

Trabajo Fin de Grado

Agricultura y cambio climático: pautas hacia la sostenibilidad.

Autor:

Antonio Ángel Arruebo Lacleta

Directora:

Yolanda Martínez Martínez

Facultad de Economía y Empresa

2020

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. **INTRODUCCIÓN** (Pág. 5)
 - 1.1. Revolución agrícola (Pág. 5)
 - 1.2. Objetivos, motivaciones y utilidades (Pág. 6)
2. **CAMBIO CLIMÁTICO Y AGRICULTURA** (Pág. 6)
 - 2.1. El cambio climático afecta a la agricultura (Pág. 9)
 - 2.2. Demanda global de alimentos (Pág. 9)
3. **AGRICULTURA SOSTENIBLE** (Pág.16)
 - 3.1. Agricultura Sostenible (Pág. 16)
 - 3.2. Prácticas agrícolas sostenibles (Pág. 17)
 - 3.2.1. Agroforestería (Pág.17)
 - 3.2.2. SRI (Pág. 19)
 - 3.2.3. Silvicultura (Pág. 21)
 - 3.2.4. Agricultura regenerativa (Pág. 22)
 - 3.2.5. Intercalado (Pág.24)
 - 3.2.6. Agricultura de conservación (Pág. 25)
 - 3.2.7. Compostaje (Pág. 26)
 - 3.2.8. Sistemas de irrigación (Pág. 27)
 - 3.2.9. Ganadería de rotación (Pág. 29)
4. **CONCLUSIONES** (Pág. 31)
5. **BIBLIOGRAFÍA** (Pág. 33)
6. **ANEXOS** (Pág. 33)
 - 6.1. Figura 1 (Pág. 34)

Agricultura y cambio climático: pautas hacia la sostenibilidad.

Autor del trabajo: Antonio Ángel Arruebo Lacleta

Directora del trabajo: Yolanda Martínez Martínez

Titulación: Administración y Dirección de Empresas

RESUMEN

El creciente impacto de las actividades antropogénicas en el medio ambiente y su repercusión en el clima mundial, ha llevado al ser humano a investigar cuál es la principal fuente de contaminación y agotamiento de recursos. Hoy en día, la conclusión científica y consensuada es cristalina, el principal causante del cambio climático actual es el sistema económico mundial y los sectores productivos y de consumo que lo componen. Entre dichos sectores, encontramos el agro-alimentario, el cual además de contribuir al calentamiento global y al agotamiento de recursos naturales, se encuentra gravemente amenazado por el reto climático.

En este trabajo se analiza la agricultura sostenible como alternativa al sistema agrícola tradicional, desglosando las prácticas y técnicas más innovadoras y con mayor potencial, tanto en capacidad de mitigación de las emisiones, como en viabilidad económica.

El objetivo principal de este trabajo es la exploración de las principales técnicas de agricultura sostenible, evaluando sus ventajas y desventajas, exponiendo su metodología y revisando su actual expansión global.

ABSTRACT

The growing impact of the anthropogenic activities on the environment and its repercussions on the global climate, has led to the human kind to investigate which is the main source of pollution and depletion of the natural resources. Nowadays, the evidence is crystal clear, the main contributor is the global economic system and the production and consuming sectors that form it. Among these sectors, we find agriculture, which not only contributes to the warming of the planet and the exhaustion of the natural resources, but that is heavily threatened by the climate challenge.

In this dissertation report, the sustainable agriculture is analysed as an alternative to the conventional agriculture, breaking down the most innovative techniques, that possess the greater potential in economic feasibility and in capacity to mitigate the greenhouse gas emissions of the sector.

The fundamental objective of this work is the exploration of the most important sustainable agricultural systems, assessing its advantages and disadvantages, explaining their methodology and reviewing its current situation globally.

1. INTRODUCCIÓN.

1.1. La Revolución Agrícola.

Hace más de 12000 años, y coincidiendo con el inicio del Holoceno, el período geológico y climático más favorable para el desarrollo de las especies en el planeta tierra, el Homo Sapiens inició una transición desde comunidades de cazadores-recolectores a sociedades sedentarias y agrarias, a través de la domesticación de plantas, como el trigo, y de animales como el cerdo. Este hecho supuso un punto de inflexión definitivo en el éxito evolutivo del Homo Sapiens. Por primera vez en su efímera historia, ya no dependía al completo de la caza y de la recolección aleatoria de alimentos, ni tampoco de drásticos cambios climáticos como las glaciaciones, sino que ahora era capaz de cultivar alimento durante prolongadas etapas temporales con una producción maximizada, sin necesidad de moverse continuamente hacia zonas más cálidas o áreas con mayor densidad de plantas y animales que fuera susceptibles de ser recolectadas o cazadas. Esta producción aumentada de alimentos comenzó a proporcionar excedentes a los agricultores, que comenzaron a especializarse y a intercambiar estos excedentes, sentando las bases del comercio y el dinero, que sirvieron de sustrato para la fundación de sistemas políticos, religiosos y sociales a gran escala.

La revolución agrícola, es uno de los acontecimientos más controvertidos en la historia de la humanidad. Mientras algunos se sitúan en un bando defensor de la agricultura, arguyendo que situó a la humanidad en la senda del progreso y la prosperidad, otros argumentan que este suceso rompió una relación simbiótica del ser humano con el entorno natural, un vínculo que llevaba forjándose durante millones de años.

En mi opinión, creo que ambas posturas son perfectamente válidas, pero lo son de forma complementariamente incluyente. En otras palabras, el primer escenario de desarrollo y prosperidad no es posible sin un desarraigo del ser humano con el medio ambiente, ya que resulta difícilmente asumible que, si la humanidad continuase intrínsecamente unida con el entorno natural, fuera capaz de soportar un crecimiento económico-social tan insostenible y destructivo con el planeta tierra. Dicho progreso económico insostenible radica en todos los sectores productivos sobre los que se sustenta la economía mundial, pero en especial recae en el sistema alimentario global y que vio su origen en la invención de la agricultura.

1.2. Objetivos, motivación y utilidad académica y social.

En el presente trabajo se realiza una investigación en profundidad de las prácticas de agricultura sostenible, analizando sus ventajas y desventajas, así como su impacto en la mitigación de emisiones de efecto invernadero, con el objetivo de proveer una guía del gran espectro de alternativas sostenibles dentro del sector. Considero, además, que es esencial realizar un ejercicio de conciencia, revisando el impacto real de la agricultura en el calentamiento global, con el objetivo de sensibilizar al lector/a del desafío climático que enfrenta nuestra especie en el ámbito agro-alimentario.

