíz	50,061
Nogal	44,626
Vid de mesa	39,931
Avellano	36,375
Palto	33,010
Raps	32,650
Papa	28,986
Manzano rojo	23,973
Cebada	21,586
Olivo	20,956
Arroz	17,945
Arándano americano	17,631
Lupino	17,001
	736,644

Fuente: *Ficha nacional y regionales (Odepa, s.f.)*

Las hectáreas totales de cultivos en Chile son aproximadamente 956.108, por lo que estos cultivos representan el 77% del total de hectáreas asignado a la producción de alimentos.

A partir de la **tabla 2**, se observa que el principal cultivo es el Trigo, seguido de la avena, cerezo, maíz, nogal y vid de mesa. Las hectáreas asignadas a estos productos no son necesariamente equivalentes al nivel de producción, dado esto se decide analizar de igual manera la producción en toneladas para los cultivos y en unidades para las frutas.

Tabla 3: *Porcentaje de toneladas producidas por cultivo sobre el total de producción para el 2022/2023.*

Cultivo	Porcentaje de ton
Trigo	25.86%
Papa	16.91%
Tomate industrial	13.68%
Remolacha	12.10%
Maíz	10.89%

Fuente: *Ficha nacional y regionales (Odepa, s.f.)*

Tabla 4: *Porcentaje de unidades producidas según especie de frutales sobre el total de unidades de frutas producidas en 2022/2023.*

Frutales	Porcentaje de unidades
Cerezo	16.35%
Nogal	9.08%
Palto	9.16%
Vid de mesa	6.81%
Arándano americano	5.94%

Fuente: *Ficha nacional y regionales (Odepa, s.f.)*

Tanto las hectáreas dedicadas a la producción (**tabla 2**) como la producción en toneladas o unidades (**tabla 3 y 4**) resultan factores muy relevantes para analizar el impacto ambiental de la industria. Pues una mayor cantidad de hectáreas afecta principalmente a la biodiversidad, debido

a que inciden en los ecosistemas locales, y la producción está asociada a la eficiencia del uso de recursos como agua, pesticidas y fertilizantes.

En este caso, se observa que el trigo y el cerezo lideran tanto en producción, como en hectáreas dedicadas a su cultivo. Además, el maíz, nogal, vid de mesa, palto, papa, arándano americano si forman parte de los productos con mayor cantidad de hectáreas dedicadas a su producción. Únicamente se adiciona el tomate industrial y la remolacha como cultivos importantes debido a la gran cantidad de toneladas que se producen anualmente.

Posteriormente, se analizan las regiones del país que poseen una mayor cantidad de hectáreas dedicadas a la producción agrícola de los principales cultivos mencionados anteriormente.

A partir de la **figura 4**, se observa que las regiones con mayor cantidad de hectáreas de dedicadas al cultivo son La Araucanía, Maule, O'Higgins, Ñuble, Biobío, Metropolitana y Valparaíso, las cuales abarcan el 90% del total de hectáreas de estos cultivos.

Además, se analiza si estas regiones también coinciden con las regiones que poseen una mayor cantidad de hectáreas dedicadas a la producción de cualquier producto, con el objetivo de validar que estas sean las regiones más representativas.

Para esto se genera la **Tabla 6**, en donde se observa que las regiones con mayor cantidad de hectáreas de dedicadas al cultivo son La Araucanía, Maule, O'Higgins, Ñuble, Metropolitana, Biobío y Valparaíso, las cuales abarcan el 88% del total de hectáreas de cultivo.

En función de estos resultados se analizarán las principales características geográficas de dichas regiones a continuación.

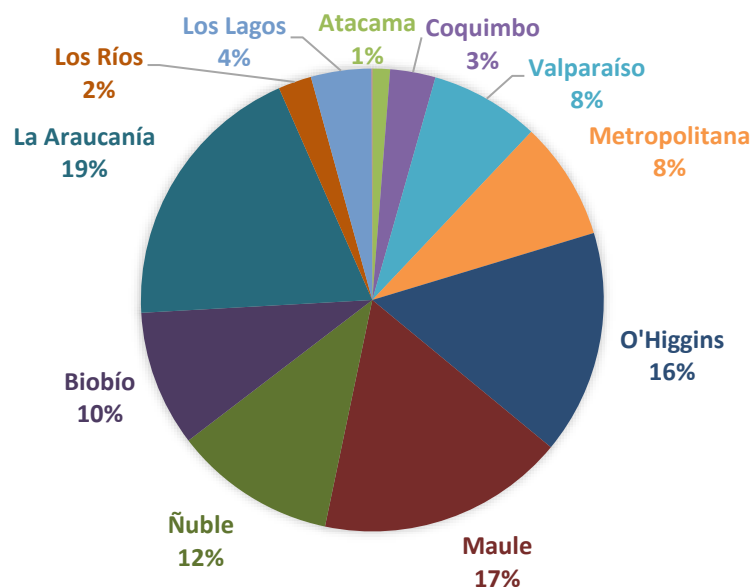


Figura 4: El gráfico representa los porcentajes de superficie de cada región dedicada a las producción de los principales cultivos del país (Odepa, s.f.).

Tabla 5: Hectáreas correspondientes a cada cultivo para cada región del país.

Región /cultivos	Frutales	Hortalizas	Cereales, leguminosas e industriales	Total	Porcentaje de participación
Arica y Parinacota	738	3,767		4,505	0.47%
Tarapacá	277			277	0.03%
Atacama	8,211	717		8,928	0.93%
Coquimbo	27,125	10,110	1,672	38,907	4.07%
Valparaíso	46,765	9,525	2,445	58,735	6.14%
Metropolitana	54,472	26,843	12,616	93,932	9.82%
O'Higgins	95,082	12,032	30,646	137,760	14.41%
Maule	90,729	11,983	69,016	171,728	17.96%
Ñuble	19,221	2,142	75,029	96,392	10.08%
Biobío	6,084	1,705	66,546	74,335	7.77%
La Araucanía	15,810	1,758	192,491	210,059	21.97%
Los Ríos	4,960		19,799	24,759	2.59%
Los Lagos	3,399		32,142	35,542	3.72%
Aysén	249			249	0.03%
	373,123	80,583	502,402	956,108	100%

Fuente: Ficha nacional y regionales (Odepa, s.f.)

Clima:

Se identifican los climas característicos de las regiones con mayores cantidades de hectáreas dedicadas a las producción agrícola.

El tipo de clima más común en dichas regiones (**Tabla 6**), es el mediterráneo (Csb), este se caracteriza por tener veranos con temperaturas templadas y secas, e inviernos fríos y húmedos, ideal para cultivos de uvas y olivos.

Otro clima predominante de las zonas con mayores cultivos es el mediterráneo cálido (Csa), que tiene veranos calurosos y secos, e inviernos templados y lluviosos, favorable para cultivos cítricos y de uvas.

Además, se tiene el clima oceánico (Cfb), que posee temperaturas templadas y precipitaciones a lo largo de todo el año, con veranos frescos e inviernos templados, común en las costas debido a las corrientes marinas.

Finalmente, también se tiene climas mediterráneo oceánico (Csb), con veranos secos y moderados, e inviernos fríos y húmedos, y clima de tundra (ET), con inviernos largos y fríos, y veranos cortos y templados.

Tabla 6: *Climas de las regiones con más hectáreas dedicadas a la agricultura.*

Región	Clima según Köppen-Geiger
La Araucanía	Oceánico (Cfb), Mediterráneo Oceánico (Csb), Tundra (ET)
Maule	Mediterráneo (Csb), Mediterráneo cálido (Csa)
O'Higgins	Mediterráneo (Csb), Mediterráneo cálido (Csa)
Ñuble	Mediterráneo (Csb), Oceánico (Cfb)
Región Metropolitana de Santiago	Mediterráneo (Csb), Mediterráneo cálido (Csa)
Biobío	Oceánico (Cfb)
Valparaíso	Mediterráneo (Csb), Mediterráneo cálido (Csa)

Fuente: *Ficha nacional y regionales (Odepa, s.f.)*

Tipo de suelo:

Por otro lado, se analizan los tipos de suelo de las regiones con mayor producción agrícola.

- La Araucanía: posee suelos volcánicos que son ricos en materia orgánica y con una gran capacidad de retención del agua, no se puede clasificar en los cinco tipos más comunes.
- Maule: cuenta con una gran variedad de suelos, principalmente franco-arcillosos y volcánicos, con potencial para cultivos de frutas.
- O'Higgins: con suelos predominantemente franco-arenosos, adecuados para cultivos como cereales y legumbres, y también aunque en menor cantidad cuenta con suelos arcillo-limosos que poseen una mayor retención de humedad.
- Ñuble: con suelos con granulometría, porosidad y textura que permiten buena permeabilidad, no se puede clasificar en los cinco tipos más comunes.
- Región Metropolitana de Santiago: posee una gran diversidad geológica con suelos rocosos, depósitos fluviales con suelos como gravas hasta limos, depósitos aluviales con grava con matriz arenosa arcillosa, suelos dinos por limos y arcillas y suelos volcánicos.
- Biobío: con suelos de tipo volcánico y granítico, con gran retención de agua y fertilidad ideal para la agricultura, suele tener textura franco-arenosa.
- Valparaíso: cuenta con una gran diversidad de suelos que incluyen arenosos, limosos arcillosos y calcáreos, debido a las condiciones climáticas de la zona, que son adecuados para la viticultura o cultivos que no requieren riego artificial, como algunos cereales, legumbres, frutales y vides.

A partir de esto, se observa que predominan los suelos arcillosos, limosos y arenosos en las regiones con mayor dedicación a la industria de la agricultura en el país, los cuales proporcionan los nutrientes necesarios para los cultivos y que además estos están relacionados a las condiciones climáticas de la región.

Uso de agua:

Se analiza la disponibilidad de agua de Chile, lo cual ha sido un tema que ha generado una gran preocupación en los últimos años debido a la escasez hídrica en algunas zonas del país. Alrededor del 50% de las comunas están bajo decretos de escasez hídrica, afectando a gran parte de la población y en particular a comunidades rurales.

Se proyecta que estas condiciones se exacerbén durante los próximos años debido al cambio climático y a una creciente demanda, en donde para el 2030 se estima un crecimiento de 4,5%. Además, la agricultura, la minería y la industria manufacturera representan alrededor del 80% de las extracciones consuntivas de agua (FAO y PNUMA, 2021).

Dado esto se han comenzado a implementar medidas que buscan reducir el riesgo que esto supone para la población e industrias, como racionamiento y eficiencia en el uso de agua, particularmente para las industrias. Sin embargo, no se ha podido remediar y por el contrario la situación hídrica del país se ha agravado, al igual que en muchas otras partes del mundo.

Por otro lado, es importante identificar los sistemas de riego que se tienen actualmente, ya que esto podría indicar el grado de eficiencia con el que se están usando los recursos hídricos en cada región.

A partir de la **tabla 7**, se observa que el principal sistema de riego utilizado en estas regiones es el goteo, posteriormente la microaspersión y el surco.

El riego por goteo consiste en suministrar agua a la base de la planta por medio de tuberías y emisores de goteo, es altamente eficiente en términos de conservación del agua. Luego, la microaspersión, se realiza a través de aspersores que simulan lluvia, se suele utilizar para campos más grandes y es menos eficiente en términos del uso de agua.

Y el riego por surcos, consiste en realizar surcos o canales paralelos a las filas de cultivos, es una técnica tradicional que se suele ocupar para cultivos de maíz y que requiere un menor capital inicial, aunque este es menos eficiente que los otros dos. El mejor sistema de riego va a depender del cultivo y de las características del terreno.

Tabla 7: *Sistemas de riego de las principales regiones dedicadas a la agricultura.*

Región /Riego	Goteo	Microaspersión	Surco	Curvas de nivel	Platabanda	Tazas	Tendido	Bordes
Araucanía	11,385	451	264	20				
Maule	62,952	18,124	8,105				1,482	
O´Higgins	71,859	6,048		12	2	4	2,962	2
Ñuble	16,325	1,291	1,040			149	61	
Región Metropolitana de Santiago	44,456	5,055	4,601				251	
Biobío	4,882	1,009	161				1	
Valparaíso	30,419	13,068	2,776			89	350	
Total	242,278	45,046	16,947	32	2	242	5,108	2

Fuente: *Ficha nacional y regionales (Odepa, s.f.)*

Además, en base a los últimos dos factores analizados, tipo de suelo y uso de agua, se puede asociar el rendimiento de los principales cultivos durante los últimos años (**figura 5**), ya que este se ve afectado por distintos factores del entorno, como cambios en condiciones climáticas o degradación del suelo.

A partir de esto, se nota que muchos de los principales cultivos han tenido una disminución en su rendimiento o se han mantenido constantes, a excepción de la remolacha, lo

cual se atribuye principalmente a las condiciones externas a las que se enfrentan los cultivos, como temperaturas extremas, inundaciones, sequías, degradación de suelos, aumento de plagas, pérdida de biodiversidad, entre otros.

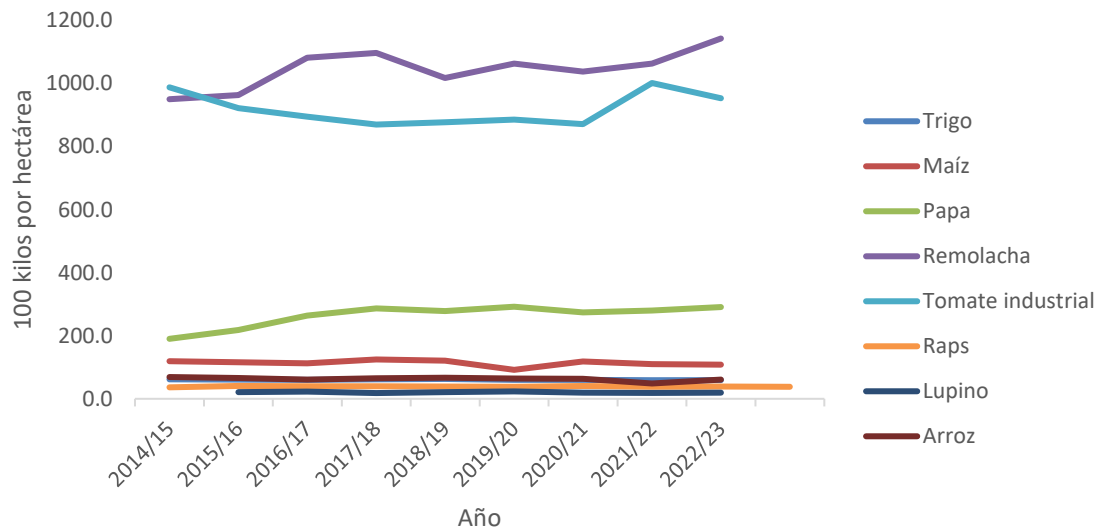


Figura 5: El gráfico representa los rendimientos de cada uno de los principales cultivos durante los últimos ocho años. Elaboración propia (Odepa, s.f.).

Con esto en mente resulta de gran relevancia identificar los factores que se pueden mejorar para eficientar los procesos de esta industria que afectan al medioambiente e impactan económicamente tanto a los consumidores como a los productores. Es esencial recordar que además la agricultura es una de las industrias básicas, ya que es la responsable de proveer los alimentos necesarios.

En base a lo anterior, se seleccionarán casos de estudio e investigaciones de la aplicación de agricultura regenerativa, como medida remediadora a la crisis actual, seleccionando investigaciones de países con características similares.

5.2 Casos de estudio a nivel mundial

A continuación, se presentan los casos de estudio que han sido seleccionados en base a la similitud de las condiciones o factores relevantes de la agricultura.

Caso 1.

El caso 1 de estudio se selecciona debido a las similitudes de cultivos que se tienen entre la zona de estudio y Chile, en la **figura 6** se muestran los cultivos que fueron analizados.

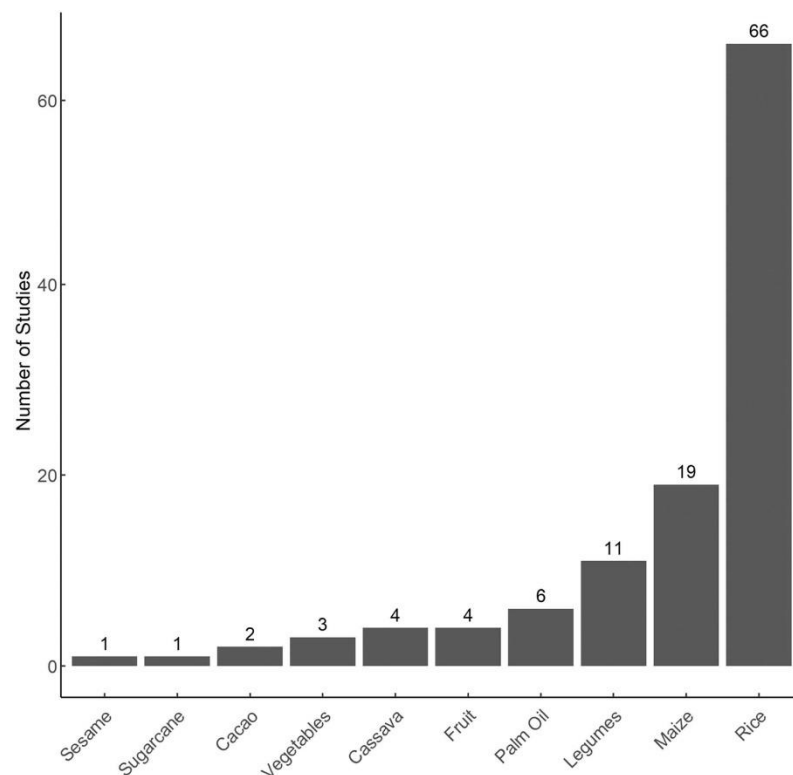


Figura 6: El gráfico muestra la cantidad de estudios empíricos que se tomaron de cada cultivo (Tan y Kuebbing, 2023).

Este caso aborda la agricultura regenerativa en el Sudeste Asiático (Tan y Kuebbing, 2023). En el cual, se revisaron 92 estudios empíricos que investigaron los efectos de 17 prácticas agrícolas regenerativas. Estos plantean la incertidumbre en torno a la efectividad de las prácticas

de agricultura regenerativa para incrementar el carbono orgánico del suelo (SOC) y abordan algunas problemáticas que indican que la adición de compost y estiércol genera aumentos en las emisiones de gases de efecto invernadero como metano (CH₄) y óxido nitroso (NO), lo que implica que tal vez estos aumentos se compensen con el COS y esta práctica no contribuya en gran medida a mitigar el calentamiento global. Pero para poder entender el impacto de estas prácticas se debe analizar a mayor profundidad.

El caso se desarrolla en el Sudeste Asiático, un importante productor y exportador mundial de cultivos y productos alimenticios, en particular de arroz, entre el 2011 y 2020, la región exportó casi 519 millones de toneladas de arroz producido en sus arrozales, lo que representa más del 25% de la producción mundial. Sin embargo, esta zona emite grandes cantidades de gases de efecto invernadero comprendiendo el 78% del total de las emisiones terrestres de carbono de Asia.

Además, la agricultura intensiva que se ha dado en los últimos años, para aumentar la producción, ha provocado el agotamiento de los suelos de esta zona, lo que pone en riesgo la seguridad alimentaria regional y mundial. Dado esto se plantea que las prácticas de agricultura regenerativa podrían ser una solución a los desafíos agrícolas regionales, adaptándose al cambio climático y actuando como un mitigador del mismo.

Algunos de los beneficios específicos que se plantean sobre la adopción de la agricultura regenerativa son mejorar la productividad y la salud del suelo al restaurar el contenido de carbono orgánico (COS), aumentar la fertilidad del suelo y el rendimiento de los cultivos, y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero de las tierras de cultivo. Con estos importantes beneficios para la industria se habla de implementar políticas nacionales que se centren en ampliar la agricultura regenerativa. Sin embargo, existe una alta incertidumbre cuantitativa sobre

los efectos reales de estas prácticas, en particular no se tiene claridad sobre la capacidad para contener el carbono adicional de la atmósfera en el suelo.