Entre los factores motivacionales que me empujan a haber elegido este tema de disertación se encuentran dos razones fundamentales: primero, soy una persona cuya ascendencia procede del pirineo aragonés, por lo que he estado en contacto directo con la naturaleza desde pequeño, y mis padres me inculcaron desde la infancia unos valores de ecologismo y respeto por el entorno natural que a día de hoy no solo los mantengo, sino que se han magnificado, conformando mi forma de ser y a lo que quiero dedicar mi vida. En segundo lugar, y ya más en relación al tema específico que he elegido para el trabajo, creo que es necesario arrojar más luz sobre un sector (agrícola, ganadero y de pesca) que según los últimos estudios científicos supone mayor impacto medio ambiental a todos los niveles, y que al menos para mí, permaneció en la sombra durante mucho tiempo. Por último, y en relación al factor anterior, la agricultura sostenible es un campo que me fascina, ya que encuentro casi poético que utilizando como pilar, los procesos naturales, el ser humano sea capaz de construir modelos de cultivo ecológicos intrínsecamente ligados a los Objetivos de Desarrollo Sostenible, los cuales, a pesar de ser utilizados instrumentalmente por los gobiernos mundiales para su propio beneficio político y económico, se encuentran muy bien formulados y son dichos objetivos los que se deben perseguir a escala mundial.

En relación a la utilidad académica y social que persigue este informe, se trata de un trabajo descriptivo y divulgativo acerca del sector agro-alimentario en un contexto de emergencia climática y pretende, además de concienciar y sensibilizar al lector con la grave amenaza que enfrenta hoy en día el ser humano, tratar de proponer soluciones consensuadas a cada uno de los factores agravantes del calentamiento global, desde una posición imparcial, mencionando en todas ellas, las ventajas y desventajas que dimanar de su aplicación.

2. SECTOR AGRO-ALIMENTARIO Y CAMBIO CLIMÁTICO.

“La relación entre el sector agrario y el calentamiento global debido a la acción humana es recíproca y compleja”, ya que se trata de un sector que se encuentra gravemente amenazado por unas condiciones climáticas cambiantes, pero que, por otro lado, es un sector que contribuye al mismo como fuente emisora de gases de efecto invernadero. (JUNTA DE ANDALUCÍA, 2015)

Antes de llegar a nuestro plato, los alimentos que consumimos han sido producidos, almacenados, elaborados, empaquetados, transportados, cocinados y servidos. En todas y cada una de estas fases se emiten gases contaminantes a la atmósfera. El sector agro-alimentario, en particular, es el causante de la liberación de enormes cantidades de metano (CH₄) y óxido nitroso (ON), dos potentes gases de efecto invernadero (AEMA, 2015).

Cabe destacar, además, que el sector agrícola se encuentra dentro de los denominados sectores difusos, constituidos por aquellos cuyas actividades no están sujetas al comercio de derechos de emisión y que utilizan una menor cantidad de energía durante sus procesos. Además, se trata de un sector que posee la capacidad de contribuir positivamente en la mitigación de los impactos del calentamiento global, actuando como almacén de CO₂, a través de determinadas prácticas agrícolas sostenibles, fundamentadas en procesos biológicos naturales (JUNTA DE ANDALUCÍA. 2015).

Con respecto a los dos tipos de compuestos contaminantes emitidos por el sector, el primero, tiene origen en el sector ganadero, donde los animales lo producen durante la digestión mediante procesos anaeróbicos y lo liberan por los eructos. También puede ser liberado por el estiércol, en los vertederos de residuos orgánicos o en los cultivos de arroz (AEMA, 2015).

Se trata de uno de los gases con mayor presencia en la atmósfera y su efecto es tan perjudicial porque, en proporción, el CH₄, atrapa 28 veces más calor que el equivalente en CO₂, y 32 veces más si se consideran los aerosoles, a pesar de que no persiste durante tanto tiempo en la atmósfera como el CO₂ (CCG, 2017).

En la actualidad, el metano es el segundo compuesto que más contribuye al calentamiento global del planeta con un 15 por ciento, únicamente superado por el dióxido de carbono, que supone el 76 por ciento de las emisiones totales (PRTR, 2007)

En el gráfico añadido a continuación se puede observar la evolución de las concentraciones mensuales de metano (en partes por billón) desde 1983 hasta 2017.

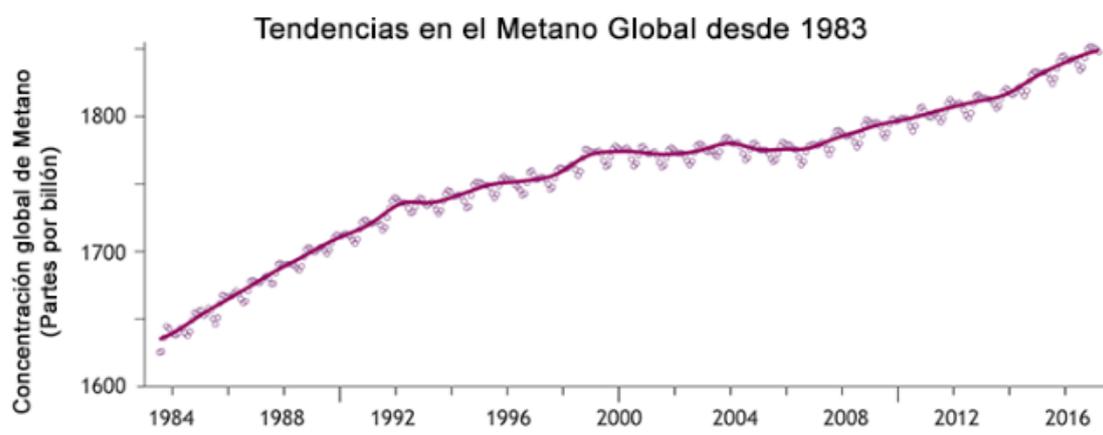


ILUSTRACIÓN 1 - TENDENCIA DE LA CONCENTRACIÓN GLOBAL DE METANO.

Fuente: Ed Dlugokencky, NOAA/GML; a través de (CCG, 2017).

En el caso del óxido nitroso, se libera de manera indirecta con el uso de fertilizantes nitrogenados orgánicos y minerales en los procesos de agricultura intensiva. Con respecto a su incidencia sobre el medio ambiente, persiste en la atmósfera una media de 100 años. En la actualidad, es responsable del 5 por ciento de las emisiones de efecto invernadero (PRTR, 2007b)

La agricultura, en 2012, fue responsable del 10 por ciento de las emisiones totales contaminantes de la UE (sin contabilizar en este porcentaje las denominadas emisiones indirectas). Entre 1990 y 2012, las emisiones del sector agrícola europeo se redujeron en un 24 por ciento gracias a una disminución notable de la presión ganadera, a un uso más eficiente de los fertilizantes y a una gestión más concienzuda del estiércol. Sin embargo, el sector agrícola global parece ir en la dirección contraria. Entre 2001 y 2011, las emisiones mundiales crecieron un 14 por ciento. Entre las causas de este aumento encontramos: un incremento en la producción agro-alimentaria en los países en vías de desarrollo, una mayor demanda a escala global de alimentos y por permutas en las dietas debido a la elevación del nivel de renta en algunos países en vías de desarrollo.

La reducción de las emisiones contaminantes del sector alimentaria se presenta como un reto complicado. No obstante, existe un margen considerable de medidas a implementar para continuar con la reducción de emisiones. En primer lugar, es de vital importancia mejorar la implementación de prácticas agrícolas innovadoras de producción, consiguiendo reducir las emisiones por unidad de alimento producido. En segundo lugar,

resulta preponderante un cambio en los hábitos de consumo, pudiendo reducir todavía más las emisiones de efecto invernadero. Por lo general, los productos cárnicos y lácteos tienen una mayor huella de carbono y un mayor uso de recursos primarios y agua por kilogramo producido que cualquier otro alimento (AEMA, 2015).

2.1. El cambio climático afecta a la agricultura.

Tal y como ya he mencionado al inicio del capítulo, el cambio del clima amenaza gravemente al sector agrícola. El calentamiento de la atmósfera ya ha cambiado la duración de la estación de crecimiento en grandes áreas geográficas de Europa. En el caso de los cereales, y a modo de ejemplo, las etapas de crecimiento y cosecha se adelantan ya varios días.

En el plano general, la producción agrícola del Norte europeo podría verse incrementada debido a que la época de crecimiento y los periodos sin heladas se extienden. Además, el aumento de las temperaturas y la prolongación de estas etapas podrían hacer posible la producción de nuevos tipos de cultivo. Por el contrario, el sur de Europa sufriría las peores consecuencias. En estas zonas, las olas de calor extremo, las sequías y otros factores como las plagas y las enfermedades serán más comunes y prolongadas, por lo que se puede prever una disminución de la productividad agrícola.

En algunas zonas del Mediterráneo, el estrés hídrico y térmico extremo de los meses estivales, podría obligar a movilizar la producción de determinados cultivos veraniegos al invierno. Otras zonas, como el oeste francés y el sureste europeo, sufrirían pérdidas de rendimiento debido a la imposibilidad de desplazar la producción a los meses invernales.

Como ya se ha mencionado, el incremento de las temperaturas y de las fases de crecimiento podrían contribuir a la multiplicación de insectos, malas hierbas invasoras, afectando a las cosechas.

Cabe destacar, que, en la Unión Europea, aquellos agricultores/as y comunidades pesqueras, pueden optar a algunos Fondos de la UE, como el Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (Feader), la política agraria común (PAC) y los préstamos del Banco Europeo de Inversiones (BEI) (AEMA, 2015).

2.2. Demanda global de alimentos.

De acuerdo con el incremento previsto de la población global hasta los 10 billones en 2050 y con los cambios en las dietas seguidas por las personas en favor de un mayor

consumo de carne, se estima que la demanda global alimentaria crecerá hasta un 70 por ciento en las próximas décadas. Por ende, surge la pregunta de cómo atender dicha demanda aumentada, en consonancia con una reducción del impacto del sector en el medio ambiente.

En primer lugar, resulta evidente que disminuir la producción de alimento no es una solución factible. La UE es uno de los mayores productores del mundo, produciendo la octava parte de los cereales del mundo, dos terceras partes del vino, la mitad de la remolacha azucarera y tres cuartas partes del aceite de oliva. Si se redujese la producción alimentaria, podría ponerse en riesgo la seguridad alimentaria de la UE y del mundo, además de elevar los precios de los alimentos, dificultando su adquisición para muchos estratos de la población mundial.

En segundo lugar, presenta un grave problema la forma en la que la agricultura tradicional consigue producir una mayor cantidad de alimento, utilizando la misma tierra de cultivo. Generalmente, suele ser necesario utilizar más fertilizantes nitrogenados, liberando además de óxido nitroso, nitratos al suelo y a los recursos hídricos. A pesar de que estos contaminantes no contribuyen al calentamiento global, las altas cantidades de nutrientes (en especial de fosfatos y nitratos) en el agua originan la eutrofización del agua, que favorece el crecimiento de las algas y agota el oxígeno del agua, un proceso que tiene graves consecuencias para la vida acuática y la calidad del agua para su posterior consumo humano.

A nivel global, satisfacer esta demanda creciente de alimentos utilizando más superficie de tierra tendría un grave efecto en el entorno natural, debido a que las áreas geográficas más idóneas para el cultivo, especialmente en Europa, se encuentran casi en su totalidad ya explotadas, convirtiendo las tierras fértiles para uso agrícola en un recurso limitado (AEMA, 2015).

Alrededor del globo, muchos agricultores/as comienzan a marcharse de las tierras que un día fueron cultivadas o utilizadas para pasto debido a que se encuentran completamente exhaustas. Las actividades agrícolas han tornado esas diezmadas tierras en infértiles, degradado el suelo, causado la compactación del suelo, secado las aguas subterráneas o salinizado el suelo debido a una irrigación exagerada. A consecuencia de todos estos factores, la tierra ya no genera suficiente beneficio y por lo tanto es abandonada. Otras causas contribuyen como el clima cambiante, la desertificación en China y en el Sahel

Africano, y los resultados negativos de cultivar en tierras abruptas e inclinadas. Desde el punto de vista socioeconómico observamos la migración, la búsqueda de mayores ingresos en las ciudades, dificultades de acceso al mercado y unos elevados costes de producción que imposibilitan una competición ecuánime entre los pequeños propietarios de tierra y las multinacionales agrícolas. En definitiva, para muchos, es más barato abandonar sus tierras antes que continuar trabajándolas.

En un estudio elaborado por la Universidad de Stanford se calcula que en el mundo existen entre 950 millones y 1.1 billones de acres de tierras abandonadas, y que por lo tanto no han sido repobladas con bosques o restauradas para su aprovechamiento agrícola. Además, comprobaron que el 99 por ciento de estas tierras fueron abandonadas a lo largo del siglo pasado.

Para alimentar una población mundial en vertiginoso aumento y evitar la deforestación de más zonas boscosas para su cultivo, resulta primordial la recuperación de estas tierras con la visión de conservar en el largo plazo su salud y productividad.

Mediante un proceso ampliamente estudiado, la fotosíntesis, las plantas convierten materia inorgánica en orgánica, absorbiendo carbono de la atmosfera durante el proceso y almacenándolo en la tierra. Al recuperar la productividad de un suelo que se encontraba completamente exhausto, la capacidad de almacenamiento es mucho mayor que la de un suelo fértil, ya que, al abandonar tierras agrícolas a los procesos naturales de erosión y degradación, todas esas reservas de carbono subterráneas se liberan, convirtiéndose en una fuente importante de gases de efecto invernadero.