Para poder obtener el efecto real de estas prácticas de agricultura regenerativa, se revisaron y seleccionaron las más relevantes, para luego realizar estudios empíricos de cada práctica. Los estudios que se seleccionaron para realizar el análisis del impacto de cada práctica buscaban medir el contenido de COS u otros parámetros similares del suelo.

Algunas de las prácticas que se incluyeron son,

- La agroforestería, que es la plantación de árboles o arbustos perennes junto a cultivos, esta práctica mejora de la calidad del agua y del aire, además del enriquecimiento del suelo y la conservación de la biodiversidad.

En la investigación se realizaron revisiones globales que coinciden en gran medida en que la agrosilvicultura puede mejorar las reservas de COS y ha ocurrido en ciertas plantaciones, sin embargo, actualmente no hay una manera confiable de realizar mediciones de parámetros que muestren los beneficios, lo que impide el acceso a financiación para la implementación de esta práctica. Para obtener estos resultados se realizaron 4 estudios.

- El biocarbón, es carbón vegetal que se obtiene a partir de residuos de materia orgánica que han sufrido pirólisis, ayuda a mejorar el suelo (retención de líquido, fertilidad, etc.) y almacena el carbono reduciendo los GEI.

Los resultados de la investigación sobre los efectos de esta práctica en los gases de efecto invernadero variaron según la cosecha y zona, sin embargo, todos informaron

consistentemente menores emisiones de metano debido a esta práctica. Se realizaron 10 estudios concluyentes.

- El compost, es una mezcla de materia orgánica que ha sufrido descomposición y puede aumentar el carbono del suelo.

En el estudio se muestran distintos porcentajes de aumento de COS según el cultivo y la región. Sin embargo, en algunos registros se encontró que aumentaba las emisiones de CH₄. Los resultados no fueron del todo concluyentes pues se tenían efectos contradictorios entre una plantación y otras, por lo que se deben realizar más investigaciones para determinar los efectos reales del compost. Para este se revisaron 13 estudios.

- Los cultivos de cobertura son plantas sembradas con el propósito de cubrir el suelo, normalmente están en barbecho y se ocupa principalmente para disuadir la erosión y la pérdida de carbono del suelo.

Durante la investigación se encontraron distintos resultados sobre el porcentaje que pueden aumentar las reservas de COS según las condiciones del lugar y cultivos principales, y se obtuvo un 15,5% en tierras de cultivo globales. Se consideraron 4 estudios para obtener estos resultados.

- La rotación de cultivos implica sembrar diferentes plantas a lo largo del tiempo en la misma zona. Esta es una práctica muy antigua que se ha vuelto a incorporar para reducir enfermedades, malezas y plagas, aumentar el rendimiento de cultivos y en particular para aumentar el COS.

A partir de los estudios se encontró que en 5 de los 7 estudios hubo resultados positivos sobre el aumento de carbono en el suelo. Sin embargo, las variaciones en las frecuencias de rotación y la selección del sistema de cultivo difirieron entre los estudios y fueron determinadas principalmente por prácticas locales.

- La variedad de semillas mejorada se refiere a plantar variedades de cultivos con mayor rendimiento o resistencia a las condiciones climáticas extremas.

En el estudio se obtuvieron distintos resultados, en donde en algunos casos las variedades de cultivos más nuevos podían emitir menos CH₄ y en un caso se identificó que aumentaban las emisiones de N₂O. Pero estos resultados dependen de las condiciones externas y de cómo interactúan con los nuevos cultivos. Para este se revisaron 4 estudios.

- Estiércol, la aplicación de estiércol animal se suele utilizar como fertilizante, que ayuda a aumentar el carbono del suelo.

Se encontró que el estiércol puede aumentar el COS, sin embargo, también generó un aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero, y aunque algunos estudios no fueron concluyentes, esto se atribuye principalmente a la elección de los tratamientos y la temporada de cultivo. Se consideraron 20 estudios.

- Agricultura ecológica, busca reducir o evitar el uso de productos químicos sintéticos.

En la investigación se encontró que esta práctica no siempre aumentaba el COS en el suelo e incluso en algunas ocasiones lo reducía, además producía mayores emisiones de CH₄. Sin embargo, esto no siempre ocurre y depende mucho de las

condiciones climáticas en las que se realice la práctica, ya que países templados como Suiza y Países Bajos si se lograron resultados positivos, aumentando el COS y reduciendo los gases de efecto invernadero, por lo que la efectividad de esta práctica se debe evaluar para cada entorno en particular. Se revisaron 5 distintos estudios.

- La gestión de residuos es el cambio en el manejo de los residuos de cultivos al devolverlos al suelo en lugar de eliminarlos.

En las investigaciones realizadas se encontró que en algunos casos incorporar los residuos de cultivos en los suelos puede reponer la materia orgánica del suelo y aumentar el COS. Sin embargo, al igual que con el compost y el estiércol se debe considerar el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de la descomposición de los residuos y determinar el efecto dominante para cada caso en específico. Se consideraron 12 estudios concluyentes.

- Cultivo migratorio y barbecho, implica cambiar el área de cultivo y permitir que el área actualmente utilizada se reponga con nutrientes dejando en barbecho.

En los estudios realizados se identificó que las duraciones mayores del barbecho podrían traducirse en mayores aumentos del COS, ya que dan más tiempo para que el suelo pueda regenerarse, en todos los estudios analizados se identificaron mejoras. Para este análisis se realizaron 5 estudios.

- Reducción de labranza, implica un cambio de régimen de labranza a un régimen de labranza de conservación, es decir, reducida o nula, con el objetivo de mejorar las reservas de carbono en el suelo.

En los estudios realizados se obtienen resultados tanto positivos como negativos e inconclusos, muchos lograron coincidir con una COS durante los primeros años y un aumento constante de COS en largos periodos. Para este análisis se identificaron 11 estudios.

Con la investigación realizada se llegó a la conclusión de que la agricultura regenerativa es beneficiosa para aumentar el COS en las tierras, sin embargo, se debe evaluar para cada entorno en particular, pues algunas de las prácticas generan gases de efecto invernadero, particularmente por el uso de materia orgánica como fertilizante. Además, debido a que existen pocas mediciones de estas prácticas, se recomienda apoyar futuras investigaciones para impulsar la implementación de la agricultura regenerativa ayudando así a mitigar el cambio climático.

Caso 2.

El segundo caso de estudio se selecciona debido a que Reino Unido presenta similitudes en cuanto a las condiciones ambientales de Chile. El clima predominante del país según la clasificación Köppen Geiger es Cfb – Clima Oceánico, el cual es el clima predominante de la principal región de agricultura en Chile, la Araucanía (koppen earth, s.f.). Además, sus principales cultivos incluyen cereales (trigo, cebada, avena), hortalizas (papas, remolachas), leguminosas y frutas (Sawe, 2017), los cuales están dentro de los principales cultivos de Chile.

En el actual estudio se discuten tanto los atractivos ambientales como los económicos que se tienen al adoptar prácticas de agricultura regenerativa en Reino Unido (Beacham et al., 2023).

El estudio se divide en segmentos que abarcan a agricultores del suroeste y el este de Inglaterra, en donde se tomaron una serie de mediciones para monitorear los impactos

ambientales y se llevaron a cabo entrevistas en profundidad con 21 agricultores.

A partir de las entrevistas realizadas, se identificaron diversas razones que explican por qué los agricultores están adoptando prácticas regenerativas. Las razones principales se centran en la reducción del impacto ambiental mediante cambios en sus procesos, así como en consideraciones económicas que buscan mejorar la productividad y reducir los costos de las materias primas necesarias para los cultivos.

Otro factor relevante que los agricultores mencionan es el atractivo emocional y ambiental de la agricultura regenerativa, ya que en Reino Unido existe un constante debate sobre las formas más deseables de uso de la tierra y sus impactos ambientales, dado esto ellos plantean que estas prácticas generan productos valorados socialmente y asociados a beneficios ambientales que para los consumidores y para ellos es realmente importante.

Por otro lado, los agricultores coinciden en que no hay un solo camino a seguir en la incorporación de la agricultura regenerativa, sino que existen diversas prácticas que son aplicables y que se suelen incorporar de forma gradual y mediante un proceso de aprendizaje. Además, se menciona que estas prácticas se basan en los cinco principios establecidos por Gabe Brown y actualmente seguidos por la organización de agricultores Groundswell.

En este estudio se profundiza en estos principios evaluando la adopción de 14 prácticas por parte de diversos agricultores en la región (Jaworski et al., 2023), algunos de los cuales se detallan a continuación:

- Cero o mínima labranza, se refiere a dos prácticas distintas de la agricultura regenerativa. La cero labranza implica que los cultivos se siembren o planten directamente en el suelo sin perturbarlo, esto preserva la estructura del suelo,

reduciendo la erosión. Por otro lado, la labranza mínima a diferencia de la anterior permite una labranza superficial.

- Cultivo de leguminosas, mejora la fertilidad del suelo, ya que estas plantas tienen la capacidad de formar simbiosis con bacterias llamadas rizobios en sus raíces, estas son capaces de capturar nitrógeno atmosférico y convertirlo a una forma que las plantas pueden utilizar.
- Uso de fertilizantes naturales, ayuda a enriquecer el suelo con nutrientes y mejora su estructura. Se puede usar el compost orgánico o el digestato, que es el subproducto líquido de la digestión anaeróbica, estos ayudan a reciclar los residuos orgánicos y reducir la dependencia de fertilizantes.
- Rastrojos durante el invierno, implica dejar los restos de los cultivos anteriores durante el invierno con el objetivo de proteger el suelo de la erosión y mejorar la materia orgánica.
- Prados, es la siembra de pastos y cultivos herbáceos en lugar de cultivos anuales, lo que beneficia la salud del suelo manteniéndolo con más nutrientes y biodiversidad.
- Devolver los residuos a los cultivos de campo, se reciclan los residuos agrícolas, como por ejemplo los restos de la cosecha, y en lugar de eliminarlos se procesan y se ponen en el suelo para enriquecerlo.
- Adaptar el arado a la topografía, es modificar la forma en que se realiza la labranza para seguir la topografía del terreno lo que ayuda a prevenir la erosión y conservar el suelo (por ejemplo utilizando las curvas de nivel).

Mediante la identificación de las zonas en las cuales se aplicaban estas prácticas, se formaron cinco grupos de agricultores que realizaban distintas combinaciones de estas, lo cual permitió un análisis más completo de su impacto.

- Grupo 1: combina labranza cero y mínima, cultivos de cobertura y estiércol.
- Grupo 2: combina prácticas de manera más consiente, utiliza cultivos de cobertura combinados con leguminosas, rotación diversa y labranza cero. Muchos de ellos además incorporaban, prados, pastoreo holístico y estiércol.
- Grupo 3: combina las prácticas de manera menos consiente, la mitad usa estiércol y la otra mitad prados.
- Grupo 4: combina una gran cantidad de prácticas entre ellas, labranza mínima, rotación diversa, estiércol, cultivos de cobertura, leguminosas en crecimiento, retorno de residuos de cultivos, rastrojos de invierno y prados.
- Grupo 5: combina un uso sistemático de labranza mínima con cultivos de cobertura, rotación diversa y estiércol para más de la mitad de los encuestados, el resto tiene una implementación muy limitada de las otras prácticas.

Mediante esta agrupación, se logró evaluar el cumplimiento de los cinco principios de la agricultura regenerativa a través de las prácticas adoptadas por cada grupo, en donde se observó que los grupos 2 y 4 obtuvieron las puntuaciones más altas. Sin embargo, estos resultados no lograron explicar del todo ni establecer una relación con los problemas del suelo percibidos.

Por otro lado, de manera similar al caso anterior, durante las discusiones de la incorporación de estas prácticas, se plantea la falta de coherencia legal y regulatoria en torno a la

agricultura regenerativa, aun cuando parece probable que los principios regenerativos sean posicionados como los objetivos a los que aspiran todos los agricultores según el SFI.

Finalmente, los encuestados informaron sobre varias barreras para la adopción de estas prácticas, que incluyen los costos de capital (24%), el tiempo y el clima (15%), la rentabilidad (14%), la logística (12%) y el acceso a conocimientos imparciales (11%). Estas consideraciones son importantes para futuros estudios en los que se desee implementar prácticas similares.

Caso 3.

El tercer caso de estudio se realizó en Países Bajos, este se selecciona debido a las similitudes en las condiciones ambientales con Chile, particularmente cuenta con un clima predominante Cfb que corresponde a un clima oceánico (Climate Data, 2022), este es el mismo clima predominante de la Araucanía, que corresponde a la región de Chile con mayor cantidad de hectáreas dedicadas a la agricultura. Además, tiene como principales cultivos la remolacha, papas, cereales (particularmente trigo, maíz, entre otros) (ESA, 2022).

En este caso de estudio se aborda la aplicación de la agricultura regenerativa (Schreefel et al., 2022), en donde se identifican y evalúan soluciones hechas a la medida de la agricultura regenerativa para sistemas agrícolas holandeses típicos. Obteniendo cambios en los gases de efecto invernadero y rentabilidad.

En este estudio, se utilizaron modelos como Soil Navigator y FarmDESIGN para evaluar simultáneamente funciones del suelo a nivel de campo e indicadores generales de sostenibilidad. Estos modelos se aplicaron a una granja cultivable en suelo arcilloso, una granja lechera en suelo de turba y una granja mixta en suelo arenoso.

El Soil Navigator (SN) es una herramienta de apoyo a la toma de decisiones que permite evaluar y optimizar las funciones del suelo a nivel de campo, que son, purificación y regulación del agua, biodiversidad y provisión de hábitat, regulación del clima y ciclo de nutrientes. Por otro lado, FarmDESIGN (FD) es un modelo bioeconómico que se utiliza para investigar y optimizar la sostenibilidad agrícola general.

A partir de estas herramientas y la recopilación de información relevante del entorno, se generaron 4000 soluciones de posibles alternativas, en las cuales se sugirieron prácticas para mejorar las funciones del suelo. A continuación, se muestran algunas de estas prácticas:

- Aumentar la superficie de alfalfa, es beneficioso para mejorar la fertilidad del suelo, además de proporcionar alimento para el ganado.
- Introducir pastizales ricos en especies, con una mayor variedad de especies, se puede lograr una mayor biodiversidad del suelo y mejorar la calidad del forraje.
- Aumentar el riego, esto resulta beneficioso para las zonas en donde puede existir un grado de sequía.
- Introducir estiércol sólido, esto ayuda a la fertilidad del suelo pues aporta nutrientes y materia orgánica funcionando como un fertilizante.
- Reducir la frecuencia/intensidad de la labranza, esto ayuda a conservar la estructura del suelo y reducir la erosión.
- Devolver los residuos de cultivos al suelo, implica enriquecer el suelo con los restos de los cultivos de la cosecha anterior.
- Introducir cultivos de cobertura, es introducir cultivos destinados a proteger el suelo,

mejorar su estructura y fijar nutrientes.

- Evitar el control sintético de plagas y malezas, es decir, evitar el uso de pesticidas químicos e intentar incorporara métodos naturales para el control de plagas y malezas.
- Limitar la fertilización con N total, es decir, restringir la cantidad de nitrógeno aplicada como fertilizante para evitar el exceso de nutrientes en el suelo, ya que puede causar problemas ambientales.
- Evitar los fertilizantes inorgánicos, se busca optar por fuentes de nutrientes naturales, como estiércol, digestato, compost, etc.

Con estas soluciones, se logró una mejora significativa en el impacto ambiental, reduciendo las emisiones de CO₂ en un 50 %, un 6 % y un 23 %, respectivamente, en cada una de las granjas incluidas en el estudio. Sin embargo, la implementación de las prácticas regenerativas, generaron una disminución promedio de un 50 % en la rentabilidad.

Esta disminución en la rentabilidad se debe en gran medida a desafíos asociados con algunas de las prácticas, por ejemplo, la eliminación de pesticidas sintéticos, lo que puede provocar una mayor incidencia de plagas y enfermedades, o la reducción de la labranza, que puede ocasionar infestaciones de malezas, con esto se observa que la estabilidad del rendimiento depende en gran medida de la resiliencia natural del sistema agrícola.

Caso 4.

El caso 4 al igual que el segundo caso, se selecciona debido a que Reino Unido presenta similitudes en cuanto a las condiciones ambientales de Chile. El clima predominante del país según la clasificación Köppen Geiger es Cfb – Clima Oceánico, el cual es el clima predominante de la principal región dedicada a la agricultura en Chile, la Araucanía, además de contar con algunos de los principales cultivos como el trigo, hortalizas, remolachas, entre otros.

Este caso de estudio se enfoca en el resurgimiento de las leguminosas dentro de la rotación de cultivos (Cusworth et al., 2021), la rotación de cultivos es uno de los 5 principios generales de la agricultura regenerativa. Aun cuando históricamente las leguminosas formaron parte importante de las rotaciones de cultivos, fueron marginadas por la agricultura intensiva que dependía de fertilizantes y pesticidas artificiales.

Sin embargo, debido a las crecientes preocupaciones en las emisiones de gases de efecto invernadero, impacto en la salud del suelo y biodiversidad, surge como posible solución la reincorporación de las leguminosas, ya que además de proporcionar alimentos al mismo tiempo mejoran la fertilidad del suelo y permiten el control de plagas.

Las leguminosas abarcan un conjunto diverso de plantas como frijoles, guisantes, lentejas, soja, alfalfa, arveja, entre otros. Estas se valoran como un componente de rotación de cultivos debido a su capacidad para fijar el nitrógeno del aire al suelo, mejorando así la fertilidad y reduciendo la cantidad de fertilizante orgánico o mineral necesaria para mantener los rendimientos, además, permiten prevenir la aparición de plagas.

La desaparición de la rotación de cultivos y la intensificación, especialización y simplificación generalizada de la agricultura (particularmente el uso de pesticidas, vermicidas y

fertilizantes) en Reino Unido ha tenido un costo ambiental y social, impactando en la pérdida de biodiversidad, degradación de la salud del suelo, aumento en la emisiones de gases de efecto invernadero - GEI (contribuyendo al cambio climático) y nitrificación del agua (afectando la fertilidad del suelo, rendimiento de cultivos y biodiversidad del suelo).

Dado esto se plantea el término de ruptura agroecológica, que se utiliza para capturar las características de un paradigma agrícola emergente, que pone especial énfasis en la revitalización de los ecosistemas y las sinergias entre diferentes tipos de cultivos y usos de la tierra, así como en los diversos cambios sociales, culturales y económicos de la actualidad.

El análisis de la investigación se basa en entrevistas con 23 personas que ocupan diferentes puestos superiores en el sistema alimentario, donde 13 de estas fueron con agricultores comerciales y 10 con personas de organizaciones en otros puntos relevantes de la industria. Para este solo se incluyeron propiedades comerciales no orgánicas de menos de 200 hectáreas, con el objetivo de garantizar que los agricultores estuvieran más expuestos a presiones de producción intensiva. Además para incorporar el uso de leguminosas en la rotación de cultivos el uso de tierra debía ser cultivable o mixta.

El estudio utiliza el Marco de Perspectiva Multinivel (MLP) para analizar cómo interactúan los cambios macro (económicos y políticos), meso (prácticas agrícolas dominantes) y micro (innovaciones locales), para facilitar la transición agroecológica.

A partir de esto se presenta un análisis de perspectiva multinivel de los impulsores y las características de transición, denominándolo ruptura agroecológica o regenerativa, esta describe:

1. Cambios a nivel macro: Se mencionan cambios en las condiciones competitivas de las leguminosas en Reino Unido, lo que permite mejorar enfoques actuales y romper con

regímenes establecidos.