Generalmente, la intensidad de los esfuerzos necesario para recuperar la productividad del suelo es directamente proporcional al grado de degradación al que ha sido sometida dicha tierra. Podemos diferenciar entre las estrategias de recuperación pasivas o activas. En las primeras, en cuyas tierras la degradación ha sido mínima, simplemente se debe dejar actuar a los procesos naturales, que con el paso del tiempo terminarían recuperando la salud de la tierra. Esta estrategia requiere muy poca inversión, pero necesita de mucho tiempo para ser efectiva. En segundo lugar, encontramos las estrategias activas, que requieren de mano de obra intensiva. Sus costes asociados son mucho mayores que en las anteriores, pero también lo es la rapidez con la que dichas tierras recuperan su fertilidad y sus reservas de carbono. Ambas estrategias no necesariamente deben de ser mutuamente excluyentes, una implementación combinada puede fomentar la efectividad en costes.

En definitiva, la tierra tiende por procesos naturales a regenerarse. Esta permutabilidad se hace efectiva en el largo plazo como ya se ha mencionado en las estrategias pasivas, pero al combinarse con el trabajo de personas expertas, los beneficios económicos, sociales y ecológicos pueden ser enormemente acelerados. (Hawken, Paul (editor), 2017)

La eliminación de zonas forestales tampoco es una solución viable, ya que este proceso genera enormes cantidades de gases contaminantes, además de poner en peligro la biodiversidad.

De acuerdo con el Fondo Mundial para la Naturaleza, cada minuto se pierde una superficie de bosque igual a la de 48 campos de fútbol. Las emisiones de carbono consecuentes de la deforestación y el uso de la tierra asociado se corresponden con una cifra entre 10 y 15 por ciento del total. Si se pretende satisfacer esta demanda existen dos alternativas para su producción: o más comida deberá ser producida en los cultivos o áreas de pastoreo existentes, o, por el contrario, más bosques y otros ecosistemas deberán ser transformados para la producción de alimentos.

En 2015 se estimó en 3 trillones el número de árboles en el mundo, muy superior a la que se creía anteriormente. Sin embargo, más de 15 billones de árboles son talados cada año. Desde que los humanos comenzaron a cultivar la tierra y domesticar animales para el consumo, la población de árboles ha disminuido en un 46% del total. Muchas zonas de conflicto bélico actual han sido completamente deforestadas: Libia, Yemen, Nigeria, Somalia, Ruanda, Paquistán, Nepal, Filipinas, Haití y Afganistán. Todas estas áreas geográficas sufren de la deforestación, del talado sin control para la obtención de madera, sobrepastoreo de la ganadería estabulada, la erosión del suelo y desertificación. Pero la lista no acaba aquí, las áreas mencionadas a continuación han presenciado la desaparición de más del 90% de su masa forestal original: Burma, Tailandia, India, Borneo, Sumatra, las Filipinas, el bosque de Mata Atlántica en Brasil, Somalia, Kenia, Madagascar y Arabia Saudí. Hoy en día los bosques cubren 40.04 millones de kilómetros cuadrados de la superficie terrestre, lo que se traduce en un escaso 30% de la superficie de tierra total. En China, el color del famoso Río Amarillo tiene su origen en la erosión del suelo de la meseta de Loess, como resultado de siglos de continuada deforestación y sobrepastoreo. Los bosques europeos fueron talados masivamente entre los siglos 17 y 20. Los americanos talaron simétricamente sus bosques durante los siglos 19 y 20. En América Central y América del Sur, el Sureste Asiático y África un proceso similar ocurrió durante el siglo 20, debido a la quema de las superficies forestales para el aprovechamiento

ganadero y la tala descontrolada para la sustitución de la vegetación originaria por monocultivos intensivos del árbol de Palma.

Además de la pérdida de la biomasa superficial del carbono contenido en los árboles durante los procesos de deforestación, se pueden liberar también de forma significativa las reservas de carbono subterráneas. Este suceso ocurre con una probabilidad aumentada cuando se utiliza la quema de árboles como técnica de deforestación y en las turberas, donde la densidad de carbono almacenado bajo tierra es mayor. Se estima que la conversión de bosques en campos de cultivo o pastoreo disminuye en un 30% la composición de carbono en la tierra.

Se estima que detener toda la deforestación y además restaurar las áreas forestales en todo el mundo podría compensar hasta un tercio de todas las emisiones mundiales. Un número creciente de proyectos gubernamentales y privados, comienzan a integrar este objetivo en sus operaciones. Estas operaciones incluyen la aplicación de legislación existente en pro de la conservación forestal, así como la implementación de reglamentos de deforestación más prohibitivos; la protección de los territorios indígenas, una obtención de madera y una agricultura verdaderamente sostenibles; y numerosos programas que permiten a las naciones ricas y multinacionales efectuar donaciones compensativas a aquellos países que aboguen por conservar las selvas tropicales.

Es por ello que, en 2005, las Naciones Unidas, a través de la FAO, pusieron en marcha uno de los programas más ambiciosos de la historia en Reducción de emisiones derivadas de la deforestación y de la degradación de los bosques (REDD+ en sus siglas inglesas) además de la gestión sostenible de los mismos y de la conservación y mejora de las reservas de carbono. Con este y otros programas existentes, se pretende incentivar la conservación de los bosques haciéndola más ventajosa económicamente para las poblaciones locales.

Los beneficios de la conservación forestal son muchos: la obtención de productos no relacionados con la madera (carne de animales salvajes y forraje y pienso silvestres), control de la erosión, polinización natural, control de las poblaciones de mosquitos y de plagas por medio de la protección de especies tan esenciales como los pájaros, murciélagos y abejas, y otros muchos servicios cortesía de la naturaleza. Sin embargo, estos beneficios ligados a la conservación forestal, son difusos para las poblaciones

establecidas en los territorios colindantes a los bosques ya que debe existir una compensación más efectiva para que puedan generar valor de un bosque intacto.

Los bosques tropicales son el hogar de dos terceras partes del total de especies animales y vegetales terrestres, una biodiversidad irremplazable, si se tiene en cuenta que estas selvas son la fuente de material genético para la obtención de nuevos y revolucionarios fármacos, de la cual, una cuarta parte deriva directa o indirectamente de plantas medicinales o de la posibilidad de sintetizar nuevos compuestos a partir de prácticas medicinales tradicionales propias de las poblaciones indígenas. A pesar de ello, estos beneficios medicinales no son inmediatos y es por ello que muchos rechazan su exploración.