- Subvenciones y regulaciones: con la salida del Reino Unido de la Unión Europea, se han creado espacios para un nuevo régimen de subsidios, y regulaciones agrícolas. Bajo el régimen ELMS (Environmental Improvement Plan), que se encarga de redirigir los subsidios, los agricultores están adaptando sus prácticas como labranza cero, rotaciones diversificadas, entre otras, anticipando los beneficios de la gestión responsable del carbón.
 - Investigación, conocimientos y normas: Se ha observado un crecimiento en la investigación de leguminosas y diversificación pública de cultivos, con un enfoque en técnicas que reducen los impactos ambientales sin comprometer la productividad.
 - Demanda del consumidor: El mercado para las proteínas de origen vegetal ha crecido significativamente en los últimos años, impulsando una mayor variabilidad económica en dichos productos, pues existe un aumento importante en los consumidores interesados en opciones alimenticias éticas y sostenibles.
2. Demanda del consumidor: Las legumbres se excluyeron del majeo agrícola principalmente por su bajo rendimiento y bajo precio. Sin embargo, en Reino Unido los productos de origen vegetal han crecido en un 40%, y uno de cada cuatro consumidores compra regularmente alternativas cárnicas y lácteas de origen vegetal, debido a las preocupaciones éticas y ambientales.
 3. Cambios a microescala: Se abordan tres ejemplos de espacios de incubación a nivel micro donde las innovaciones hacen competitivo el cultivo de leguminosas y estrategias de diversificación de cultivos.

- Nuevas empresas: Existen empresas que fomentan el desarrollo de variedades de cultivos, que ayudan a mejorar el rendimiento de los cultivos y se generen cambios positivos.
- Grupos de evaluación comparativa: se trata de grupos de agricultores que se reúnen para hacer comparaciones y evaluaciones de sus prácticas de cultivo, lo que les permite gestionar el riesgo, desarrollar amplias visiones y mejorar prácticas.
- Agricultura regenerativa: los grupos dedicados a promover la agricultura regenerativa, que buscan reparar el suelo y reducir el uso de pesticidas y fertilizantes, facilitan el intercambio de estos conocimientos, productividad y viabilidad financiera.

En base a esto, en la investigación se concluye que los modelos agrícolas intensivos han impactado negativamente los aspectos sociales y ambientales, y se promueven las practicas más sostenibles. Estas prácticas son impulsadas por las características de transición mencionadas anteriormente.

Y aunque Reino Unido está encaminado a prácticas regenerativas y ecológicas estas no están totalmente aseguradas pues a la vez influyen factores externos como demandas de mercado y políticas gubernamentales que pueden no alinearse.

Caso 5

El quito caso se selecciona debido a la similitud de las condiciones ambientales de la zona con las de Chile. El clima predominante de la zona de estudio, Polonia, según la clasificación Köppen Geiger es Cfb – Clima Oceánico (koppen earth, s.f.), el cual corresponde al clima

predominante de la Araucanía, que es la principal región dedicada a la agricultura en Chile. Además, de contar con la producción de algunos de los principales cultivos de Chile, como trigo, maíz, remolacha, entre otros.

El estudio indaga en la creciente dependencia del uso de insumos químicos para intensificar la producción agrícola y satisfacer las demandas alimentarias (Mącik et al., 2023). Los fertilizantes minerales, aun cuando aumentan las biomasa de los cultivos, causan problemas ambientales debido a su uso intensivo, ya que las plantas solo utilizan una cantidad limitada de 30 a 40% de los nutrientes que proporcionan los fertilizantes y el resto contribuye a la contaminación ambiental.

Dado esto existen motivaciones para buscar enfoques alternativos de fertilizantes que resulten más amigables con el medioambiente.

La aplicación de cepas de microorganismos beneficiosos incluidas bacterias y hongos, en forma de biofertilizantes es uno de los temas de relevancia en la agricultura sostenible, orgánica y regenerativa. Las ideas principales de la agricultura regenerativa (RA), además de mejorar los ecosistemas del suelo, como el secuestro del carbono, incluyen la restauración de la salud y la reversión de la pérdida de biodiversidad del suelo. Esto se puede abordar mediante una mejora en la calidad del microbioma del suelo, ya que las bacterias y hongos dan forma al suelo y regulan la sostenibilidad del ecosistema. Por lo tanto, el bienestar de los microorganismos del suelo resulta un factor importante que determina el éxito de las prácticas de agricultura regenerativa.

El caso investiga la capacidad de un biofertilizante de fósforo innovador para mejorar la actividad y diversidad microbioma del suelo que habita en los suelos químicamente degradados.

Se plantea que los biofertilizantes de fósforo que se utilizarán podrán mejorar la calidad

del suelo degradado y que los resultados proporcionarán pautas científicas para el desarrollo de prácticas agrícolas ecoamigables que ayuden al bienestar del suelo.

El experimento se realizó en un plazo de dos años en suelo degradado Luvisol Abruptico en Polonia, bajo el cultivo de maíz, para este se compararon tres tratamientos:

1. Un control sin enriquecimiento microbiano (FC)
2. Una dosis óptima de fertilizante que contenía microorganismos beneficiosos (FA100)
3. Una dosis de fertilizante que estaba 40% por debajo del nivel óptimo, contenía microorganismos (FA60)

Para estos tres tratamientos se evaluaron diversas medidas como la actividad enzimática del suelo, el contenido de fósforo fitodisponible y el rendimiento del maíz, utilizando técnicas avanzadas como secuenciación de próxima generación y análisis enzimáticos.

En la **tabla 8** se muestran los resultados de la aplicación de los biofertilizantes en distintos periodos, particularmente se observa el rendimiento del maíz y el contenido de fósforo fitodisponible en el suelo.

Tabla 8: Resultados del rendimiento y contenido de fósforo según el tipo de fertilizante utilizado. La primera letra del paréntesis corresponde al mes (A-abril, O-octubre, J-junio), y el número siguiente corresponde a los últimos dígitos del año.

Tratamiento	Rendimiento de maíz (t ha ⁻¹)	Contenido de P ₂ O ₅ (mg 100 g ⁻¹)
FC(A18)	–	3,93 ± 0,25 b
FA100(A18)	–	5,30 ± 0,20 a
FA60(A18)	–	3,47 ± 0,21 b
FC(O18)	13,53 ± 2,91a	4,37 ± 0,25 b

FA100(O18)	12,42 ± 2,15a	5,47 ± 0,21a
FA60(O18)	13,60 ± 0,87a	2,83 ± 0,15 litros
FC(A19)	–	3,83 ± 0,25 b
FA100(A19)	–	5,90 ± 0,17a
FA60(A19)	–	3,13 ± 0,12 litros
FC(J19)	–	4,67 ± 1,27 b
FA100(J19)	–	7,00 ± 0,10 a
FA60(J19)	–	3,53 ± 0,06 b
FC(O19)	14,18 ± 2,29a	3,97 ± 0,21 b
FA100(O19)	14,78 ± 1,90 un	5,33 ± 0,23a
FA60(O19)	13,89 ± 0,88a	4,03 ± 0,23 b

Fuente: *Ecología de suelos aplicada* (Maçik et al., 2023)

A partir de esto se observa que el rendimiento de maíz con FA60 y FA100 es superior al FC en las distintas fechas en las que se evalúa y a largo plazo FA100 funciona con mayor efectividad. El rendimiento de maíz aumentó en un promedio de 15,3% después de la biofertilización en condiciones de experimento de campo.

Por otro lado, el contenido de fósforo es superior al utilizar el fertilizante FA100 en todas las fechas en donde realizó la medición, con diferencias estadísticamente significativas en comparación con FC y FA60.

El fósforo aumenta la conductividad hidráulica de las raíces y mejora el desarrollo de sistema radicular, lo que facilita la absorción del agua, además, estimula la síntesis de compuestos osmóticamente activos que participan en el mantenimiento del potencial hídrico frente a las sequías, y disminuye la concentración de especies reactivas de oxígeno en los tejidos lo que busca mitigar los efectos del estrés por sequía.

Se llega a la conclusión de que el desarrollo de prácticas sostenibles en la gestión del suelo mediante la aplicación de bioformulaciones basadas en microbios es muy recomendable y cumple con algunos objetivos de la agricultura regenerativa, incluida la restauración de la salud del suelo y la reversión de la pérdida de biodiversidad.

Se sugiere la aplicación del innovador biofertilizante de fósforo como herramienta para mejorar la biodiversidad del microbioma que habita en los suelos degradados, ya que los resultados que se obtienen de la experimentación confirman la influencia favorable del biofertilizante en las propiedades del suelo, mejorando el contenido de fósforo y el rendimiento del cultivo.

Caso 6

El caso 6 se selecciona debido a que aborda investigaciones a nivel mundial sobre las estrategias de fertilización regenerativa, identificando las consecuencias de estas aplicaciones para las emisiones de gases de efecto invernadero (Iqbal et al., 2023).

La investigación se enfoca particularmente en evaluar las prácticas regenerativas de fertilización en tierras secas, con el objetivo de aumentar los rendimientos de los cultivos y mitigar las emisiones de los gases de efecto invernadero (GEI).

Las tierras secas se encuentran principalmente en zonas áridas o semiáridas, en donde sus agroecosistemas han reducido la materia orgánica del suelo y ha perdido los nutrientes necesarios para un óptimo rendimiento de cultivos. Dado esto se ha implementado un mayor uso de fertilizantes con el enfoque de aumentar los rendimientos, sin embargo, esto ha generado un aumento en las emisiones de GEI de alrededor del 5% a nivel mundial.

Por otro lado, si las tendencias actuales continúan, como el crecimiento poblacional y disminución en los rendimientos de cultivo, habrá escasez de alimentos a nivel mundial, debido a esto resulta muy importante adoptar otros enfoques que permitan mejorar la productividad mediante la restauración de la tierra, y a su vez ser menos intensivos con las emisiones de GEI.

Para el estudio se realiza un metaanálisis basado en datos de 40 artículos revisados con el

índice de respuestas logarítmicas para realizar estadísticas del tamaño de efecto. Se evalúan los impactos de los principales fertilizantes regenerativos, como el estiércol, biocarbón, y dos aplicaciones integradas, además de los inorgánicos, en donde se espera que los resultados dependan del tipo de cultivo y de atributos fisicoquímicos del suelo.

A partir del metaanálisis realizado con el software Open Meta-analyst for Ecology and Evolution y el análisis estadístico realizado con el software R, se obtienen los siguientes resultados:

En general el biocarbón permitió mitigar las emisiones de CO₂, N₂O y CH₄. El N₂O y CH₄, fueron menos suprimidas con el uso de biocarbón integrado con fertilizantes y la combinación de estiércol con fertilizante mineral tuvo las mayores emisiones de CO₂ y N₂O. Finalmente, tanto el estiércol como el fertilizante por si solos aumentaron las emisiones de los GEI, estos resultados se pueden encontrar en la **figura 7**.

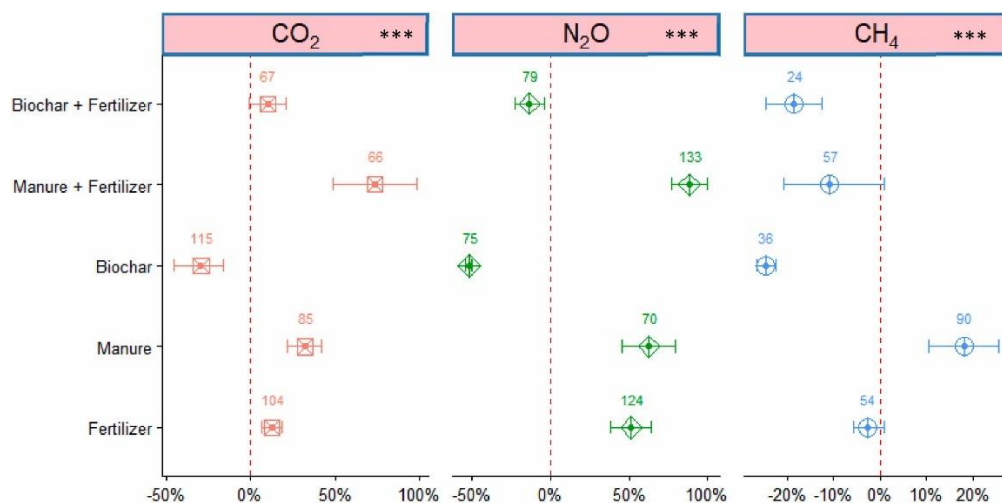


Figura 7: La imagen muestra los resultados de los gases de efecto invernadero, según el tipo de fertilizante que se utilizó, los valores en los símbolos corresponden al tamaño de muestra y las barras a los intervalos de confianza del 95% (Iqbal et al., 2023).

Por otro lado, se observa que los resultados pueden variar según el tipo de cultivo y la

textura de la tierra de cultivo, dado esto se analizan los resultados en base a estas variables para determinar las mejores prácticas según cada variable, estas se muestran en la **figura 8**.

Cumulative Global Warming Potential (%)						
		Inorganic fertilizer	Manure	Biochar	Manure + fertilizer	Biochar + fertilizer
Crop type	Wheat	179.6	191.15	-138.67	184	-25
	Corn	99.65	137.57	-111.11	197	-58
	Rice	202			288	
	Fallow	18	198.82	-14.76	264	35.3
Soil texture	Coarse	52.51	82.55	-196.36	159	-32.08
	Medium	106	164.85	-172.78	287	-46
	Fine	210	248	-59	315.25	-16
Quantity added	1	36	67.77	-26.5	131	-161.55
	2	131	82.5	-54	209.45	-17.4
	3	198.29	207	-108.9	287.96	3.45
	4	211	249	-143.95		
	5			-171.855		
	6			-204.43		

Figura 8: La imagen muestra el potencial de calentamiento global acumulado según cada estrategia regenerativa, tipo de cultivo y textura del suelo (Iqbal et al., 2023).

A partir de esto, se observa que si el cultivo es trigo, maíz o la tierra se deja en barbecho, entonces la mejor opción será la adición de biocarbón. Sólo en el caso del arroz se recomendaría la aplicación de fertilizantes inorgánicos.

Los cultivos de cereales con biocarbón fueron muy eficaces para reducir las emisiones de GEI, aunque hubo diferencias específicas de cada cultivo. El biocarbón fue más eficaz para mitigar las emisiones de CO₂ de las tierras utilizadas para cultivar maíz y la adición de biocarbón

al trigo fue más efectiva para reducir las emisiones de N₂O y CH₄.

Por otro lado, las aplicaciones de biocarbón son más efectivas para reducir las emisiones de CO₂, N₂O y CH₄ de suelos gruesos. Los suelos alcalinos tienen las mayores reducciones en las emisiones de N₂O después del uso de biocarbón con o sin fertilizantes inorgánicos adicionales. Y los suelos con textura media habían reducido las emisiones de N₂O en 18% y CH₄ en 25% con biocarbón.

En la **figura 9** se muestra el resumen de los resultados generales, sobre la aplicación de los biofertilizantes.

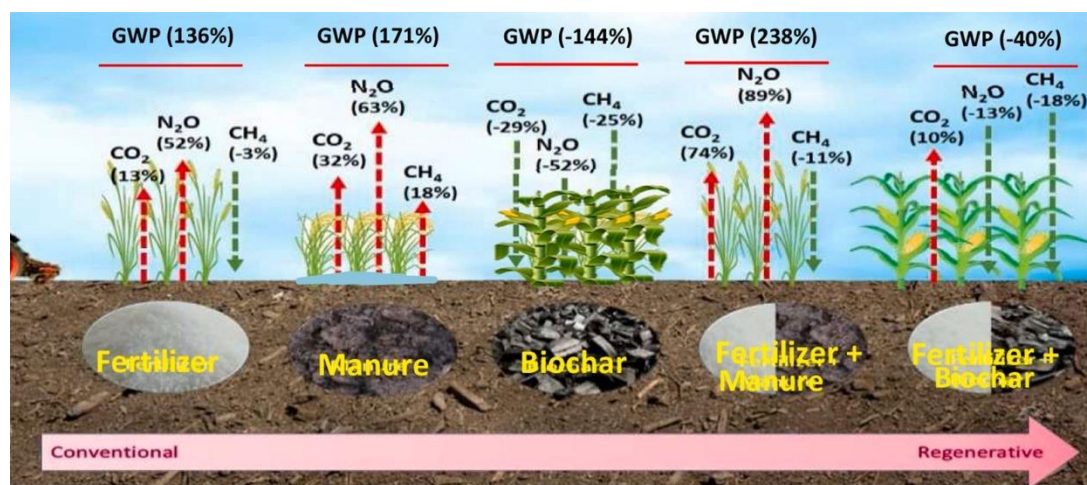


Figura 9: La imagen muestra los resultados de los gases de efecto invernadero, según el tipo de fertilizante que se utilizó (Iqbal et al., 2023).

Por lo tanto, a partir de esta investigación se concluye que las estrategias regenerativas que utilizan estiércol corren el riesgo de convertir las tierras secas en emisores de GEI, sin embargo, las estrategias que incorporan biocarbón podrían mitigar las emisiones de los gases de efecto invernadero de las tierras secas.

Caso 7

Se selecciona el caso 7 debido a las similitudes ambientales que presenta la zona de estudio con Chile, la investigación se desarrolla en las tierras secas mediterráneas de España, las cuales tienen un clima predominante según la clasificación Köppen Geiger Csa – Clima Mediterráneo. Este corresponde al mismo de algunas de las zonas con mayor producción agrícola en Chile, como Maule, O'Higgins, Región Metropolitana de Santiago y Valparaíso.

El estudio surge de la necesidad de evaluar críticamente la efectividad de las prácticas regenerativas en contextos particulares. Este se desarrolla a través de un proyecto de monitoreo y evaluación participativa (PM&E), en donde se incluyeron agricultores e investigadores en el diseño y evaluación del proyecto (Soto et al., 2021).

Para lograrlo se utilizó una herramienta de evaluación visual del suelo (VSA), la cual se desarrolló colaborativamente. Los agricultores fueron los encargados de monitorizar los impactos de la agricultura regenerativa en comparación con la agricultura convencional, y posteriormente mediante actividades participativas se recolectaron los datos y se discutieron en conjunto con los científicos a fin de lograr una evaluación crítica de los resultados.

En cuanto a estos, los agricultores brindaron una serie de sugerencias sobre las prácticas regenerativas, las cuales se detallan en la **tabla 9**.

Tabla 9: Resultados discutidos por agricultores del estudio realizado por mediante evaluación visual.