Para la redacción de una agenda de conservación efectiva son fundamentales algunos factores: la inculcación del ecologismo en el imaginativo colectivo, la revelación mundial de los peligros que dimanan de un calentamiento global, la voluntad política, el apoyo de las poblaciones establecidas en áreas limítrofes a los bosques y la erradicación de las gobernanzas corruptas. En este último aspecto, ninguna nación se iguala a Brasil, donde la tala y quema del Amazonas se vio incrementada desde 1998 a 2004, eliminando 312000 kilómetros cuadrados de selva tropical (un área similar a la de Polonia). Sin embargo, durante la siguiente década, esta deforestación fue reducida en un 80 por ciento, cuando el gobierno central brasileño se comprometió con estrategias agresivas de conservación forestal. Ente otras iniciativas, el gobierno brasileño aprobó leyes más férreas, estrictas y novedosas, y con el apoyo de Alemania se lanzó a la monitorización científica por satélite del Amazonas, con el objetivo de alertar en caso de nuevas deforestaciones. Adicionalmente, Brasil eliminó las subvenciones a los sectores con ratios elevados de deforestación, financió proyectos de desarrollo sostenible y deforestación reducida, así como la persecución de un incremento en la productividad de las explotaciones agrícolas ya existentes.

También fueron clave los acuerdos voluntarios por parte de las empresas importadoras de soja para el embargo de soja proveniente de áreas recientemente deforestadas, así como el acuerdo llegado en 2009 entre Greenpeace y las tres empresas más grandes dedicadas al empaquetado de productos cárnicos y lácteos en Brasil, por el que dichas empresas se comprometían a eliminar sus compras a proveedores que deforestaran. En 2013, el 93 por ciento de los proveedores estaban comprometidos con la no deforestación. 65 de los 93

mataderos en Brasil firmaron un acuerdo de compromiso a la deforestación igual a cero. Todo ello, mientras la producción de carne y soja aumentaba.

En 2015, Brasil se benefició del último pago (100 millones de dólares) de una concesión monetaria hecha por Noruega de un total de un billón de dólares a aquellos países que alcanzaran los objetivos de deforestación y conservación marcados en tratados internacionales.

Sin embargo, en 2016, el número de kilómetros cuadrados deforestados volvió a verse incrementado, a pesar de las estrictas regulaciones ya establecidas y consolidadas. El mensaje extraído de este hecho es cristalino: las empresas productoras de carne y lácteos son también poderosas, y sin el compromiso de las mismas es imposible avanzar hacia un futuro sostenible. Es preocupante el hecho de que, al ritmo actual, las selvas tropicales serán deforestadas en su totalidad en 40 años. La financiación de la protección forestal iniciada por Noruega en 2005 podría ser la solución y aunque resulta difícil estimar cual sería el coste total de la preservación mundial de las selvas tropicales, un estudio afirma que destinando 50 billones de dólares al año (un 3 por ciento del gasto militar en todo el mundo) podría reducirse dos tercios de la deforestación tropical mundial. Resulta evidente que, si se añaden conjuntamente el impacto en las ratios de secuestro y almacenamiento de carbono, la protección forestal y la restauración de los bosques templados y tropicales se logra una de las herramientas más poderosas para la reversión del calentamiento global (Hawken, P. 2017).

En resumidas cuentas, el hecho de que la producción de alimentos deberá incrementarse en un futuro y que los recursos esenciales para ello son limitados, resulta ya evidente. Es por ello, que la competencia mundial por estos recursos esenciales, y en especial por el impacto del cambio climático en los mismos, está llevando a los países del Norte a adquirir grandes superficies de tierras de uso agrícola en países del Sur, lo que genera tensiones sociopolíticas e inseguridad alimentaria en dichos países en desarrollo. Cabe resaltar, que la salud alimentaria no se caracteriza por únicamente producir cantidades de alimento suficientes, sino de tener acceso a alimentos de calidad nutricional.

Este problema de difícil solución, necesita de un mando político coherente y unido ante el reto del cambio climático, la energía y la seguridad alimentaria. Ante este desafío, todo el sector alimentario deberá transformarse y aumentar su eficiencia en el uso de recursos, con el objetivo de reducir su impacto medioambiental. Es de vital importancia para lograr

estos objetivos, reducir la dependencia de los productos agroquímicos, minimizar los residuos alimentarios y el consumo de alimentos de producción intensiva en recursos naturales y con alta huella de carbono, como la carne.

En este proceso, no se debe infravalorar el papel esencial de los agricultores/as en la gestión y el mantenimiento de la biodiversidad mundial. Además, son un elemento decisivo de la economía rural (AEMA, 2015)

3. AGRICULTURA SOSTENIBLE.

3.1. Agricultura sostenible

La relación a la que debemos aspirar entre la agricultura y el medio ambiente puede designarse mediante el término <<agricultura sostenible>> que comprende actividades básicas de la agricultura tradicional-labrar, plantar, recolectar, la cría de animales y la comercialización- junto con una renovada ciencia de los costes y beneficios de su actividad, prestando especial atención al rendimiento y la gestión empresarial, dentro de un marco de <<desarrollo sostenible>> el cual permite satisfacer las necesidades actuales sin poner en peligro la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas propias. Para su correcta aplicación es de vital importancia mantenerse un equilibrio y el valor del patrimonio natural de manera globalizada, lo cual necesita de una actualizada percepción a largo plazo de los costes y beneficios sociales y económicos reales que son inherentes a la producción y al consumo.

Tomando otro punto de vista, en la sostenibilidad convergen diversos elementos relacionados con la utilización de la tierra: la custodia de la campiña, los ecosistemas y la biodiversidad, con metas como mantener intacta la calidad del agua potable y del aire. Desde esta ampliada visión, el uso de los recursos naturales para el desarrollo de la actividad agraria debe estar sujeto a la misión primordial de una agricultura que actúe como guardiana del medio ambiente y de la herencia cultural y rural.

Pero esta acepción de <<agricultura sostenible>> no debe distanciarse de los intereses de la sociedad en su totalidad en lo que se refiere a la tarea social que desempeña la agricultura, la viabilidad de las zonas rurales y la instauración de un sistema productivo en armonía con la sostenibilidad. En definitiva, la <<agricultura sostenible>> debe fundarse en un sistema holístico que comprenda las funciones productivas, sociales y ambientales.

El concepto de sostenibilidad en la agricultura esta actualizado con la actualidad climática y su implantación lleva impresa la práctica de “sistemas biológicos eficientes” como los que precedieron al desarrollo insolidario con el medio natural.

En resumidas cuentas, la <<agricultura sostenible>> se fundamenta en la minimización del uso de fertilizantes químicos y sintéticos, manteniendo unos cultivos de alta productividad y de calidad. Con este desmantelamiento de la agricultura convencional se garantiza una reducción notoria de las externalidades negativas que afectan al entorno natural y a las comunidades rurales y cosmopolitas (RUBIO, P. y URBANO, C. 2007).

El contenido de la sección incluida a continuación, así como el ranking incluido en los anexos, se fundamentan en el libro “Drawdown: the most comprehensive plan ever proposed to reverse global warming / edited by Paul Hawken”, publicado en 2017 por la editorial “Penguin Books”, referenciado como (HAWKEN, P. 2017). Únicamente han sido consultadas fuentes secundarias de información con el objetivo de contrastar datos arrojados por este libro, y cabe destacar que no he encontrado oposición alguna al contenido aportado por el equipo de Drawdown.