Granja	Manejo	Observaciones del manual de campo	Metas de Mejora	¿Cómo podemos lograrlo? Sugerencias
Reg 1	Labrado 2–3 veces/año. Franjas de vegetación de 2m de ancho entre líneas de almendros	Debajo de las franjas de vegetación hay más raíces, la estructura del suelo es mejor y está vivo	Incluir coberturas de suelo con leguminosas y cereales, y mejorar su manejo	Integrar ovejas para pastoreo. Probar y experimentar con diferentes coberturas de suelo y herramientas agrícolas

				(rodillo crimper, arado de cincel, cortacésped...)
Reg 2	Labrado dos veces al año. Abono verde manejado con ovejas e incorporado al suelo. Adición de compost cada 2 años	En la parcela regenerativa la temperatura del suelo es más baja, la humedad es más alta y los árboles se ven mejor. En la parcela convencional, hay más escorrentía, más cárcavas y muchas hierbas rodadoras	Aumentar nutrientes, mejorar el rendimiento del cultivo y prevenir la erosión. Intentar aplicar coberturas de suelo	Aplicar compost o fertilizante orgánico anualmente. Aumentar la cobertura del suelo. Probar la no-labranza en septiembre en una parcela y traer ovejas para enriquecer el banco de semillas de plantas autóctonas
Reg 3	Labrado dos veces al año. Adición de compost	A primera vista, la parcela regenerativa se ve mejor, pero se debe verificar con el manual de campo	Aplicar un poco más de compost. Podar en noviembre para usarlo como mantillo	Se necesita más tiempo para hacer observaciones y obtener más resultados de análisis de suelo para ver cómo evolucionan las parcelas regenerativas
Reg 4	Labrado dos veces al año. Mezcla de abono verde de veza, veza de lentejas y cebada. Adición de fertilizantes orgánicos	Durante el verano los árboles se ven débiles debido a la falta de agua. Hay parches de suelo donde nunca crece la hierba	Mejorar la estructura del suelo, la porosidad del suelo y aumentar la materia orgánica del suelo	Cortar y usar abono verde para reducir continuamente el labrado en el tiempo. Intentar establecer coberturas naturales permanentes
Reg 6	Labrado 1-2 veces/año. Adición anual de compost y poda. Variedad de almendra Guara	En general, los resultados de calidad del suelo son un poco mejores que en la parcela convencional. Visualmente los almendros se ven mejor	Mantener más humedad en el suelo y labrar solo una vez al año. Prevenir la erosión	Usar terrazas de suelo. Continuar añadiendo compost y abono verde
Reg 8	Labrado dos veces al año. Poda recortada y compostas añadidas al suelo cada dos años	Se ha mejorado un poco, pero se necesita más materia orgánica para aumentar los nutrientes disponibles para los almendros	Seguir aplicando varias prácticas de AR para conocer cuál funciona mejor	Esperar resultados y observaciones futuras
Reg 10	Sin labranza y coberturas de suelo permanentes	La temperatura del suelo sigue siendo demasiado alta en campos regenerativos. Hay falta de nutrientes en el suelo	Reducir la temperatura del suelo e incrementar la fertilidad del suelo	Añadir compost y esparcirlo con un disco. Mantener toda la superficie del suelo cubierta

Fuente: Revista de estudios rurales (Soto et al., 2021)

Además de las observaciones realizadas por los agricultores, se realizaron mediciones los indicadores locales de calidad de suelo (LISQ), estos son 14 indicadores que variaron de 1 punto (baja calidad del suelo) a 3 puntos (alta calidad del suelo), entre agricultura regenerativa y convencional. La agricultura regenerativa tuvo un mejor desempeño que la agricultura convencional en todos los indicadores, excepto en el color de las hojas, que fue ligeramente mayor en la agricultura convencional. La puntuación media fue de 1,8 para la agricultura regenerativa y 1.5 para la agricultura convencional, lo que se traduce en una diferencia relativamente pequeña, esto se puede observar en la **figura 10**.

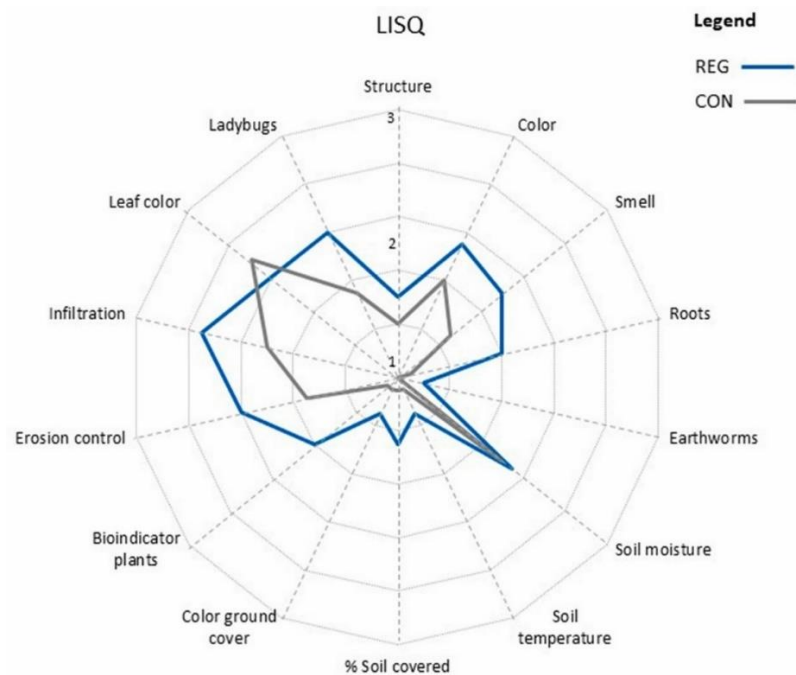


Figura 10: La imagen muestra los resultados de la evaluación visual del suelo y los impactos de la agricultura regenerativa en los 14 LISQ (Soto et al., 2021).

A partir del estudio se concluye que la agricultura regenerativa tiene un gran potencial para restaurar ecosistemas degradados de las zonas secas del Mediterráneo, sin embargo, aún está lejos de ser óptima, por lo que se debe seguir trabajando en la determinación del conjunto de mejores prácticas regenerativas para la zona.

Aun cuando los resultados no fueron los ideales, si se encontraron mayores diferencias entre los campos regenerativos y convencionales para varios indicadores importantes de la calidad del suelo como por ejemplo, carbono orgánico del suelo, contenido de nitrógeno del suelo, tasas de respiración microbiana, entre otros.

En base a este estudio, se destaca la necesidad de apoyo continuo y adaptaciones en las prácticas para lograr maximizar su efectividad, además, se plantea la relevancia de proporcionar plataformas para el intercambio de experiencias y apoyo en el proceso de investigación que permitan mejorar y agilizar el aprendizaje de los agricultores.

Cabe destacar que la integración de agricultores en el diseño y evaluación de proyectos de investigación asegura transiciones más eficientes y sostenibles hacia sistemas agrícolas regenerativos, lo que resulta crucial para asegurar la adopción eficiente de prácticas agrícolas sostenibles a largo plazo.

5.3 Resumen de las prácticas de agricultura regenerativa de los casos de estudio

A partir de los casos de estudio recolectados anteriormente se realiza un resumen de las practicas mostrando la actividad a desarrollar y los resultados que se obtuvieron en cada país y cultivo donde se implementó, esto se detalla en la **tabla 10**.

Tabla 10: *Resumen de todas las prácticas analizadas que poseen similitudes con las condiciones de agricultura actuales del país.*

Práctica	Descripción	País	Cultivos	Efecto	Resultados
Agroforestería	Plantación de árboles o arbustos perennes junto a cultivos	2			Mejora las reservas de COS en el suelo
		Indonesia	cacao	positivo	Con árboles frutales de rambután y se obtuvo un 6% de COS más alto

		Indonesia	maíz	positivo	Con café se obtuvo una mejora de 90 a 94 Mg C ha ⁻¹
Fertilizante de biocarbón	Aplicación de fertilizante hecho de carbón vegetal que se obtiene a partir de residuos orgánicos que han sufrido pirólisis	10			Reducción de las emisiones de CH ₄ y aumento de CO ₂ en el suelo (de 15 a 20%)
		Laos, Tailandia y Vietnam	maíz	positivo	Todos los terrenos reportaron un aumento en el carbono orgánico del 7.2% al 52.4%
		Tailandia	arroz	positivo	Se obtuvo una reducción de CH ₄ por 35,545 toneladas al año
		Vietnam	arroz	positivo	Los residuos se queman y se transforman en biocarbón para su aplicación. Reducción de CH ₄ en 26% (primavera) y 14% (verano).
		Vietnam	arroz	positivo / negativo	Aumenta las emisiones de CH ₄ (108 a 104 kg ha ⁻¹), pero disminuyó N ₂ O (0,31 a 0,27 kg ha ⁻¹)
		Vietnam	maíz	positivo	Aumenta el carbono en el suelo de 9,41 a 39,3 mg C kg ⁻¹ soil
		Malasia	maíz	positivo	Aumenta el carbono de 5.83 a 9.39 g C kg ⁻¹ soil
		Tailandia	arroz	positivo	Reducción de emisiones de CH ₄ en 38.2% (temporada húmeda) y 40.5% (temporada seca)
		Tailandia	arroz	positivo	Se reduce de 692 a 467 kg C ha ⁻¹
		Tailandia	arroz	positivo	Reducción en emisiones acumuladas de CH ₄ y la intensidad de CH ₄ en las primeras y segundas temporadas de cultivo.
		Vietnam	arroz	positivo	Reducción de las emisiones de CH ₄ tanto en verano como en primavera
Compost	Aplicación de fertilizante hecho de una mezcla de materia orgánica que ha sufrido descomposición	12			Aumenta el COS, sin embargo, en muchos estudios también condujo a un aumento de CH ₄
		Filipinas	arroz	negativo	La adición de compost de paja de arroz aumentó la emisión de CH ₄ solo en un 23-30% en comparación con el 162-250% de aumento en las emisiones con el uso de paja de arroz fresca.
		Laos, Tailandia	maíz	positivo	Todos los parcelas con biocarbón reportaron mayor carbono orgánico del 5.5 al 35.3%
		Tailandia	maíz	negativo	Aumenta el carbono en el suelo, pero incrementaron las emisiones de CH ₄ , N ₂ O y CO ₂ .

	Tailandia	arroz	positivo	Reducción de las emisiones de CH4 por 34,825 toneladas al año	
	Vietnam	indefinido	positivo	Aumenta el carbono en el suelo en un 2,1%. Si se incorporan lombrices en la tierra se tienen resultados similares	
	Malasia	aceite de palma	positivo	Aumenta el carbono en el suelo de 2,58 a 3,36%, utilizando 50-100 kg de palma al año con fertilizantes	
	Indonesia	indefinido	positivo	Aumenta el SOC en 1,1%	
	Vietnam	indefinido	positivo	Utilizando solo vermicompost se obtiene un aumento de 9.41 a 25.36 mg C g soil-1	
	Tailandia	arroz	positivo	Al utilizar compost más fertilizante sintético se obtiene un aumento de un 0,5% a 1,26% de carbono en el suelo	
	Vietnam	arroz	positivo / negativo	Aumenta el carbono en el suelo, sin embargo también aumentó las emisiones de CH4	
	Vietnam	indefinido	negativo	Aumenta las emisiones de CH4 de 170 a 290 kg CH4 ha-1 estación-1	
	Myanmar	arroz	positivo / negativo	Aumenta el carbono en el suelo, sin embargo también aumentó las emisiones de CH4	
	California	hortalizas / suelos arenosos arcillosos	concluye nte	Aumenta las reservas medias de COS en un promedio de 9,4 Mg ha -1 durante seis años	
Cultivos de cobertura	Son plantas sembradas con el propósito de cubrir el suelo, normalmente están en barbecho			4	Aumenta las reservas de COS en el suelo, se obtiene un aumento de 15,5% a nivel global y un 12% en tierras de cultivo templadas
	Indonesia	vegetales	positivo	Con el cultivo de cobertura Calliandra calothyrsus (una pequeña leguminosa), aumenta el contenido de carbono del suelo en aproximadamente 70 gC kg de suelo -1	
	Laos	maíz	positivo	El carbono total del suelo aumenta en un 16% con una variedad de cultivos de cobertura	
	Camboya	legumbres (soja)	positivo	Las reservas de carbono aumentaron 2,6 veces en las tierras de cultivo que plantaban stylo (Stylosanthes guianensis) y mijo grande (Sorghum bicolor) como cultivos de cobertura	
	Filipinas	arroz	positivo	Aumenta el carbono en el suelo de 1 a 1,3 g C kg soil-1	
	California	maíz, tomate y trigo	negativo	Se obtiene una disminución neta de las reservas de carbono del suelo, pérdidas generales de carbono en el suelo de 13,4 Mg C ha-1	

Rotación de cultivos	Implica sembrar diferentes plantas a lo largo del tiempo en la misma zona	8			En general se obtienen resultados positivos sobre el aumento de carbono en el suelo
		Indonesia	fruta	positivo	Se rotó con piña-yuca/king grass y se obtuvo un aumento de SOC DE 9,99 A 1,39%
		Camboya	arroz	positivo	Si se realiza una rotación bianual con maíz se aumenta de 15,6 a 17,2 POX-C Mg ha-1
		Camboya	arroz	positivo	Si se realiza una rotación bianual con maíz aumenta el carbono del suelo
		Filipinas	arroz	positivo	Si se realiza una rotación con maíz disminuye el CH4
		Filipinas	maíz	negativo	Se rotó con sésamo o maíz, fueron rotaciones bianuales y de triple cultivo (maíz-legumbres-leguminosas). Sin embargo, por la labranza se disminuyó el COS del suelo en 0,3%
		Camboya	maíz	positivo	Si se realiza una rotación bianual con legumbres aumenta el carbono del suelo de 271 a 762 mg C kg soil-1
		Vietnam	maíz	positivo	Si se rota con arroz aumenta el carbono en el suelo de 60 a 62-76 t C ha-1
Variedad de semillas mejorada	Implica plantar semillas mejoradas, más resistentes	3			Mediante la rotación de cultivos con legumbres como frijoles, guisantes, soja, alfalfa, arveja, etc. Se obtienen beneficios en subsidios por parte del gobierno, disminuye las emisiones GEI, además, la demanda de legumbres en Reino Unido ha aumentado en un 40% (cambios en el comportamiento del consumidor) lo que implica un incentivo económico para usar legumbres
		Filipinas	indefinido	positivo	Mejora el rendimiento de los cultivos y/o resistencia a las condiciones climáticas extremas. Además de una disminución en las emisiones de CH4
		Filipinas	indefinido	positivo	Se redujeron las emisiones de CH4 en un 18%
		Myanmar	indefinido	positivo / negativo	Se redujeron las emisiones de CH4 de 8 a 4-7 kgCH4 ha-1
Fertilizante de estiércol	Aplicación de fertilizante de estiércol animal	14			Se redujeron las emisiones de CH4 de 1 a 0,7 kgCH4 ha-1, sin embargo, aumento la emisión de N2O de 2,5 a 2,6 N2O kg suelo-1
		Indonesia	maíz	positivo	Aumenta el COS en el suelo, sin embargo, también puede aumentar las emisiones de gases de efecto invernadero
					Se obtuvo un aumento en el contenido de carbono orgánico del suelo

		Tailandia	arroz	positivo	Aumenta el carbono en el suelo de 3,76 a 53,13 Mg C ha ⁻¹
		Filipinas	indefinido	positivo	Disminuye las emisiones de CH ₄ de 11,25 a 10,71 kg CH ₄ por ton de rendimiento
		Tailandia	maíz	positivo / negativo	Aumenta el carbono en el suelo, para el año 3 de 10,2 a 13,3 Mg C ha ⁻¹ , sin embargo, aumentaron las emisiones de CO ₂
		Indonesia	arroz	positivo	Aumenta el carbono en el suelo de 1,09 a 1,21 kg C m ⁻² en 10 años
		Tailandia	arroz	positivo	Aumenta el carbono de 0,51 a 0,9 kg C mesocosms ⁻¹
		Tailandia	arroz	positivo	Aumenta de 2,74 a 5,79 g C kg ⁻¹ en 9 años usando compost
		Vietnam	arroz	negativo	Aumentaron las emisiones de CH ₄ y N ₂ O
		Tailandia	arroz	negativo	Aumentaron las emisiones de CH ₄ , N ₂ O y CO ₂
		Tailandia	arroz	negativo	Aumenta las emisiones de CH ₄ de 209 a 300 mg CH ₄ m ⁻² día ⁻¹
		Tailandia	arroz	negativo	Disminuye el carbono en el suelo
		Camboya	arroz	negativo	Aumentan las emisiones de CH ₄ de 45,71 a 151,43 mg CH ₄ m ⁻² día ⁻¹
		Vietnam	indefinido	negativo	Aumentan las emisiones de CH ₄
		Myanmar	arroz	positivo	Disminuyen las emisiones de CH ₄ a N ₂ O, con fertilizante sintético se emiten 0.893 g CH ₄ kg ⁻¹ soil, 3.218 N ₂ O mg kg ⁻¹ soil estiércol de vaca emiten 0.808 g CH ₄ kg ⁻¹ soil, 2.135 N ₂ O mg kg ⁻¹ soil
Agricultura orgánica	Conjunto de prácticas que buscan reducir o evitar el uso de productos químicos sintéticos	3			Aumenta el COS del suelo, sin embargo, también puede producir mayores emisiones de CH ₄ dependiendo de las condiciones climáticas
		Tailandia	arroz	positivo / negativo	Aumentan las emisiones de CH ₄ (2876.8 a 2932.2 kg CO ₂ eq ha ⁻¹ año ⁻¹) y se reducen las emisiones de N ₂ O (256,8 a 122,5 kg CO ₂ eq ha ⁻¹ año ⁻¹)
		Malasia	arroz	positivo	Se reducen las emisiones de CH ₄ , N ₂ O y CO ₂ . convencional (CH ₄ :65.32 kg, CO ₂ :296.61 kg, N ₂ O :95.77 kg) a orgánica (CH ₄ :20.56 kg, CO ₂ :113.54 kg, N ₂ O: 6.42kg)
		Tailandia	arroz	negativo	Disminuye el carbono del suelo
		Suiza y los Países Bajos	indefinido	positivo	Se reducen las emisiones de gases de efecto invernadero en un 18% y un mayor secuestro de carbono en el suelo a través de prácticas de agricultura orgánica como evitar el uso de fertilizantes sintéticos, la rotación de cultivos

con leguminosas, la conservación labranza y devolución de residuos de cultivos.

Gestión de residuos	Implica un cambio en el manejo de los residuos de cultivos al devolverlos al suelo en lugar de eliminarlos	USA	indefinido	positivo	Con cada aumento del 1% de la superficie cultivada orgánicamente se reducen las emisiones en un 0,049% utilizando estudios en los EE. UU.
		10			Puede reponer la materia orgánica del suelo y aumentar el COS, sin embargo, puede aumentar los gases de efecto invernadero procedentes de la descomposición de los residuos
		Tailandia	arroz	positivo	Se reducen las emisiones de CH ₄ si se utiliza paja fresca se emiten 619 kg CH ₄ ha ⁻¹ y con paja quemada 69 kg CH ₄ ha ⁻¹
		Filipinas	arroz, maíz	negativo	Aumentaron las emisiones de CH ₄ y N ₂ O
		Filipinas	arroz	negativo	Aumentaron las emisiones de CH ₄ y N ₂ O
		Indonesia	indefinido	positivo	Sin especificaciones en los resultados
		Tailandia	arroz	positivo	Aumenta el carbono en el suelo de 3,40 a 4,44 mg C / g soil
		Filipinas	arroz	positivo / negativo	Aumentan las emisiones de CH ₄ de 73.8 a 143 kg CH ₄ ha ⁻¹ , sin embargo, disminuyen las emisiones de N ₂ O de 2,7 a 1,1 kg ha ⁻¹
		Tailandia	arroz	negativo	Las emisiones de CH ₄ aumentaron en un factor de 2,5
		Camboya	arroz	positivo	Disminuyen las emisiones de CH ₄ de 192.783 a 75.771 ton CH ₄
Cultivo migratorio y barbecho	Implica cambiar el área de cultivo y permitir que el área actualmente utilizada se reponga con nutrientes dejando en barbecho	Filipinas	arroz	positivo	Disminuye la emisión de carbono de 420 a 178 kh CH ₄ ha ⁻¹
		Filipinas	arroz	negativo	El flujo de metano de las parcelas tratadas con paja de arroz es 34 veces mayor que el de las parcelas tratadas sólo con urea
		3			Aumenta el COS en el suelo, ya que dan más tiempo para que el suelo pueda regenerarse, en todos los estudios analizados se identificaron mejoras. Puede aumentar los niveles de carbono del suelo en un 32% con respecto a los niveles previos a la conversión Tienen un contenido de carbono orgánico en el suelo significativamente mayor que las parcelas manejadas convencionalmente (30 a 55 g C kg soil ⁻¹)
		Indonesia	vegetales	positivo	
		Indonesia	aceite de palma	positivo	Las parcelas que estaban en barbecho continuo tenían una reserva media de COS más alta (~38 Mg C ha ⁻¹) que las parcelas

utilizadas para plantaciones de palma
aceitera (~32 Mg C ha⁻¹)

Reducción de labranza	Implica un cambio de régimen de labranza a uno de conservación, es decir, reducido o nulo	Tailandia	arroz	positivo	Aumenta el carbono en el suelo
		10			Aumenta el COS los primeros años y existe un aumento constante de COS en largos periodos
		Tailandia	maíz, fresa	positivo	Aumenta el carbono en el suelo de 37,58 a 61,14 Mg C ha ⁻¹
		Camboya	arroz, soja, yuca	positivo	Aumenta el carbono en el suelo de 10,6 a 11,8-12,3 Mg C ha ⁻¹
		Camboya	arroz, soja, yuca	positivo	Aumenta el carbono en el suelo de 15,6 a 16,3-17,2 Mg C ha ⁻¹
		Camboya	arroz, legumbres, yuca	positivo	Aumenta el carbono en el suelo de 17,7 a 18,4-19,9 Mg C ha ⁻¹
		Laos	arroz, maíz, legumbres	positivo	Aumenta el carbono en el suelo de 31,4 a 35,1-36,5 Mg C ha ⁻¹
		Tailandia	maíz	positivo	El stock de COS fue mayor en las parcelas con labranza cero en 0,6 Mg C ha ⁻¹
		Tailandia	arroz	negativo	Disminuyó el carbono en el suelo de 8,3 a 8,01 g C kg soil ⁻¹
		Indonesia y Malasia	aceite de palma	positivo / negativo	El CO ₂ acumulado es menor en la parcela de labranza (7638 ± 139 kg C ha ⁻¹ período-1) que en la parcela de labranza cero (9002 ± 467 kg C ha ⁻¹ período -1) en Simunjan, pero se observó lo contrario en Tunggal y Tatau
Conjunto de prácticas (en cultivos herbáceos)	Implica no usar pesticidas sintéticos, no usar fertilizantes minerales (usar estiércol), minimizar o eliminar labranza, cultivos de captura, residuos de cultivos y riego por aspersión	Indonesia	legumbres (soja)	positivo	Se consideraron los resultados de 0 a 120 cm, donde la labranza intensiva tuvo un menor contenido de COS que los otros 2 régimenes de labranza
		1			En general se lograron reducir costos, aumentar la materia orgánica del suelo, y disminuir el uso de combustible diésel. Sin embargo, esto generó un aumento en la mano de obra y una disminución en el rendimiento de los cultivos
		Países Bajos	alfalfa	positivo / negativo	Los costos de cultivo se redujeron de 471 a 398 euros por ha ⁻¹ . El rendimiento en fresco y en materia seca disminuyó de 50.000 a 42.857 kg FM ha ⁻¹ y 10.000 a 8571 kg MS ha ⁻¹

Países Bajos	remolacha	positivo / negativo	Se selecciona como cultivo de cobertura la mostaza amarilla. La cantidad de materia orgánica en el suelo aumentó de 600 a 1406 kg EOM ha-1. El uso de diésel aumentó, de 119 a 145 L ha-1. Los costos de cultivo disminuyen de 2015 a 2003 euros ha-1. La mano de obra aumenta de 26 a 61 h ha-1. Disminuyó el rendimiento fresco y de materia seca de 100.000 a 66.500 kg FM ha-1 y 21.800 a 14.497 kg MS ha-1
Países Bajos	alubia roja	positivo	Se seleccionó como cultivo de cobertura la mostaza amarilla. La cantidad de materia orgánica en el suelo aumentó de 170 a 868.5 kg EOM ha-1. El uso de diésel aumentó, de 95 a 155 L ha-1. Los costos de cultivo disminuyen de 1302 a 1210 euros ha-1. La mano de obra aumenta de 15 a 31 h ha-1. Disminuyó el rendimiento fresco de 2250 a 2031 kg FM ha-1, sin embargo, aumento el rendimiento de materia seca de 830 a 1792 kg MS ha-1
Países Bajos	achicoria	positivo / negativo	El uso de diésel aumenta, de 119 a 151 L ha-1. Los costos de cultivo disminuyen de 1955 a 1493 euros ha-1. La mano de obra aumenta de 28 a 44 h ha-1. Disminuyó el rendimiento fresco y de materia seca de 45.000 a 34.200 kg FM ha-1 y 9.000 a 6.840 kg MS ha-1
Países Bajos	papa	positivo / negativo	Se seleccionó como cultivo de cobertura la mostaza amarilla. La cantidad de materia orgánica en el suelo aumentó de 875 a 1355 kg EOM ha-1. El uso de diésel disminuye, de 265 a 231 L ha-1. Los costos de cultivo disminuyen de 3918 a 3309 euros ha-1. Disminuyó el rendimiento fresco y de materia seca de 40.000 a 30.264 kg FM ha-1 y 7.368 a 5.575 kg MS ha-1
Países Bajos	trigo	positivo / negativo	Se seleccionó como cultivo de cobertura la mostaza amarilla. La cantidad de materia orgánica en el suelo aumentó de 2514 a 3504 kg EOM ha-1. El uso de diésel disminuye, de 170 a 135 L ha-1. Los costos de cultivo disminuyen de 1010 a 616 euros ha-1. La mano de obra aumenta de 14 a 17 h ha-1. Disminuyó el rendimiento fresco y de materia seca de 10.000 a 8.427 kg FM ha-1 y 8.680 a 7.315 kg MS ha-1

Conjunto de prácticas (explotación lechera)	Implica no usar pesticidas sintéticos, praderas ricas en especies, estiércol de pastos y estiércol sólido	1				En general aumenta la fijación del nitrógeno en el suelo, disminuye la materia orgánica del suelo y se reduce el uso de diésel
		Países Bajos	pastoreo de animales y corte de hierva	positivo		Aumenta la fijación del nitrógeno en el suelo de 0 a 172 kg N ha ⁻¹ año ⁻¹ . Disminuye la materia orgánica del suelo de 2000 a 1540 kg ha ⁻¹ año ⁻¹ . Se reduce el uso de diésel 150 a 143 euro por ha ⁻¹ . El precio de materia fresca de ensilado de pasto aumenta de 0,062 a 0,067 euros kg ⁻¹ . Aumenta el contenido de nitrógeno del paso y el ensilado de pasto de 2,78 a 3,06 y 2,48 a 2,73 g 100g MS ⁻¹
		Países Bajos	corte de hierva	positivo		Aumenta la fijación de nitrógeno en el suelo o a 172 kg N ha ⁻¹ año ⁻¹ . Disminuye la materia orgánica del suelo de 2000 a 1540 kg ha ⁻¹ año ⁻¹ . Se reduce el uso de diésel 178 a 169 euros por ha ⁻¹ . Aumenta el trabajo regular de 21 a 25 h ha ⁻¹ yr ⁻¹ . Aumenta el nitrógeno en el suelo de 2,48 a 2,73 g 100g MS ⁻¹
Conjunto de prácticas (explotación mixta)		1				
Explotación lechera	Se incrementa la proporción de leguminosas, con elevado uso de agua, uso nulo o mínimo de pesticidas y fertilizantes					Disminuye el uso de diésel, aumenta la fijación del nitrógeno en el suelo, aumenta el precio de venta y el rendimiento. Sin embargo, a su vez aumenta el trabajo regular
		Países Bajos	pastoreo de animales y corte de hierva	positivo		Disminuye el uso de diésel de 150 a 143 L ha ⁻¹ . Aumenta la mano de obra de 25 a 30 h ha ⁻¹ yr ⁻¹ . El precio de materia fresca de ensilado de pasto aumenta de 0,062 a 0,067 euros kg ⁻¹ . El rendimiento en fresco es mejor pasa de 31.193 a 40.488 kg FM ha ⁻¹ para los pastizales. El rendimiento en seco 5.084 a 5.466 para los pastizales y 4.621 a 4.968 kg MS ha ⁻¹ para las praderas. Aumenta el nitrógeno
		Países Bajos	corte de hierva	positivo		Aumenta la fijación de nitrógeno en el suelo o a 190 kg N ha ⁻¹ año ⁻¹ . Se reduce el uso de diésel 178 a 169 euros por ha ⁻¹ . Aumenta el trabajo regular de 30 a 35 h ha ⁻¹ yr ⁻¹ . Aumenta el nitrógeno en el suelo de 2,48 a 2,73 g 100g MS ⁻¹

Cultivos herbáceos	Se devuelven los residuos de los cultivos al campo, se utilizan cultivos forrajeros, se aplica estiércol, no se utilizan plaguicidas ni fertilizantes.			Disminuye el uso de diésel, aumenta la fijación del nitrógeno en el suelo, disminuye el rendimiento y aumenta el trabajo regular
	Países Bajos	remolacha	positivo	Se selecciono como cultivo de cobertura la mostaza amarilla. Aumentó la materia orgánica del suelo de 375 a 1775 kg EOM ha-1. Aumentaron las subvenciones de 1621 a 1946 euros por ha-1. Aumenta la mano de obra de 30 a 91 h ha-1. El rendimiento de materia fresca y seca disminuye de 101.987 a 86.689 kg FM ha-1 y 15.400 a 13.090 kg MS ha-1
	Países Bajos	trigo (grano)	positivo / negativo	Se selecciono como cultivo de cobertura la mostaza amarilla. Aumentó la materia orgánica del suelo de 990 a 2515 kg EOM ha-1. Disminuyeron las subvenciones de 1329 a 1209 euros por ha-1. El rendimiento de materia fresca y seca disminuye de 14.107 a 11.850 kg FM ha-1 y 8.500 a 7.140 kg MS ha-1
	Países Bajos	trigo (paja)	negativo	El rendimiento de materia fresca y seca disminuye de 7.945 a 6.674 kg FM ha-1 y 4.000 a 3.360 kg MS ha-1
	Países Bajos	maíz	positivo / negativo	Aumentaron las subvenciones de 1579 a 1801 euros por ha-1. Aumenta la mano de obra de 37 a 107 h ha-1
	Países Bajos	cebada	positivo	Se reduce el uso de combustible diésel de 124 a 76 L ha-1. Aumentaron las subvenciones de 1420 a 2293 euros por ha-1
	Países Bajos	alfalfa	negativo	Disminuyen las subvenciones de 422 a 291 euros por ha-1. El rendimiento de materia fresca y seca disminuye de 43.274 a 37.092 kg FM ha-1 y 12.376 a 10.608 kg MS ha-1
Biofertilizante de fósforo	1			El rendimiento de maíz aumentó en un promedio de 15,3% después de la biofertilización en condiciones de experimento de campo. Aumenta la conductividad hidráulica de las raíces lo que facilita la absorción del agua
	Polonia	maíz	positivo / negativo	Si se utiliza un control sin enriquecimiento (FC) el rendimiento del maíz pasa de 13,53 a 14,18 ton ha-1 en un año. Y el contenido de fósforo en el suelo disminuye de 4,37 a 3,97 mg 100 g-1

	Polonia	maíz	positivo	Si se utiliza una dosis óptima de fertilizante con microorganismos beneficiosos (FA100) el rendimiento del maíz aumenta de 12,42 a 14,78 ton ha-1. Y el contenido de fósforo en el suelo disminuye de 5,47 a 5,33 mg 100 g-1
	Polonia	maíz	positivo / negativo	Si se utiliza una dosis de fertilizante 40% por debajo del nivel óptimo (FA60) el rendimiento aumenta de 13,6 a 13,9 ton ha-1. Y el contenido de fósforo en el suelo disminuye de 5,9 a 4,03 mg 100 g-1
Fertilizantes	1			En general si se utiliza biofertilizante los GEI aumentan en 136%, si se utiliza estiércol aumentan en 171%, si se utiliza fertilizante y biocarbón se reducen en 40% y si se utiliza solo biocarbón se reducen en 144%
	Mundial	trigo	positivo	Si se utiliza biofertilizante de biocarbón se reduce en 139% el potencial de calentamiento global acumulado. Y si se agrega fertilizante más biocarbón un 25%
	Mundial	maíz	positivo	Si se utiliza biofertilizante de biocarbón se reduce en 111% el potencial de calentamiento global acumulado. Y si se agrega fertilizante más biocarbón un 58%
	Mundial	arroz	negativo	Si se utiliza fertilizante inorgánico aumenta el potencial de calentamiento global acumulado en 202%
	Mundial	barbecho	positivo	Si se utiliza biofertilizante de biocarbón se reduce en 15% el potencial de calentamiento global acumulado. Y si se agrega fertilizante inorgánico aumenta en un 58%

Fuente: Elaboración propia

**Disclaimer: En este resumen se excluyen las investigaciones que obtuvieron resultados inconclusos, debido a su limitada relevancia cuantitativa para la elección de las mejores prácticas regenerativas.*

5.4 Análisis de los efectos ambientales en los estudios seleccionados de agricultura regenerativa

A partir de los estudios seleccionados se pueden analizar los principales impactos de las prácticas de agricultura regenerativa en el medioambiente.

Los resultados de las investigaciones son variados y dependen en gran medida de factores de cultivo, tipo de clima, tipo de suelo, entre otros. Sin embargo, se obtienen algunos resultados generales que contribuyen principalmente a la restauración de los suelos de cultivo y la retención de CO₂ o CH₄, lo que trae consigo beneficios como, una mayor retención de agua y disminución de la emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera, algunos de los principales efectos se presentan en la **tabla 11**.

Tabla 11: Resumen de los impactos medioambientales que tienen las prácticas analizadas.

Prácticas	Beneficios	Riesgos
Cultivos de cobertura del suelo	Mejora la retención del carbono (COS) en el suelo, se obtiene un aumento de 15,5% a nivel global y un 12% en tierras de cultivo templadas. Ayuda a enfrentar condiciones climáticas extremas	
Adición de compost y estiércol	Aumenta el COS en el suelo	Aumenta las emisiones de gases de efecto invernadero (CH ₄)
Fertilizante de biocarbón	Disminuye las emisiones de N ₂ O, CH ₄ , y CO ₂ , en un 52%, 25% y 29% respectivamente	No impacta positivamente en cultivos de arroz
Rotación de cultivos	Aumenta la retención del carbono (COS) en el suelo	
Incorporación de residuos de cultivo	Aumenta y repone la materia orgánica del suelo. Aumenta el COS en el suelo. Protege el suelo de la erosión	Puede aumentar los gases de efecto invernadero debido a la descomposición de residuos
Reducción de labranza	En periodos de largo plazo, aumenta constantemente el COS del suelo	Infestaciones de malezas
Leguminosas dentro de rotación de cultivos	Mejora la fertilidad del suelo. Permite el control de plagas. Reduce el uso de fertilizante orgánico o mineral. Tiene la capacidad de fijar nitrógeno del aire al suelo.	Disminución de periodos para cosechas
Eliminación de pesticidas sintéticos	En países templados aumenta el COS del suelo	Mayor incidencia de plagas y enfermedades
Fertilizante de fósforo	Aumenta el fósforo en el suelo, lo que facilita la absorción del agua y mitiga efectos del estrés por sequía	

Mayor duración de barbecho	Aumenta el contenido de COS en el suelo. Puede aumentar los niveles de carbono en un 32% con respecto a los niveles previos a la conversión	Disminución de periodos para cosechas
----------------------------	---	---------------------------------------

Fuente: Elaboración propia

En base a los resultados presentados anteriormente es posible asegurar que la implementación de las prácticas de agricultura regenerativa, impactan en mayor medida de forma positiva al medioambiente y particularmente en la restauración de los suelos, lo que en el largo plazo ayuda a mejorar factores como la retención del agua, mejora en la productividad de los cultivos y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Sin embargo, se deben tener en cuenta los riesgos asociados a las prácticas que se deseen implementar, con el fin de poder mitigar o reducir su impacto.

5.5 Análisis del posible impacto económico de la agricultura regenerativa como medida remediadora de la crisis ambiental

Por otro lado, para complementar los resultados obtenidos de la implementación de las prácticas, se decide realizar un análisis económico sobre el impacto de la agricultura regenerativa en Chile, con el objetivo de explorar distintas dimensiones clave que influyan en el progreso y desarrollo del país tanto en el corto como en el largo plazo.

Este análisis busca abordar aspectos macroeconómicos y sectoriales, como las inversiones y costos, los incentivos y políticas gubernamentales, además del impacto en el mercado y las preferencias de los consumidores.

Para estudiar el posible impacto de la agricultura regenerativa en el país, primero es relevante analizar cómo puede influir en la economía a nivel país. En general, se han buscado formas de gestionar y reducir el aumento de la deuda externa y vincularla con proyectos de mitigación y adaptación al cambio climático, es por esto que se han implementado mecanismos

financieros como “Debt of Climate Swaps”, que permiten a los países intercambiar deuda por acciones climáticas (Hebbale y Urpelainen, 2023).

Este mecanismo funciona de la siguiente manera, un país endeudado negocia con sus acreedores (países, bancos internacionales o instituciones financieras), para intercambiar parte de su deuda por compromisos concretos de inversión en proyectos de mitigación del cambio climático o que promuevan la sostenibilidad. Para implementar estos acuerdos se requiere tener un impacto significativo en la sostenibilidad ambiental, y establecer mecanismos de seguimiento y evaluación que aseguren el uso eficiente de los recursos.

Con esto, el país deudor logra reducir su deuda, aliviando sus finanzas públicas, y además puede mejorar su resiliencia al cambio climático. Por otro lado, el acreedor obtiene beneficios de responsabilidad social y ambiental, además, a largo plazo el deudor se vuelve más confiable.

En particular Chile alcanzó los 111 millones de dólares de deuda bruta en diciembre de 2023, lo cual representa cerca del 40% del PIB nacional (**Figura 11**). Este porcentaje incrementó con respecto al trimestre anterior que representaba un 36,4%, lo que indica un aumento de carga de deuda en relación a la economía del país.

En base a lo anterior, una buena alternativa para disminuir la deuda a nivel país que ha ido en constante aumento durante los últimos años, es mediante la aplicación de mecanismos financieros como “Debt of Climate Swaps”, que no solo impactarían económicamente, brindando una mayor estabilidad macroeconómica, sino también mejoraría el impacto medioambiental de las actividades industriales del país.

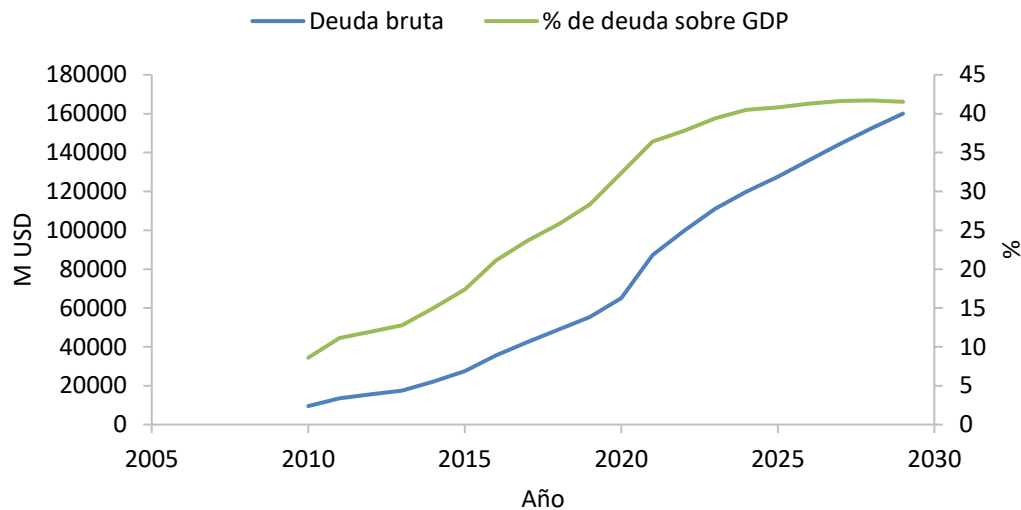


Figura 11: El gráfico muestra el crecimiento de la deuda bruta de Chile desde el 2010 al 2023 y su proyección hasta el año 2029 (IMF, s.f.).

Por otro lado, se realiza un análisis desde una mirada sectorial, es decir, cuál es el posible impacto económico que tendría la aplicación de medidas sustentables como la agricultura regenerativa en los agricultores y las empresas agrícolas.