3.2. Prácticas de agricultura sostenible.

3.2.1. Agroforestería.

La estratificación, es uno de los rasgos más característicos de los bosques, desde el sotobosque al matorral y del dosel arbóreo a los árboles emergentes. Cada capa que surge del suelo forestal rebosa de vida y actividad. Las técnicas de la multi estratificación, se enraíza en esta estructura natural, y de forma paralela, combina árboles de gran tamaño con una o más capas inferiores de cultivos. Las especies vegetales que son compatibles con esta técnica de cultivo y que son además aprovechables para nuestro consumo varían en función de la región y la cultura, pero el espectro, en rasgos generales incluye: los cocoteros y la macadamia, la pimienta negra y el cardamomo, una serie de especies de hierbas aromáticas, la piña y las bananas, el café y el cacao, así como materiales que poseen una gran multitud de aplicaciones: la goma y la madera.

Esta técnica es capaz de prevenir la erosión y las inundaciones, regenera las aguas subterráneas, restaura las tierras y suelos degradados, respalda una biodiversidad floreciente proporcionando hábitat y pasillos entre ecosistemas fragmentados por la agricultura y, por último, se consigue la absorción y almacenamiento de grandes cantidades de carbono. Gracias al gran número de capas de vegetación, es posible

conseguir en un acre, una media de ratio de secuestro de carbono cercana a 2.8 toneladas al año.

En la actualidad, una superficie superior a 250 millones de acres, se cultiva mediante esta técnica, principalmente en los trópicos. Cabe destacar que dicha superficie se ha mantenido constante durante las últimas décadas. Entre los cultivos más utilizados encontramos aquellas variedades que florecen a la sombra, de dos de los productos más apreciados en el mundo: el café y el cacao para la producción de chocolate.

Hubo un tiempo en el que todo el café era cultivado a en la umbría, ya que la variedad arábica necesita de esta condición para florecer. Sin embargo, con el objetivo de incrementar el rendimiento de las cosechas, la mayoría de los agricultores/as del café empezaron a cultivar variedades que eran compatibles con una exposición completa al sol pero que proporcionan frutos con menos riqueza en sabor. Dichos monocultivos de café al sol producen beneficios en el corto plazo, pero a un enorme coste: agotan por completo los recursos del suelo. Por el contrario, los cultivos de café a la sombra son 2 o 3 veces más longevos que aquellas variedades plantadas al sol; poseen una capacidad natural de control de plagas, mayor fertilización y absorción de agua, lo que se traduce en ahorros en costes para los agricultores; necesita de un uso menor o igual a cero de productos químicos disminuyendo así la toxicidad de las plantaciones, y por lo tanto, incrementando la seguridad de los trabajadores; además, las especies de café cultivadas en la umbría proporcionan productos finales de mayor calidad, lo que otorga a los agricultores la capacidad de fijar precios más altos. Cabe destacar que todos los beneficios inherentes al cultivo de café en la penumbra, lo son también para los cultivos de cacao a la sombra. Los cultivos se adaptan bien a pendientes pronunciadas y tierras de cultivo degradadas, lugares donde otros métodos de cultivo tradicionales no podrían ser aplicados.

Estas plantaciones proveen a los/as agricultores/as de madera, disminuyendo la presión sobre los bosques naturales. En suma, a todos los beneficios ya mencionados y añadiéndose a la estabilidad económica sostenida en el largo plazo que este sistema de plantación es capaz de proveer a los/as agricultores/as, este método reviste de una gran resiliencia y resistencia ante los fenómenos climáticos extremos propios del cambio climático, incluyendo sequías o inundaciones. Por último, y en consonancia con los altos ratios de secuestro de carbono, estos sistemas de cultivo se encuentran entre los más eficientes en el uso energético del mundo por unidad de alimento producida.

A pesar de la gran cantidad de beneficios, este sistema es taxonomizado junto con otras muchas prácticas agrícolas y es por ello que suele ser infravalorado por ello, restándole la importancia que merece. Además, los costes asociados a un sistema de tamaño complejidad son elevados y no otorgan una rentabilidad inmediata, por lo que este sistema de cultivo puede encontrarse lejos de las posibilidades de granjeros/as con unos recursos escasos. Adicionalmente, dicha complejidad del método imposibilita el uso de maquinaria, lo que se traduce en unos costes de mano de obra mayores. Cabe destacar, que a pesar de que la resiliencia y la longevidad de los cultivos se incrementa enormemente, las cosechas pueden ser menores en comparación con los sistemas convencionales debido a que en las primeras, los cultivos deben competir por agua, luz y nutrientes.

Con respecto a las condiciones climáticas, la agroforestería por multi estratos necesita de un clima húmedo y por lo tanto no puede ser utilizada en cualquier lugar, pero en aquellas zonas climáticas donde es posible, promete un impacto enorme. Por último y con el objetivo de ayudar los/as agricultores/as a superar las barreras financieras y ayudarles a comprender los beneficios de una agricultura multiestratificada, es de vital importancia que se proporcionen incentivos financieros basados en el mercado, además de beneficios en forma de pagos por sus servicios al medio ambiente.

3.2.2. SRI (System of Rice Intensification).

El arroz provee un quinto del total de calorías consumidas en el mundo, por encima de alimentos básicos como el maíz o el trigo, y es el alimento base para 3 billones de personas, muchas de ellas en situación de pobreza y malnutrición.

Actualmente, el cultivo de arroz es responsable de al menos un 10 por ciento del total de emisiones producidas por el sector agrario y representa además entre un 9 y un 19 por ciento de las emisiones globales de metano. Estos altos ratios de emisión de metano se debe a que los campos de arroz inundados de agua son el entorno perfecto para microbios generadores de este gas, que se alimentan de materia orgánica en descomposición. Este proceso recibe el nombre de metanogénesis. Se prevé que estas emisiones por la metanogénesis aumenten con el calentamiento global.

El SRI (siglas procedentes del término en inglés “System of Rice Intensification” o Sistema de Intensificación en el cultivo del arroz), no es la única técnica disponible para la producción sostenible del arroz, pero es la más prometedora. Se trata de un sistema

holístico compuesto de un set muy simple de prácticas innovadoras, que transforman las 3 fases tradicionales del cultivo de arroz: plantar las semillas, el riego y tender.