Con respecto los costos que enfrentan los agricultores, a partir de las investigaciones analizadas se observa que, en el corto plazo algunos de sus costos operativos aumentan debido a un incremento en las horas de trabajo requeridas para iniciar la implementación de las prácticas de agricultura regenerativa. Sin embargo, estos costos se ven compensados debido a una reducción en el uso de insumos químicos, como fertilizantes y pesticidas. En el largo plazo este ahorro en los insumos conduce a una disminución de costos operativos generales lo que hace que la implementación de estas prácticas resulte mayoritariamente favorable y sostenible.

Además, se deben considerar los factores externos del mercado que impulsan a un mayor consumo de productos elaborados de manera sostenible. Las preferencias y motivaciones de los

consumidores han experimentado transformaciones importantes en los últimos años, destacándose un creciente interés por el cuidado del medioambiente.

En estudios recientes se reafirma la creciente conciencia ambiental de los consumidores y su preferencia por productos sostenibles. El estudio que realizó McKinsey y NielsenIQ, revela que los productos con afirmaciones relacionadas a las sostenibilidad (ESG) han crecido en un 28% en los últimos 5 años y los productos no sostenibles han crecido en 20%. Este estudio además señala que estos productos no solo logran atraer a un segmento de consumidores más responsables con el medioambiente, sino que también logran un crecimiento sustancial en ventas frente a productos convencionales (McKinsey y NielsenIQ, 2023).

El estudio que realizó Euromonitor muestra que un 64% de los consumidores globales esta preocupados por el cambio climático y gran parte de ellos están dispuestos a pagar más por productos que son percibidos como sostenibles. Lo que concluye que actualmente las decisiones de compra son en una medida impulsadas por la creciente conciencia ambiental entre los consumidores a nivel mundial (Zúñiga, 2023).

Además, un estudio realizado por MDPI, destaca que los consumidores valoran positivamente los productos agrícolas que promueven prácticas sostenibles y están dispuestos a pagar un precio superior por estos productos. Los consumidores también valoran la promoción de la ciencia en la sostenibilidad, establecimiento de mediciones concretas y comunicación de prácticas sostenibles con los consumidores y con las industrias (Yue et al., 2020).

En base a los estudios se puede observar que existe una clara tendencia al crecimiento de la demanda de productos sostenibles, y a una aceptación por parte de los consumidores a pagar un precio superior.

En cuanto al precio adicional que los consumidores están dispuestos a pagar por productos agrícolas sostenibles se han encontrado diferencias. En un estudio realizado por PwC se obtiene que los consumidores están dispuestos a gastar un 9,7% más en productos obtenidos de manera sostenible, esto se debe principalmente a que el 85% informaron haber experimentado efectos disruptivos en su vida diaria debido a efectos del cambio climático. La encuesta recopiló perspectivas de más de 20.000 consumidores de 31 países alrededor del mundo (PwC, 2024) .

Otro estudio realizado por LEK Consulting, indica que los consumidores de Estados Unidos están dispuestos a pagar entre un 30% y 40% más por productos alimenticios sostenibles, siempre que se comuniquen con transparencia sus mensajes de sostenibilidad (Walter, 2022).

Además, en otro estudio que realiza un análisis empírico basado en el Método de Valoración Contingente (CVM), se obtiene que los consumidores están dispuestos a pagar un 18,5% más para adquirir productos agrícolas con etiquetados como bajos en carbono (He, 2023).

Finalmente, Chile al igual que muchos otros países optan por implementar medidas sostenibles motivadas por una combinación de compromisos e influencias de organismos financieros internacionales.

En cuanto a los compromisos internacionales, el principal es el acuerdo de París, en el cual Chile se compromete a lograr ciertos objetivos de reducción de emisiones, en particular se compromete a alcanzar la carbono neutralidad para el 2050. Para lograrlo se implementan distintas reformas y políticas para reducir las emisiones que generan las industrias de energía, minería y agricultura.

Por otro lado, están las influencias de los organismos financieros internacionales como el Banco Mundial y el Fondo Monetario Internacional (FMI), quienes han apoyado proyectos que

fomentan la sostenibilidad en el país, vienen acompañados de un financiamiento condicionado a ciertas políticas y prácticas que cumplan con estándares internacionales.

Dado estos factores, Chile crea incentivos económicos con el fin de cumplir con los compromisos y mitigar el cambio climático. En particular, para la industria de la agricultura se tiene por objetivo mejorar la seguridad alimentaria, aumentar la viabilidad económica de largo plazo y promover la sustentabilidad de la agricultura reduciendo a la par sus emisiones de gases de efecto invernadero. Algunos de estos son mencionados en el punto [3.6](#).

Uno de los incentivos planteados anteriormente, puede asociarse directamente a algunas de las prácticas de agricultura regenerativa, este es el Programa de Recuperación de Suelos Degradados, el cual tiene por objetivo recuperar y mantener el potencial productivo de los suelos degradados. Los incentivos económicos del programa SIRSD-S para el 2024 incluyen bonificaciones estatales sobre los costos de diversas actividades agrícolas destinadas a la recuperación y mantenimiento de los suelos.

Los montos asociados a los incentivos varían según la duración del plan de manejo del suelo y la escala del proyecto. Para un plan de uno a tres años, los incentivos pueden llegar a 240 UTM, para planes de cuatro a cinco años, se tiene un límite de 320 UTM, y los pequeños productores pueden aplicar a una bonificación del 90% de los costos netos de las prácticas aprobadas en el plan de manejo (SAG, 2024).

Estas bonificaciones deben ser destinadas a implementar actividades como el uso de fertilizantes de base fosforada, corrección de acidez del suelo, establecimiento de cobertura vegetal en los suelos, rotación de cultivos, entre otros.

Algunas de estas actividades se alinean con las prácticas de agricultura regenerativa, lo

cual significa que al adoptar estas prácticas los agricultores o empresas agrícolas podrían acceder a los beneficios económicos que brindan estos incentivos gubernamentales.

A partir de la información recopilada anteriormente con respecto al entorno económico en el cual se encuentra inmersa la industria de la agricultura en Chile, y los estudios a nivel mundial de prácticas de agricultura regenerativa recopilados, se decide realizar un análisis del posible impacto económico que tendría implementar una de las prácticas de agricultura regenerativa en una empresa.

5.5.1 Análisis de evaluación económica de una práctica de agricultura regenerativa a través del Flujo de Caja Descontado

Para el presente análisis, es importante considerar que, si bien el objetivo del trabajo no es determinar con exactitud los beneficios económicos de la implementación de agricultura regenerativa, debido a que estos dependen de múltiples factores externos y de cultivo, si resulta útil generar un acercamiento a los posibles beneficios económicos que se pueden lograr al implementar estas prácticas.

Inicialmente se debe seleccionar una de las prácticas de agricultura regenerativa presentadas anteriormente, sin embargo, debido a que no todas las investigaciones analizadas reportan mediciones de beneficios económicos, ya sea debido a reducción de costos operacionales o mejoras en el rendimiento de los cultivos, se seleccionan únicamente aquellas que si emiten estos resultados, y se presentan en la **tabla 12**.

Tabla 12: Resumen de las prácticas de agricultura regenerativa que reportan beneficios económicos.

Práctica	Descripción	País	Cultivos	Efecto	Resultados
Conjunto de prácticas (en cultivos herbáceos)	Implica no usar pesticidas sintéticos, no usar fertilizantes minerales (usar estiércol), minimizar o eliminar labranza, cultivos de captura, residuos de cultivos y riego por aspersión	Países Bajos	alfalfa	positivo / negativo	Los costos de cultivo se redujeron de 471 a 398 euros por ha-1. El rendimiento en fresco y en materia seca disminuyó de 50.000 a 42.857 kg FM ha-1 y 10.000 a 8571 kg MS ha-1
Conjunto de prácticas (en cultivos herbáceos)	Implica no usar pesticidas sintéticos, no usar fertilizantes minerales (usar estiércol), minimizar o eliminar labranza, cultivos de captura, residuos de cultivos y riego por aspersión	Países Bajos	remolacha	positivo / negativo	Se selecciona como cultivo de cobertura la mostaza amarilla. La cantidad de materia orgánica en el suelo aumentó de 600 a 1406 kg EOM ha-1. El uso de diésel aumentó, de 119 a 145 L ha-1. Los costos de cultivo disminuyen de 2015 a 2003 euros ha-1. La mano de obra aumenta de 26 a 61 h ha-1. Disminuyó el rendimiento fresco y de materia seca de 100.000 a 66.500 kg FM ha-1 y 21.800 a 14.497 kg MS ha-1
Conjunto de prácticas (en cultivos herbáceos)	Implica no usar pesticidas sintéticos, no usar fertilizantes minerales (usar estiércol), minimizar o eliminar labranza, cultivos de captura, residuos de cultivos y riego por aspersión	Países Bajos	alubia roja	positivo	La cantidad de materia orgánica en el suelo aumentó de 170 a 868.5 kg EOM ha-1. El uso de diésel aumentó, de 95 a 155 L ha-1. Los costos de cultivo disminuyen de 1302 a 1210 euros ha-1. La mano de obra aumenta de 15 a 31 h ha-1. Disminuyó el rendimiento fresco de 2250 a 2031 kg FM ha-1, sin embargo, aumento el rendimiento de materia seca de 830 a 1792 kg MS ha-1
Conjunto de prácticas (en cultivos herbáceos)	Implica no usar pesticidas sintéticos, no usar fertilizantes minerales (usar estiércol), minimizar o eliminar labranza, cultivos de captura, residuos de cultivos y riego por aspersión	Países Bajos	achicoria	positivo / negativo	El uso de diésel aumenta, de 119 a 151 L ha-1. Los costos de cultivo disminuyen de 1955 a 1493 euros ha-1. La mano de obra aumenta de 28 a 44 h ha-1. Disminuyó el rendimiento fresco y de materia seca de 45.000 a 34.200 kg FM ha-1 y 9.000 a 6.840 kg MS ha-1
Conjunto de prácticas (en cultivos herbáceos)	Implica no usar pesticidas sintéticos, no usar fertilizantes minerales (usar estiércol), minimizar o eliminar labranza, cultivos de captura, residuos de cultivos y riego por aspersión	Países Bajos	papa	positivo / negativo	Se seleccionó como cultivo de cobertura la mostaza amarilla. La cantidad de materia orgánica en el suelo aumentó de 875 a 1355 kg EOM ha-1. El uso de diésel disminuye, de 265 a 231 L ha-1. Los costos de cultivo disminuyen de 3918 a 3309 euros ha-1 Disminuyó el rendimiento fresco y de materia seca de 40.000 a 30.264 kg FM ha-1 y 7.368 a 5.575 kg MS ha-1

Conjunto de prácticas (en cultivos herbáceos)	Implica no usar pesticidas sintéticos, no usar fertilizantes minerales (usar estiércol), minimizar o eliminar labranza, cultivos de captura, residuos de cultivos y riego por aspersión	Países Bajos	trigo	positivo / negativo	Se seleccionó como cultivo de cobertura la mostaza amarilla. La cantidad de materia orgánica en el suelo aumentó de 2514 a 3504 kg EOM ha-1. El uso de diésel disminuye, de 170 a 135 L ha-1. Los costos de cultivo disminuyen de 1010 a 616 euros ha-1. La mano de obra aumenta de 14 a 17 h ha-1. Disminuyó el rendimiento fresco y de materia seca de 10.000 a 8.427 kg FM ha-1 y 8.680 a 7.315 kg MS ha-1
Conjunto de prácticas (explotación mixta) Cultivos herbáceos	Se devuelven los residuos de los cultivos al campo, se utilizan cultivos forrajeros, se aplica estiércol, no se utilizan plaguicidas ni fertilizantes.	Países Bajos	remolacha	positivo	Se selecciono como cultivo de cobertura la mostaza amarilla. Aumentó la materia orgánica del suelo de 375 a 1775 kg EOM ha-1. Aumentaron las subvenciones de 1621 a 1946 euros por ha-1. Aumenta la mano de obra de 30 a 91 h ha-1. El rendimiento de materia fresca y seca disminuye de 101.987 a 86.689 kg FM ha-1 y 15.400 a 13.090 kg MS ha-1
Conjunto de prácticas (explotación mixta) Cultivos herbáceos	Se devuelven los residuos de los cultivos al campo, se utilizan cultivos forrajeros, se aplica estiércol, no se utilizan plaguicidas ni fertilizantes.	Países Bajos	trigo (grano)	positivo / negativo	Se selecciono como cultivo de cobertura la mostaza amarilla. Aumentó la materia orgánica del suelo de 990 a 2515 kg EOM ha-1. Disminuyeron las subvenciones de 1329 a 1209 euros por ha-1. El rendimiento de materia fresca y seca disminuye de 14.107 a 11.850 kg FM ha-1 y 8.500 a 7.140 kg MS ha-1
Biofertilizante de fósforo	Implica el uso de biofertilizantes de fósforo	Polonia	maíz	positivo / negativo	Si se utiliza un control sin enriquecimiento (FC) el rendimiento del maíz pasa de 13,53 a 14,18 ton ha-1 en un año. Y el contenido de fósforo en el suelo disminuye de 4,37 a 3,97 mg 100 g-1
Biofertilizante de fósforo	Implica el uso de biofertilizantes de fósforo	Polonia	maíz	positivo	Si se utiliza una dosis óptima de fertilizante con microorganismos beneficiosos (FA100) el rendimiento del maíz aumenta de 12,42 a 14,78 ton ha-1. Y el contenido de fósforo en el suelo disminuye de 5,47 a 5,33 mg 100 g-1
Biofertilizante de fósforo	Implica el uso de biofertilizantes de fósforo	Polonia	maíz	positivo / negativo	Si se utiliza una dosis de fertilizante 40% por debajo del nivel óptimo (FA60) el rendimiento aumenta de 13,6 a 13,9 ton ha-1. Y el contenido de fósforo en el suelo disminuye de 5,9 a 4,03 mg 100 g-1

Fuente: Elaboración propia

En base a los resultados cuantitativos mostrados en la **tabla 12**, se observa que existen resultados contrapuestos. En algunos casos se logran reducir costos de cultivo, pero disminuyen los rendimientos, y en otros aumenta el rendimiento de los cultivos pero se deben incrementar costos como la mano de obra.

Para poder entender el impacto neto real, resulta de interés seleccionar únicamente uno de los casos presentados y proyectar un Flujo de Caja Descontado en base a los resultados obtenidos en la investigación y a supuestos operacionales de la industria. El objetivo es poder comparar los beneficios financieros que podría obtener una empresa al implementar estas actividades frente a otra que no lo hace.

Para este análisis se escoge el conjunto de prácticas de cultivos herbáceos del *caso 3*, en particular para el trigo, ya que este corresponde al principal cultivo de Chile y proporciona suficiente información cuantitativa de utilidad para la proyección de ingresos y costos operacionales incurridos.

Las prácticas que se ejecutan son: no uso de pesticidas sintéticos, no uso de fertilizantes minerales (en su lugar se usa estiércol sólido), reducción o eliminación de labranza, uso de cultivos de cobertura (residuos de cosecha), reducción de fertilización total de nitrógeno, y riego por aspersión. Estos se encuentran detallados en la **tabla 13**, junto a las actividades realizadas en el caso base.

Para este se seleccionó como cultivo de cobertura la mostaza amarilla. La cantidad de materia orgánica en el suelo aumentó de 2514 a 3504 kg EOM ha⁻¹. El uso de diésel disminuye, de 170 a 135 L ha⁻¹. Los costos de cultivo disminuyen de 1010 a 616 euros ha⁻¹. La mano de obra aumenta de 14 a 17 h ha⁻¹. Disminuyó el rendimiento fresco y de materia seca de 10.000 a

8.427 kg FM ha⁻¹ y 8.680 a 7.315 kg MS ha⁻¹.

La mostaza amarilla fue seleccionada para la supresión óptima de enfermedades (por ejemplo, nematodos parásitos) en la rotación y para no dejar el suelo desnudo después de la cosecha del cultivo comercial.

Por otro lado, los costos disminuyeron principalmente debido a una reducción en el material de fertilizantes minados y uso de pesticidas.

Tabla 13: Actividades ejecutadas en el estudio de caso base y regenerativo del cultivo de trigo, caso 3 de la investigación.

Prácticas	Escenario base	Escenario Regenerativo
Labranza	si	no
Número de años con cultivos de captura dedicados	5	5
Número de años con residuos de cultivos dejados en el campo en el último	-	5
Aplicación de fertilizante mineral	si	no
Fertilización con nitrógeno mineral	75 a 100	-
Fertilización con fósforo mineral	<10	-
Aplicación de estiércol	si	si
Técnicas de aplicación de estiércol	ambas	ambas
Tipo de estiércol/compost/lodo	purín de cerdo	estiércol sólido
Fertilizante orgánico de nitrógeno	>200	100 a 125
Riego	no	si
Método de riego	-	aspersión
Tasa de riego	-	6 a 12
Frecuencia de riego	-	10 a 20
Manejo de plagas químico	si	no
Manejo de plagas mecánico	no	si

Fuente: Elaboración propia, obtenido de (Schreefel et al., 2022)

Los resultados obtenidos fueron determinados a partir de entrevistas agrícolas para el escenario de referencia y la opinión de expertos para determinar los requisitos de trabajo para el

escenario regenerativo. Los valores se basaron en los estándares de producción orgánica y se realizaron ajustes basados en la opinión de expertos.

A partir de dichos efectos y de información de uso público, se proyecta el Flujo de Caja Descontado, el cual tiene como principales supuestos:

Generales

- Para el crecimiento del precio de trigo y costos generales, se utiliza un crecimiento asociado a la inflación proyectada del país. Se considera la inflación publicada por el Fondo Monetario Internacional (IMF).
- Se aplica una tasa impositiva del 27%, correspondientes a los impuestos efectivos en Chile.
- Para el flujo de caja del caso de agricultura regenerativa, se considera un subsidio para los primeros 5 años, ya que en este se desarrollan las actividades necesarias para su obtención.
- Para los flujos asociados a la composición de cada empresa, como la depreciación, el CAPEX y la Variación de Capital de Trabajo, se utilizan comparables de mercado.

Los comparables de mercado son 12 empresas que pertenecen al rubro de la agricultura en distintas partes del mundo, se consideran algunas empresas regenerativas y orgánicas. Las compañías consideradas son: Wide Open Agriculture Limited, Urban Barns Foods Inc., SC Aggrotech Limited, Hortifrut S.A., Agroguachal S.A., Astral Asia Berhad, Crookes Brothers Limited, SLC Agrícola S.A., TGIF Agribusiness Limited, Berg Earth Co., Ltd, Xinjiang Talimu

Agriculture Development Co., Ltd., y Genomic Valley Biotech Limited. Se toma la mediana de los últimos tres años para definir los ratios de los montos sobre los ingresos.

- Para obtener un dimensionamiento del tamaño de la granja en la cual se implementan estas prácticas, se realiza un supuesto arbitrario en el cual se consideran 50 hectáreas de evaluación.
- Se considera un horizonte de evaluación de 13 años, más un año asociado a la perpetuidad de la operación de la empresa.
- Se considera una tasa de descuento WACC de 8,73% en CLP términos nominales. Esta se obtiene a partir de información de uso público como, Damodaran, el Fondo Monetario Internacional (IMF), U.S. Department of the Treasury, Banco Central, entre otros.

Se construye de la siguiente manera, se toma la tasa libre de riesgo en USD nominales del U.S. Department of the Treasury, el beta desapalancado y el ratio D/E de la industria Farming/Agriculture de Damodaran, el premio por riesgo de mercado de la ERP Damodaran, el premio por riesgo país se obtiene del EMBI publicado por el Banco Central a junio 2024, y se usa el Debt spread correspondiente a la industria Farming/Agriculture de Damodaran.

Ingresos

- El rendimiento de cultivo de trigo se obtiene a partir del promedio en kilos por hectárea de los últimos tres años, según los datos publicados por la ODEPA.
- El precio del trigo para el primer periodo se obtiene a partir de los precios de trigo publicados por Cotrisa, empresa comercializadora de trigo y maíz que publica

periódicamente los precios del mercado de granos en Chile.

- Según el estudio que se toma, el rendimiento de cultivo en el campo de agricultura regenerativa disminuye alrededor del 15,7%, lo cual se considera en los ingresos del flujo de caja de caso de agricultura regenerativa.
- Los consumidores están dispuestos a pagar un precio superior por productos que tengan procedencia sustentable, dado esto, se considera un precio superior (+9,7%) para la proyección de los ingresos del caso de agricultura regenerativa. Este incremento proviene del estudio realizado por PwC, que fue presentado en la sección anterior.

Costos y gastos

- Los costos asociados a la mano de obra para el primer periodo se asignan utilizando como base las horas por hectárea que presentan en el caso de estudio y los costos publicados en las fichas técnicas de cultivo de trigo publicado en Chile Agrícola.
- Los costos asociados al combustible diésel, se determinan a partir del precio en dólares por galón publicados por el Banco Central para junio de 2024. Se proyectan con un crecimiento distinto al de inflación. Se utiliza el crecimiento de este costo registrado el último año, según datos del Banco Central.
- Los costos de cultivo generales para el primer periodo de evaluación se consideran los presentados en el caso de estudio, el cual brinda los datos para el caso base y para el caso en el cual se implementan las prácticas de agricultura regenerativa.

- El gasto asociado a imprevistos se obtiene a partir de las fichas técnicas de cultivo de trigo publicado en Chile Agrícola.
- El gasto asociado a seguros se obtiene a partir de los datos base publicados por el Ministerio de Agricultura, sin embargo, estos podrían variar según distintos factores de cultivo y de entorno.

A partir de esto se obtienen los resultados del valor de la empresa presentados en la **tabla 14**. Además, se detallan los Flujos de caja descontados del caso base en **anexo 3** y del caso de agricultura regenerativa en **anexo 4**.

Tabla 14: Resultados finales de la evaluación económica del impacto de actividades de agricultura regenerativa en una empresa agrícola.

Casos de estudio	EV	EV/EBITDA	EV/Ingresos	Margen bruto
Caso Base	\$ 236,391	14.02	3.17	30.82%
Caso de AR	\$ 445,065	12.14	6.09	56.89%
Comparables de mercado		16.33		56.23%

Fuente: Elaboración propia

Al implementar estas prácticas el valor de la empresa aumenta en alrededor de 1,88 veces su valor inicial, pasando de 236.391 MCLP a 445.065 MMCLP. Además, debido a que el margen EBITDA en el caso de agricultura regenerativa aumenta sustancialmente la relación EV/EBITDA se ve disminuida, lo que podría implicar que la inversión en este negocio resultaría favorable.

Por otro lado, para el caso base se tiene un Margen Bruto de 30,82%, el cual es significativamente menor al que se obtiene en el caso regenerativo que se encuentra en 56,89%, cercano al promedio de los casos de estudio nacionales e internacionales.

Esto implica que la adición de prácticas de agricultura regenerativa, suponen una mayor competitividad en cuanto a la obtención de beneficios económicos para la empresa, logrando obtener niveles similares a los de empresas internacionales.

Finalmente, ya con estos análisis es posible notar que la implementación de este conjunto de prácticas de agricultura regenerativa para el cultivo de trigo, a pesar de reducir el rendimiento de los cultivos, lo que se traduce en una disminución de ingresos (**figura 12**), también reduce los costos en gran proporción (**figura 13**), lo cual se debe principalmente a la disminución del uso de fertilizantes e insecticidas químicos. Y esto en conjunto genera un aumento sustancial en los beneficios finales que genera la empresa.

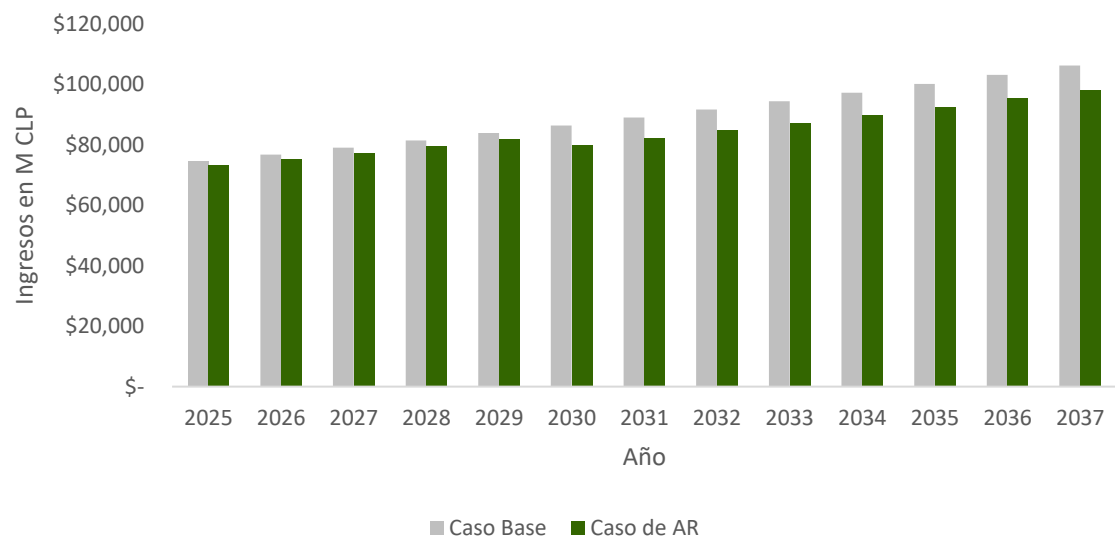


Figura 12: El gráfico muestra los flujos de ingresos del caso base y del caso de agricultura regenerativa. *Elaboración propia.*

Se debe recordar que estas proyecciones están basadas en supuestos de un estudio práctico y en supuestos de mercado actuales, por lo que si algún factor considerado como supuesto se modifica, los resultados obtenidos del estudio se pueden ver afectados positiva o negativamente.

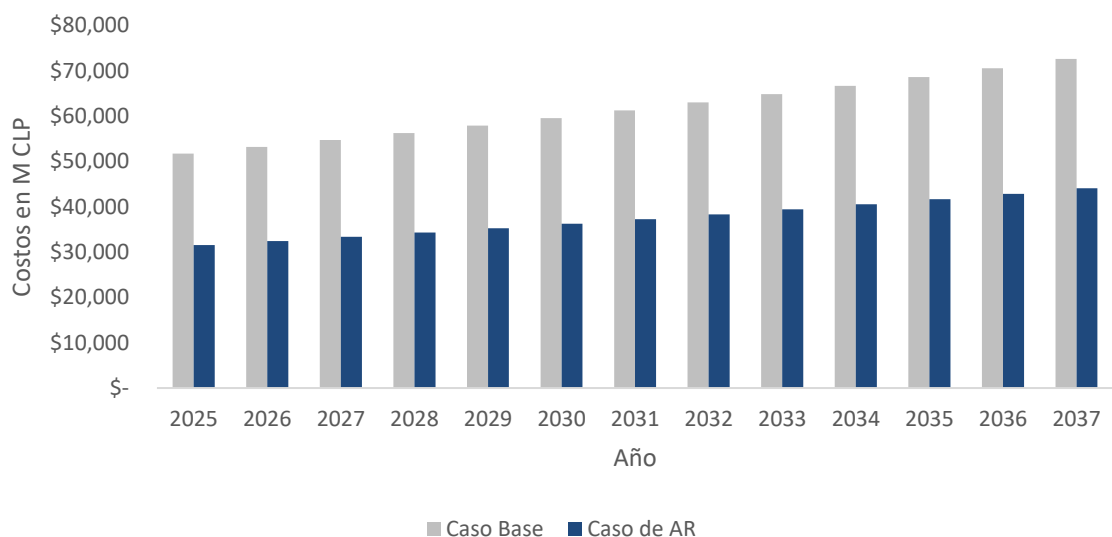


Figura 13: El gráfico muestra los flujos de costos operacionales del caso base y del caso de agricultura regenerativa. Elaboración propia.

Además, en la industria de la agricultura existen factores tanto internos como externos que pueden causar fluctuaciones importantes en los resultados económicos de la empresa, algunos de los más relevantes son el acceso a recursos financieros, la calidad del suelo, condiciones climáticas, políticas gubernamentales, demanda y fluctuaciones en los precios del trigo en el mercado local e internacional.

Dado esto se decide realizar un análisis de riesgo de uno de los factores que ha tenido mayores variaciones en los últimos años, que es el precio del trigo en el mercado local e internacional. Para este se realiza una simulación Monte Carlo, en donde se establece como variable clave el precio de venta del trigo y se toma una distribución probabilística normal, con una mediana igual al precio promedio del último año presentado por Cotrisa.

A partir de esto se realiza una generación de 1200 valores aleatorios de precio que modifican a su vez el valor de la empresa. Se obtiene una media de 232.016 MCLP, un promedio de 246.949 MCLP, un percentil 5% de -322.871 MCLP y un percentil de 95% de 851.612 MCLP,

lo que indica que los resultados estarán contenidos mayormente en dicho rango.

Este análisis puede ser replicado con distintos factores que puedan impactar significativamente el flujo, para poder identificar y cuantificar la incertidumbre asociada. Esto facilita la planificación y gestión de los recursos financieros, generación de estrategias para reducir riesgos y evaluación de la viabilidad al implementar un proyecto.

Por último, en base a los resultados económicos obtenidos, se obtiene que la implementación de prácticas de agricultura regenerativa es positiva tanto en el corto como en el largo plazo. Sin embargo, se debe tener en consideración que los resultados dependen de múltiples factores por lo que se recomienda implementar las prácticas de forma gradual y utilizando indicadores cuantitativos que permitan un control y seguimiento adecuado.

6. Conclusiones y recomendaciones

Finalmente, a partir del trabajo presentado se puede concluir que las prácticas de agricultura regenerativa representan una medida prometedora para los desafíos de la agroindustria, ya que buscan mejorar la productividad y disminuir el impacto medioambiental.

A partir del estudio realizado se logran cumplir los objetivos planteados inicialmente. Se levanta información de las características ambientales particulares de país, generando un listado de factores clave de la zona de estudio. Se identifican casos de aplicación de la agricultura regenerativa que se han desarrollado durante los últimos años en distintos países del mundo con características similares a las condiciones ambientales y de cultivos del país.

Con esto se logran obtener los principales beneficios y riesgos asociados, así como los principales resultados y condiciones necesarias para aplicación exitosa de estas prácticas. Finalmente, se logra evaluar de forma cuantitativa el impacto en la eficiencia productiva y rendimiento financiero que genera la incorporación de la agricultura regenerativa en la agroindustria, mediante la generación de un flujo de caja operacional que incorpora los supuestos de un caso de estudio en particular junto con supuestos generales del entorno y la industria.

Los resultados permiten afirmar que la incorporación de prácticas de agricultura regenerativa tiene un impacto positivo en el medioambiente, aunque estos van a depender de las prácticas implementadas, los cultivos y las condiciones ambientales. En general se obtienen beneficios asociados a un aumento de la materia orgánica del suelo, mejora las reservas de carbono orgánico (COS) en el suelo, reducción de las emisiones de CH₄, entre otros. Con esto se logran restaurar los nutrientes del suelo, ayudando a mejorar el rendimiento de los cultivos, disminuir el uso de agua y a generar cultivos más resilientes a las condiciones climáticas extremas que enfrentamos debido al cambio climático.

Por otro lado, en cuanto a los resultados económicos se puede afirmar que la aplicación de estas prácticas genera mayormente un aumento en los beneficios para las empresas, ya sea debido a un incremento en el rendimiento de los cultivos debido a la restauración del suelo, y/o a una disminución en los costos debido al menor uso de fertilizantes y pesticidas químicos.

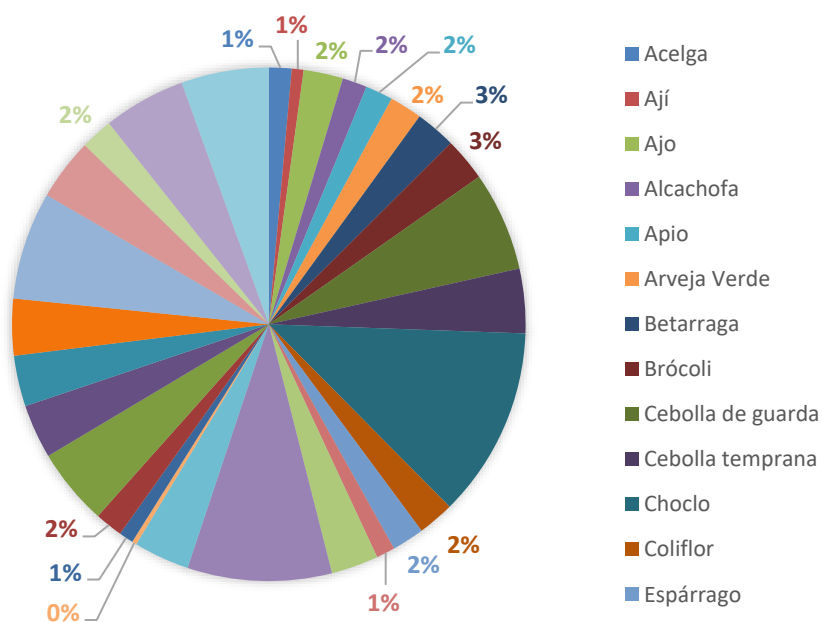
Además, los resultados económicos presentados, se ven influenciados en gran medida por las percepciones de los stakeholders de la industria. Ya que por un lado, los clientes están dispuestos a pagar un mayor precio por productos sustentables, lo cual se ve reflejado en mayores ingresos. Y por el otro, al cumplir con ciertos estándares se puede acceder a certificaciones que otorgan una ventaja competitiva para las empresas, además del acceso a beneficios o financiamientos más amigables.

Cabe mencionar que a pesar de poder incorporar resultados cuantitativos en el trabajo, estos son limitados debido a que dependen de múltiples factores, por lo que se recomienda seguir realizando investigaciones y estudios experimentales que permitan identificar mediante indicadores clave las mejores prácticas según ciertos factores de cultivos y entorno.

En caso de desear implementar algunas de las prácticas de agricultura regenerativa mencionadas se recomienda incorporarlas a la operación de forma gradual, ya que con esto se logra evaluar de mejor forma su impacto y en caso de existir riesgos se tiene un espacio para poder identificarlos y mitigarlos.

Como conclusión, se puede afirmar que los resultados son positivos, y, aunque sería beneficioso realizar más investigaciones, los agricultores ya disponen de la información necesaria para comenzar a implementar prácticas de agricultura regenerativa de manera eficiente. Además, cuentan con acceso a beneficios económicos gubernamentales, al igual que a certificaciones de agricultura regenerativa lo que les brinda un mayor respaldo.

Anexo 1.



Anexo 3.

Flujo de Caja - Caso Base															
Periodo		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Año		2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	Perpetuidad
M CLP	Un														
Producción	ton	297	297	297	297	297	297	297	297	297	297	297	297	297	
Precio	MCLP/ton	\$ 251	\$ 258	\$ 266	\$ 274	\$ 282	\$ 291	\$ 300	\$ 309	\$ 318	\$ 327	\$ 337	\$ 347	\$ 358	
Ingresos por venta	MCLP	\$ 74,529	\$ 76,765	\$ 79,068	\$ 81,440	\$ 83,883	\$ 86,400	\$ 88,992	\$ 91,662	\$ 94,411	\$ 97,244	\$ 100,161	\$ 103,166	\$ 106,261	
Subsidios															
Ingresos Totales	MCLP	\$ 74,529	\$ 76,765	\$ 79,068	\$ 81,440	\$ 83,883	\$ 86,400	\$ 88,992	\$ 91,662	\$ 94,411	\$ 97,244	\$ 100,161	\$ 103,166	\$ 106,261	
Crecimiento ingresos	%		3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	
Costos de Producción generales	MCLP	\$ -44,752	\$ -46,094	\$ -47,477	\$ -48,901	\$ -50,368	\$ -51,879	\$ -53,436	\$ -55,039	\$ -56,690	\$ -58,391	\$ -60,142	\$ -61,947	\$ -63,805	
Mano de Obra	MCLP	\$ -1,838	\$ -1,893	\$ -1,949	\$ -2,008	\$ -2,068	\$ -2,130	\$ -2,194	\$ -2,260	\$ -2,328	\$ -2,398	\$ -2,469	\$ -2,544	\$ -2,620	
Costos de combustible	MCLP	\$ -5,114	\$ -5,194	\$ -5,275	\$ -5,357	\$ -5,441	\$ -5,526	\$ -5,612	\$ -5,699	\$ -5,788	\$ -5,878	\$ -5,970	\$ -6,063	\$ -6,157	
Costos Totales	MCLP	\$ -51,703	\$ -53,181	\$ -54,701	\$ -56,266	\$ -57,877	\$ -59,535	\$ -61,241	\$ -62,998	\$ -64,806	\$ -66,666	\$ -68,582	\$ -70,553	\$ -72,582	
Crecimiento costos	%		2.9%	2.9%	2.9%	2.9%	2.9%	2.9%	2.9%	2.9%	2.9%	2.9%	2.9%	2.9%	
Margen de costos	%	-69.4%	-69.3%	-69.2%	-69.1%	-69.0%	-68.9%	-68.8%	-68.7%	-68.6%	-68.6%	-68.5%	-68.4%	-68.3%	
Margen Bruto	MCLP	\$ 22,826	\$ 23,584	\$ 24,367	\$ 25,174	\$ 26,006	\$ 26,865	\$ 27,750	\$ 28,664	\$ 29,606	\$ 30,577	\$ 31,579	\$ 32,613	\$ 33,679	
Margen Bruto	%	30.6%	30.7%	30.8%	30.9%	31.0%	31.1%	31.2%	31.3%	31.4%	31.4%	31.5%	31.6%	31.7%	
Seguros	MCLP	\$ -3,726	\$ -3,838	\$ -3,953	\$ -4,072	\$ -4,194	\$ -4,320	\$ -4,450	\$ -4,583	\$ -4,721	\$ -4,862	\$ -5,008	\$ -5,158	\$ -5,313	
Imprevistos	MCLP	\$ -2,238	\$ -2,305	\$ -2,374	\$ -2,445	\$ -2,518	\$ -2,594	\$ -2,672	\$ -2,752	\$ -2,834	\$ -2,920	\$ -3,007	\$ -3,097	\$ -3,190	
Depreciación	MCLP	\$ -6,472	\$ -6,666	\$ -6,866	\$ -7,072	\$ -7,284	\$ -7,502	\$ -7,727	\$ -7,959	\$ -8,198	\$ -8,444	\$ -8,697	\$ -8,958	\$ -9,227	
Gastos Totales	MCLP	\$ -12,436	\$ -12,809	\$ -13,193	\$ -13,589	\$ -13,996	\$ -14,416	\$ -14,849	\$ -15,294	\$ -15,753	\$ -16,226	\$ -16,712	\$ -17,214	\$ -17,730	
Crecimiento gastos	%		3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	
Margen de gastos	%	-17%	-17%	-17%	-17%	-17%	-17%	-17%	-17%	-17%	-17%	-17%	-17%	-17%	
EBIT	MCLP	\$ 10,390	\$ 10,776	\$ 11,174	\$ 11,585	\$ 12,010	\$ 12,448	\$ 12,901	\$ 13,369	\$ 13,853	\$ 14,352	\$ 14,867	\$ 15,399	\$ 15,948	
Margen EBIT	%	14%	14%	14%	14%	14%	14%	14%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	
Depreciación	MCLP	\$ 6,472	\$ 6,666	\$ 6,866	\$ 7,072	\$ 7,284	\$ 7,502	\$ 7,727	\$ 7,959	\$ 8,198	\$ 8,444	\$ 8,697	\$ 8,958	\$ 9,227	
Margen de depreciación	%	9%	9%	9%	9%	9%	9%	9%	9%	9%	9%	9%	9%	9%	
EBITDA	MCLP	\$ 16,862	\$ 17,441	\$ 18,039	\$ 18,657	\$ 19,294	\$ 19,951	\$ 20,629	\$ 21,329	\$ 22,051	\$ 22,796	\$ 23,564	\$ 24,357	\$ 25,175	
Tax	MCLP	\$ -2,805	\$ -2,909	\$ -3,017	\$ -3,128	\$ -3,243	\$ -3,361	\$ -3,483	\$ -3,610	\$ -3,740	\$ -3,875	\$ -4,014	\$ -4,158	\$ -4,306	
NOPAT	MCLP	\$ 7,585	\$ 7,866	\$ 8,157	\$ 8,457	\$ 8,767	\$ 9,087	\$ 9,418	\$ 9,760	\$ 10,112	\$ 10,477	\$ 10,853	\$ 11,241	\$ 11,642	
CAPEX	MCLP	\$ -7,217	\$ -7,433	\$ -7,656	\$ -7,886	\$ -8,123	\$ -8,366	\$ -8,617	\$ -8,876	\$ -9,142	\$ -9,416	\$ -9,699	\$ -9,990	\$ 9,227	
Depreciación	MCLP	\$ 6,472	\$ 6,666	\$ 6,866	\$ 7,072	\$ 7,284	\$ 7,502	\$ 7,727	\$ 7,959	\$ 8,198	\$ 8,444	\$ 8,697	\$ 8,958	\$ 9,227	
Variación Capital de Trabajo	MCLP	\$ -857	\$ -883	\$ -909	\$ -937	\$ -965	\$ -994	\$ -1,024	\$ -1,054	\$ -1,086	\$ -1,118	\$ -1,152	\$ -1,187	\$ -1,222	
Flujo de caja	MCLP	\$ 5,982	\$ 6,216	\$ 6,457	\$ 6,706	\$ 6,963	\$ 7,230	\$ 7,505	\$ 7,789	\$ 8,082	\$ 8,386	\$ 8,699	\$ 9,023	\$ 28,874	\$ 518,886
Factor de descuento	MCLP	0.920	0.846	0.778	0.715	0.658	0.605	0.557	0.512	0.471	0.433	0.398	0.366	0.337	0.337
Valor presente	MCLP	\$ 5,502	\$ 5,257	\$ 5,023	\$ 4,798	\$ 4,582	\$ 4,375	\$ 4,177	\$ 3,987	\$ 3,805	\$ 3,631	\$ 3,464	\$ 3,304	\$ 9,725	\$ 174,763

Anexo 4.