- Fase de plantación: En vez de aglomerar las semillas y esperar durante 3 semanas para su trasplante conjunto, el SRI aboga por trasplantarlas individualmente cuando únicamente han pasado de 8 a 10 días mediante un utensilio de rejilla con una separación de un metro cuadrado. Gracias a esta técnica, se crea una menor densidad de plantas, dejando pasar más luz solar y creando mayor espacio para la extensión de las raíces bajo tierra.
- Sistema de riego: La gran mayoría de los arrozales, se encuentran continuamente inundados, lo que origina la metanogénesis. El SRI, por el contrario, evita esta práctica, y utiliza un sistema de riego intermitente. Durante la temporada de crecimiento, se utilizan técnicas de estrés hídrico, alternando entre condiciones húmedas y secas. Esto resulta más favorable para los microbios y las raíces ya que de esta forma respiran mejor. Estudios muestran que, únicamente aplicando el secado a mitad de la temporada, los/as agricultores/as ya son capaces de reducir entre un 35 y un 70 por ciento de las emisiones de metano.
- Fase de tendido: En la ausencia de agua, las malas hierbas son más propensas a prosperar y este hecho supone un difícil reto para las plantaciones. El SRI, ataja esta dificultad, mediante el uso de una azada de rotación manual, que ayuda a ventilar la tierra. Además, se utiliza compost orgánico que ayuda a incrementar la fertilidad del suelo y el secuestro de carbono. Reducir el uso de fertilizantes sintéticos protege el suelo y los recursos hídricos, por lo que es muy recomendable evitar su abuso.

Todo se resume a la creación del entorno ideal para el cultivo del arroz, que mediante este sistema recibe más luz, más aire y más nutrientes. El resultado: los arrozales son de mayor altura, se encuentran más sanos, y poseen raíces más fuertes gracias a las comunidades de microorganismos que prosperan en la tierra. Las cosechas aumentan entre un 50 y un 100 por ciento, el uso de semillas se ve reducido en un 80 o 90 por ciento y los recursos hídricos necesarios disminuyen entre un 25 y un 50 por ciento. Además, estos cultivos se adaptan mejor a las condiciones climáticas cambiantes – sequías, inundaciones y tormentas.

Existen también otros métodos que también consiguen un cultivo del arroz mejorado que se centran en el uso del agua para la mejorar de los procesos aeróbicos, en una aplicación

balanceada de nutrientes que reduce la metanogénesis e incrementa las cosechas, en el uso de variedades de arroz que necesiten menos agua y que estén adaptadas a entornos más aeróbicos y en las técnicas de labranza, y su uso mejora si son aplicados de manera complementaria.

La gran ventaja y simultáneamente el mayor inconveniente de la técnica “SRI” y otros métodos complementarios es que su aplicación únicamente necesita de un cambio de conducta alejado de los sistemas tradicionales de cultivo del arroz. Esto se traduce, por un lado, en que esta técnica es mucho más practicable ya que no requiere de inversiones previas, únicamente es intensiva en mano de obra al comienzo. Pero por el otro lado, significa que se necesita una gran transformación en el comportamiento de los/as agricultores/as, ya que los métodos tradicionales se encuentran muy embebidos en las comunidades locales. En suma, la mayor barrera técnica a la que se enfrentan los/as agricultores/as es en el control del sistema de riego, que reviste de mayor dificultad ya que requiere una gestión muy especializada y concienzuda.

3.2.3. Silvicultura.

La silvicultura se basa en la integración conjunta de bosque y pastos para la cría de ganado, desde las reses y las ovejas, hasta los renos y los patos. En lugar de eliminar al completo los árboles y la maleza, las técnicas silvícolas los integran a ambos en un sistema sostenible y simbiótico. Se trata de unas técnicas que se encuentran dentro de la familia de la agroforestería, y que es practicada en la actualidad en una superficie superior a 250 millones de acres alrededor de todo el mundo. Un ejemplo claro es el sistema de gestión sostenible de las dehesas, el cual se lleva practicando con el cerdo de bellota en la península Ibérica desde hace más de 45 años.

Estas técnicas están consideradas por las investigaciones más recientes como unas más poderosa en ratios de secuestros de carbono. Esto es debido a que son capaces de secuestrar carbono tanto de la biomasa situada sobre el nivel de la tierra, como del suelo subterráneo. Algunos estudios incluso señalan que los rumiantes son capaces de digerir de forma más fácil el forraje propio de este sistema de ganadería, emitiendo una cantidad de metano menor durante la digestión.

Las alternativas disponibles en este sistema son numerosas y diversas, y son efectivas aplicadas a cualquier escala, desde granjas de pequeños terratenientes hasta ranchos de grandes empresas cárnicas. Desde una perspectiva financiera y de riesgos, silvicultura es

tan útil debido a su enorme capacidad de diversificación, ya que, en un mismo terreno, un/a granjero/a tiene la posibilidad de poseer un bosque, de criar animales y de plantar cualquier otro producto propio del bosque, como pueden ser las nueces o las setas, los cuales generarán ganancias en diferentes horizontes temporales.

Además, la silvicultura demuestra ser enormemente más resiliente para el bosque y los animales que pastan en él, ya que es capaz de proveer sombra, protección del viento y forraje de gran calidad. Con una mejor alimentación y mayor refugio frente a las inclemencias del clima, la salud de los animales se ve aumentada, junto con su producción de leche, carne y descendencia.

Con respecto a la rentabilidad obtenida, esta varía en función del sistema específico de silvicultura empleado, pero estudios afirman que cualquiera de ellos proporciona entre un 5 y un 10 por ciento más de rentabilidad si se comparan con las técnicas tradicionales de pastoreo. En relación a los costes que soportan los granjeros se ven reducidos, ya que disminuye la necesidad de alimentar a los animales, se elimina la necesidad de utilizar fertilizante ya que el bosque y los animales lo proporcionan de forma natural y dejan de ser necesarios los herbicidas ya que se crea un ecosistema simbiótico y sano.

A pesar de que las ventajas de este sistema son evidentes, el crecimiento de su uso se ha visto frenado principalmente por factores culturales y prácticos. Estas técnicas necesitan de una mayor inversión monetaria inicial, además de la necesidad de obtener el “know-how”. En Colombia, por ejemplo, los/as granjeros/as precisan de una inversión inicial de 400 a 800 dólares por cada acre, lo que es un gasto alto en el corto plazo. También, en aquellos lugares donde las praderas son extensas existe un menor incentivo para plantar y mantener árboles. Además, y en suma a todas las barreras prácticas ya mencionadas, cabe destacar que existe una terquedad anclada a una mentalidad que responde a la imposibilidad de compatibilizar bosque y rebaños, lo que supone un gran impedimento cultural para muchos/as granjeros/as, que continúan afirmando que los árboles impiden el crecimiento del pasto.

3.2.4. Agricultura regenerativa.

El propósito principal de las prácticas de agricultura regenerativa es el de mejorar y regenerar continuamente la salud de la tierra mediante la restauración de su contenido de carbono. Estos sistemas de cultivo no utilizan la técnica del arado, practican la diversificación de cultivos de cubierta, aseguran la fertilidad de la tierra por procesos

naturales (sin necesidad de utilizar fuentes de nutrientes externas), una utilización mínima de pesticidas o fertilizantes sintéticos y múltiples rotaciones de cultivo.