Flujo de Caja - Caso de Agricultura Regenerativa															
Periodo		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Año		2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	Perpetuidad
M CLP	Un														
Producción	ton	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	
Precio	MCLP/ton	\$ 275	\$ 283	\$ 292	\$ 301	\$ 310	\$ 319	\$ 329	\$ 338	\$ 349	\$ 359	\$ 370	\$ 381	\$ 392	
Ingresos por venta	MCLP	\$ 68,900	\$ 70,967	\$ 73,096	\$ 75,288	\$ 77,547	\$ 79,874	\$ 82,270	\$ 84,738	\$ 87,280	\$ 89,898	\$ 92,595	\$ 95,373	\$ 98,234	
Subsidios	\$	4,222	4,222	4,222	4,222	4,222	-	-	-	-	-	-	-	-	
Ingresos Totales	MCLP	\$ 73,122	\$ 75,188	\$ 77,317	\$ 79,510	\$ 81,769	\$ 79,874	\$ 82,270	\$ 84,738	\$ 87,280	\$ 89,898	\$ 92,595	\$ 95,373	\$ 98,234	
Crecimiento ingresos	%		2.8%	2.8%	2.8%	2.8%	-2.3%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	
Costos de Producción generales	MCLP	\$ -25,241	\$ -25,999	\$ -26,778	\$ -27,582	\$ -28,409	\$ -29,262	\$ -30,139	\$ -31,044	\$ -31,975	\$ -32,934	\$ -33,922	\$ -34,940	\$ -35,988	
Mano de Obra	MCLP	\$ -2,231	\$ -2,298	\$ -2,367	\$ -2,438	\$ -2,511	\$ -2,587	\$ -2,664	\$ -2,744	\$ -2,826	\$ -2,911	\$ -2,999	\$ -3,089	\$ -3,181	
Costos de combustible	MCLP	\$ -4,061	\$ -4,125	\$ -4,189	\$ -4,254	\$ -4,321	\$ -4,388	\$ -4,456	\$ -4,526	\$ -4,596	\$ -4,668	\$ -4,741	\$ -4,815	\$ -4,890	
Costos Totales	MCLP	\$ -31,534	\$ -32,421	\$ -33,335	\$ -34,274	\$ -35,241	\$ -36,236	\$ -37,260	\$ -38,314	\$ -39,398	\$ -40,513	\$ -41,662	\$ -42,843	\$ -44,059	
Crecimiento costos	%		2.8%	2.8%	2.8%	2.8%	2.8%	2.8%	2.8%	2.8%	2.8%	2.8%	2.8%	2.8%	
Margen de costos	%	-43.1%	-43.1%	-43.1%	-43.1%	-43.1%	-45.4%	-45.3%	-45.2%	-45.1%	-45.1%	-45.0%	-44.9%	-44.9%	
Margen Bruto	MCLP	\$ 41,588	\$ 42,767	\$ 43,983	\$ 45,236	\$ 46,528	\$ 43,637	\$ 45,010	\$ 46,424	\$ 47,882	\$ 49,385	\$ 50,934	\$ 52,530	\$ 54,175	
Margen Bruto	%	56.9%	56.9%	56.9%	56.9%	56.9%	54.6%	54.7%	54.8%	54.9%	54.9%	55.0%	55.1%	55.1%	
Seguros	MCLP	\$ -3,656	\$ -3,759	\$ -3,866	\$ -3,976	\$ -4,088	\$ -3,994	\$ -4,113	\$ -4,237	\$ -4,364	\$ -4,495	\$ -4,630	\$ -4,769	\$ -4,912	
Imprevistos	MCLP	\$ -1,262	\$ -1,300	\$ -1,339	\$ -1,379	\$ -1,420	\$ -1,463	\$ -1,507	\$ -1,552	\$ -1,599	\$ -1,647	\$ -1,696	\$ -1,747	\$ -1,799	
Depreciación	MCLP	\$ -6,349	\$ -6,529	\$ -6,714	\$ -6,904	\$ -7,100	\$ -6,936	\$ -7,144	\$ -7,358	\$ -7,579	\$ -7,806	\$ -8,040	\$ -8,282	\$ -8,530	
Gastos Totales	MCLP	\$ -11,268	\$ -11,588	\$ -11,919	\$ -12,259	\$ -12,609	\$ -12,392	\$ -12,764	\$ -13,147	\$ -13,542	\$ -13,948	\$ -14,366	\$ -14,797	\$ -15,241	
Crecimiento gastos	%		2.8%	2.9%	2.9%	2.9%	-1.7%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	
Margen de gastos	%	-15%	-15%	-15%	-15%	-15%	-16%	-16%	-16%	-16%	-16%	-16%	-16%	-16%	
EBIT	MCLP	\$ 30,320	\$ 31,179	\$ 32,064	\$ 32,977	\$ 33,919	\$ 31,245	\$ 32,246	\$ 33,277	\$ 34,341	\$ 35,437	\$ 36,568	\$ 37,733	\$ 38,934	
Margen EBIT	%	41%	41%	41%	41%	41%	39%	39%	39%	39%	39%	39%	40%	40%	
Depreciación	MCLP	\$ 6,349	\$ 6,529	\$ 6,714	\$ 6,904	\$ 7,100	\$ 6,936	\$ 7,144	\$ 7,358	\$ 7,579	\$ 7,806	\$ 8,040	\$ 8,282	\$ 8,530	
Margen de depreciación	%	9%	9%	9%	9%	9%	9%	9%	9%	9%	9%	9%	9%	9%	
EBITDA	MCLP	\$ 36,669	\$ 37,708	\$ 38,778	\$ 39,881	\$ 41,019	\$ 38,181	\$ 39,389	\$ 40,635	\$ 41,919	\$ 43,243	\$ 44,608	\$ 46,014	\$ 47,464	
Tax	MCLP	\$ -8,186	\$ -8,418	\$ -8,657	\$ -8,904	\$ -9,158	\$ -8,436	\$ -8,706	\$ -8,985	\$ -9,272	\$ -9,568	\$ -9,873	\$ -10,188	\$ -10,512	
NOPAT	MCLP	\$ 22,134	\$ 22,761	\$ 23,407	\$ 24,073	\$ 24,761	\$ 22,809	\$ 23,539	\$ 24,292	\$ 25,069	\$ 25,869	\$ 26,694	\$ 27,545	\$ 28,422	
CAPEX	MCLP	\$ -7,081	\$ -7,281	\$ -7,487	\$ -7,699	\$ -7,918	\$ -7,734	\$ -7,966	\$ -8,205	\$ -8,452	\$ -8,705	\$ -8,966	\$ -9,235	\$ 8,530	
Depreciación	MCLP	\$ 6,349	\$ 6,529	\$ 6,714	\$ 6,904	\$ 7,100	\$ 6,936	\$ 7,144	\$ 7,358	\$ 7,579	\$ 7,806	\$ 8,040	\$ 8,282	\$ 8,530	
Variación Capital de Trabajo	MCLP	\$ -841	\$ -865	\$ -889	\$ -915	\$ -940	\$ -919	\$ -946	\$ -975	\$ -1,004	\$ -1,034	\$ -1,065	\$ -1,097	\$ -1,130	
Flujo de caja	MCLP	\$ 20,561	\$ 21,144	\$ 21,744	\$ 22,364	\$ 23,002	\$ 21,091	\$ 21,770	\$ 22,470	\$ 23,192	\$ 23,936	\$ 24,703	\$ 25,494	\$ 44,352	\$ 797,038
Factor de descuento	MCLP	0.920	0.846	0.778	0.715	0.658	0.605	0.557	0.512	0.471	0.433	0.398	0.366	0.337	0.337
Valor presente	MCLP	\$ 18,910	\$ 17,884	\$ 16,915	\$ 16,000	\$ 15,135	\$ 12,764	\$ 12,116	\$ 11,502	\$ 10,918	\$ 10,363	\$ 9,837	\$ 9,336	\$ 14,938	\$ 268,446

6. Referencias

- AENOR. (2024). <https://www.aenorchile.com/certificacion/alimentacion/agricultura-regenerativa>
- Beacham, J. D., Jackson, P., c, C. C., Krzywoszynska, A., y Pollas, L. V. (2023). Contextualising farmer perspectives on regenerative agriculture: A post-productivist future? *Rural Studies*, 102. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2023.103100>
- Borenstein, S. (05 de junio de 2023). *The San Diego Union Tribune*.
<https://www.sandiegouniontribune.com/en-espanol/noticias/story/2023-06-05/cantidad-de-co2-en-el-aire-alcanza-nuevo-maximo-historico>
- Climate Data*. (2022). <https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country/netherlands>
- Cusworth, G., Garnett, T., y Lorimer, J. (2021). Agroecological break out: Legumes, crop diversification and the regenerative futures of UK agriculture. *Rural Studies*, 88, 126-137.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2021.10.005>
- ESA. (08 de 02 de 2022).
https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2022/02/Crop_type_for_all_agricultural_parcels_in_the_Netherlands
- FAO. (s.f.). <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>
- FAO. (2023). <https://www.fao.org/3/cc1024es/cc1024es.pdf>
- FAO y PNUMA. (02 de 2021). *SNU*. https://chile.un.org/sites/default/files/2021-03/PB%20Recursos%20H%C3%ADricos_FINAL_17%20de%20marzo.pdf#:~:text=URL%3A%20https%3A%2F%2Fchile.un.org%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2F2021
- Ge, M., Friedrich, J., y Vigna, L. (02 de septiembre de 2021). *WRI México*.
<https://wrimexico.org/bloga/cuatro-gr%C3%A1ficos-que-explican-las-emisiones-de-gases-de-efecto-invernadero-por-pa%C3%ADs-y-por>
- Guo, H., Xia, Y., Jin, J., y Pan, C. (2022). The impact of climate change on the efficiency of agricultural production in. *Environmental Impact Assessment Review* , 97.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.eiar.2022.106891>
- He, Z. (2023). Consumers' willingness to Pay Premium for Carbon-labelled Agricultural Products—An Empirical Analysis Based on CVM. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4108/eai.26-5->

2023.2334232

Hebbale, C., y Urpelainen, J. (21 de 03 de 2023). *Brookings*. <https://www.brookings.edu/articles/debt-for-adaptation-swaps-a-financial-tool-to-help-climate-vulnerable-nations/>

IMF. (s.f.). *IMF*. https://www.imf.org/en/Publications/WEO/weo-database/2024/April/weo-report?c=228,&s=GGXWDN,GGXWDN_NGDP,GGXWDG,GGXWDG_NGDP,&sy=2010&ey=2029&ssm=0&scsm=1&sc=0&ssd=1&ssc=0&sic=0&sort=country&ds=.&br=1

Iqbal, S., Xu, J., Khan, S., Worthy, F. R., Khan, H. Z., Nadir, S., y Ranjitkar, S. (2023). Regenerative fertilization strategies for climate-smart agriculture: Consequences for greenhouse gas emissions from global drylands. *Cleaner Production*, 398.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136650>

Ivanchuk, N. (06 de junio de 2021). *Eos data analytics*. <https://eos.com/es/blog/agricultura-regenerativa/>

Jaworski, C. C., Krzywoszynska, A., Leake, J. R., y Pollas, L. V. (2023). Sustainable soil management in the United Kingdom: A survey of current practices and how they relate to the principles of regenerative agriculture. *Soil Use and Management*.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1111/sum.12908>

Justamante, A. (16 de octubre de 2021). *Creaf*. <https://blog.creaf.cat/es/noticias/que-es-la-agricultura-regenerativa/>

koppen earth. (s.f.).

<https://koppen.earth/#:~:text=URL%3A%20https%3A%2F%2Fkoppen.earth%2F%0A%0ALoading...%0AVisible%3A%200%25%20>

Larrosa. (24 de 03 de 2020). <https://www.larrosa-arnal.com/blog/que-tipos-de-suelo-existen-y-cual-es-mejor-en-agricultura/>

Llompart, V. (29 de junio de 2022). *Diario Financiero*. <https://www.df.cl/df-lab/sostenibilidad/agricultura-regenerativa-la-solucion-para-proteger-los-suelos-frente-al#:~:text=En%20Chile%2C%20desde%202021%20empezaron,para%20mejorar%20estructura%2C%20aumentar%20niveles>

Mącik, M., Gryta, A., Sas-Paszt, L., y Frac, M. (2023). New insight into the soil bacterial and fungal

microbiome after phosphorus biofertilizer application as an important driver of regenerative agriculture including biodiversity loss reversal and soil health restoration. *Soil Ecology*, 189.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2023.104941>

McKinsey, y NielsenIQ. (06 de 02 de 2023). *McKinsey & Company*.

<https://www.mckinsey.com/industries/consumer-packaged-goods/our-insights/consumers-care-about-sustainability-and-back-it-up-with-their-wallets>

Miller-Klugesherz, J. A., y Sanderson, M. R. (2023). Good for the soil, but good for the farmer?

Addiction and recovery in transitions to regenerative agriculture . *Journal of Rural Studies* , 103. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2023.103123>

Naciones Unidas. (s.f.). *Acción por el Clima*. Retrieved 03 de Octubre de 2023, from

<https://www.un.org/es/climatechange/what-is-climate-change>

NASA. (s.f.). *Global Climate Change*. Retrieved 03 de Octubre de 2023, from

<https://climate.nasa.gov/en-espanol/datos/causas/#:~:text=Las%20actividades%20humanas%20est%C3%A1n%20impulsando,desde%20mediados%20del%20siglo%20XX.&text=El%20efecto%20invernadero%20es%20esencial,de%20calor%20hacia%20el%20espacio>.

navarra. (s.f.). <http://meteo.navarra.es/definiciones/koppen.cfm>

Nestle. (s.f.). *Nestle*. <https://www.nestle.cl/buena-vida/agricultura-regenerativa>

ODEPA. (Enero de 2015). *ODEPA*. <https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2015/01/ProductosOrganicosCertifica.pdf>

ODEPA. (Diciembre de 2017). *ODEPA*. https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2018/01/ReflexDesaf_2030-1.pdf

ODEPA. (2019). *ODEPA*. <https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2019/09/panorama2019Final.pdf>

Odepa. (s.f.). *Odepa*. <https://www.odepa.gob.cl/estadisticas-del-sector/ficha-nacional-y-regionales>

Pliscoff, P. (27 de 11 de 2022). *Pontificia Universidad Católica de Chile*. <https://www.uc.cl/academia-en-los-medios/nature-chile-cuenta-con-88-de-110-ecosistemas-del-planeta/>

PwC. (15 de 05 de 2024). *PwC Global*. <https://www.pwc.com/gx/en/news-room/press->

releases/2024/pwc-2024-voice-of-consumer-survey.html

Reyes, V. (01 de 03 de 2023). *biobiochile*. <https://www.biobiochile.cl/noticias/economia/actualidad-economica/2023/03/01/stock-de-vinos-en-chile-aumento-97-en-2022-cabernet-sauvignon-fue-cepa-con-mayores-volumenes.shtml>

SAG. (2024). SAG. En donde, se nota que algunas de estas actividades corresponden a practicas de agricultura regenerativa, por lo que al implementar dichas practicas se podría optar a estos beneficios económicos.

SAG. (s.f.). SAG. <https://www.sag.gob.cl/ambitos-de-accion/programa-de-control-de-residuos-pcr>

Santillán, V. S., Barra, J. D., Pellat, F. P., y Cárdenas, L. O. (s.f.). EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO. <https://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v34n1/2395-8030-tl-34-01-00083.pdf>

Sawe, B. E. (25 de 04 de 2017). *World Atlas*. <https://www.worldatlas.com/articles/the-top-20-agricultural-products-of-the-united-kingdom.html>

Schreefel, L., Zanten, H. v., Groot, J., Timler, C., Zwetsloot, M., Schrijver, A. P., . . . Boer, I. d. (2022). Tailor-made solutions for regenerative agriculture in the Netherlands . *Agricultural Systems* , 203. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.agry.2022.103518>

Soto, R. L., Vente, J. d., y Padilla, M. C. (2021). Learning from farmers' experiences with participatory monitoring and evaluation of regenerative agriculture based on visual soil assessment . *Rural Studies*, 88, 192-204. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2021.10.017>

Soto, R. L., Vente, J., y Padilla, M. C. (2021). Learning from farmers' experiences with participatory monitoring and evaluation of regenerative agriculture based on visual soil assessment . *Journal of Rural Studies* , 88, 192-204. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2021.10.017>

suseso. (s.f.). *Superintendencia de Seguridad Social*. <https://www.suseso.cl/612/w3-propertyvalue-27478.html>

Tan, S. S., y Kuebbing, S. E. (2023). A synthesis of the effect of regenerative agriculture on soil carbon sequestration in Southeast Asian croplands . *Agriculture, Ecosystems and Environment*

, 349. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.agee.2023.108450>

Terragenesis. (22 de 04 de 2024). <https://terragenesis.cl/la-agricultura-regenerativa-ateriza-en-chile/>

United Nations. (s.f.). *Sustainable Development Goals*. Retrieved 05 de septiembre de 2023, from

<https://www.un.org/sustainabledevelopment/development-agenda/>

Walter, P. (20 de 06 de 2022). *LEK*. <https://www.lek.com/insights/ar/consumers-are-willing-pay-more-sustainable-food-products>

Yue, C., Lai, Y., Wang, J., y Mitchell, P. (2020). Consumer Preferences for Sustainable Product

Attributes and Farm Program Features. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su12187388>

Zúñiga, J. (15 de 12 de 2023). *Euromonitor Intenational*.

<https://www.euromonitor.com/article/megatrends-understanding-sustainable-consumers-2023-key-insights>