Uno de los pilares fundamentales de estos sistemas es el de “no labranza o arado” de la tierra. En las granjas de agricultura tradicional, los arados exponen la tierra e invierten su estructura natural, enterrando las capas superiores. Cuando el suelo es arado, se expone al aire, y la vida contenida se descompone rápidamente y emite carbono en el proceso. Se estima que al menos un 50 por ciento del total de carbono contenido en la tierra ha sido ya liberado a la atmósfera en los últimos siglos – aproximadamente un total de 80 billones de toneladas de carbono. Al contrario, si el carbono se almacena en la materia orgánica que forma el suelo, prolifera la vida de los microbios, la textura del suelo mejora, las raíces se introducen a más profundidad, los gusanos terrestres producen lombricomposta, rica en nitrógeno; la absorción de nutrientes es óptima; la capacidad de retención de agua incrementa notoriamente, aumentando la resistencia de la tierra a las sequías o a las inundaciones; las plantas se encuentran mucho mejor nutridas y son más resistentes a las plagas; por último, la fertilidad del suelo es tan alta que elimina casi al completo la necesidad de añadir fertilizantes sintéticos (esto es posible gracias a la utilización de cultivos de cubierta).

El uso de cultivos de cobertura en campos que acaban de ser cosechados ha sido probado como una medida efectiva para eliminar las malas hierbas y, por ende, el uso de herbicidas, proporcionando fertilizante y cubierta extras. Las posibilidades de cultivo incluyen una gama muy diversa de géneros: en primer lugar, legumbres como los guisantes, las lentejas o las habas; de la familia de las brassicáceas como la col rizada, la mostaza o los rábanos; plantas de hoja ancha como los girasoles, el sésamo o las endibias; y hierbas como la avena sativa, el centeno o el sorgo. Cada cultivo proporciona diferentes aditivos a la tierra, desde proveer sombra hasta la restauración del nitrógeno en el suelo, fabricando biológicamente fósforo, cinc o calcio.

Con la rotación convencional de cultivos, la soja y el maíz son sembrados alternativamente cada año, o el trigo es cultivado un año y al siguiente se deja ese mismo campo en barbecho. Por el contrario, en las granjas donde se practica la agricultura regenerativa, se rotan 8 o 9 tipos de cultivos como por ejemplo el trigo, girasoles, avena, cebada, lentejas... Los/as granjeros/as, mediante este sistema “contratan seguros de riesgo” para sus plantaciones a través de la diversificación de cultivos, ya que esta técnica previene plantaciones infectadas por plagas u hongos. Para un mayor impacto en la

fertilidad de la tierra, los expertos afirman que debe complementarse con técnicas de intercalado de árboles con las cosechas, la cual desarrollaré en el siguiente apartado.

Cabe destacar que, la agricultura regenerativa no es un sistema de cultivo que persiga la eliminación completa e inmediata de los fertilizantes sintéticos, o, en otras palabras, no se trata de un movimiento de naturaleza purista. Algunos/as agricultores/as defienden una postura orgánica de cultivo, mientras que otros utilizan pequeñas cantidades de fertilizantes artificiales cuando plantan maíz, mientras efectúan una transición hacia la certificación de productos orgánicos.

Desde hace mucho tiempo, ha existido la mentalidad de que el mundo no puede ser alimentado sin la utilización de productos químicos y fertilizantes sintéticos, pero la evidencia apunta en la dirección contraria. El suelo necesita ser alimentado para poder ser productivo y reducir además el carbono de la atmósfera. La erosión del suelo le cuesta a los Estados Unidos un montante total de 37 billones americanos de dólares cada año y 400 billones globalmente, siendo la producción de comida culpable del 96 por ciento de la erosión.

La agricultura regenerativa no se basa en la no-presencia de productos químicos, es la presencia de la ciencia observable, un sistema que alinea la agricultura con los procesos naturales, y se presenta como una de las alternativas más eficientes para proteger simultáneamente la salud humana, la salud del suelo, y la salud del medio ambiente, además de dotar de solvencia financiera a los/as granjeros/as.

3.2.5. Intercalado de árboles.

Como todas las prácticas regenerativas de uso de la tierra, el intercalado aumenta el carbono presente en el suelo e incrementa la productividad de la tierra; proporciona protección frente al viento y por ende la erosión disminuye; crea un hábitat seguro para los pájaros e insectos beneficiosos; los cultivos anuales de rápido crecimiento, menos resistentes a la lluvia y al viento son protegidos; los cultivos de raíces profundas son capaces de obtener nutrientes y minerales inalcanzables para plantas con raíces poco profundas, ayudándolas así a prosperar; las vides y plantas trepadoras ya tienen un enrejado natural por el que expandirse; y por último, gracias a la sombra que se crea, aquellos cultivos más sensibles a la luz prosperan.

Las combinaciones posibles de intercalado son interminables y de preciosa apariencia exterior: pimientos chili con café, olivos con cebada, avena y lavanda, avellanos y rosales,

nogales con trigo... En áreas tropicales se puede incluso realizar un triple intercalado, como, por ejemplo, juntando cocoteros, bananeros y jengibre. Los arreglos de intercalado de árboles con cosechas son casi infinitos, y varían en función de la topografía, la cultura, el clima y el valor de las cosechas.

Los diferentes sistemas de intercalado también son numerosos: la cosecha por callejones, en la cual los árboles son plantados en filas, dejando espacio entre ellas para los cultivos, los cuales son naturalmente fertilizados; la agricultura “Evergreen” o de hoja perenne; el cultivo en fajas; la jardinería forestal; y muchos otros.

El intercalado arbóreo refuerza la idea de que el bienestar humano no depende de un sector agro-alimentario que sea extractivo y hostil hacia los organismos presentes en el medio ambiente. Más acertadamente, el progreso agrícola está correlacionado con la innovación, la investigación y la práctica de sistemas agrícolas que sean capaces de alimentar a una población mundial en aumento, mientras que se protege el suelo, la fertilidad, los hábitats naturales, la diversidad y el agua de consumo.

3.2.6. Agricultura de conservación.

El arado, ha sido considerado históricamente como uno de los avances más revolucionarios en el campo de la agricultura, y se ha utilizado desde su invención en el 4000 a.C. como una herramienta para soltar la tierra y remover la capa superior de la tierra antes de sembrar los cultivos. Sin embargo, como ya ha sido mencionado, a pesar de que esta técnica se instrumentaliza con el objetivo de preparar la tierra para ser productiva, se obtiene en realidad un resultado opuesto, los nutrientes son más pobres y la calidad de la tierra disminuye.

La agricultura de conservación se fundamenta en 3 pilares principales: minimizar la perturbación de la tierra, mantener siempre la tierra cubierta y gestionar eficientemente la rotación de cultivos. Este sistema, al igual que la agricultura regenerativa, no se utiliza el arado, pero difieren en el uso de pesticidas y fertilizantes sintéticos. Al no arar el suelo, los/as granjeros/as siembran directamente, dejando los residuos generados por la anterior plantación o utilizando cultivos de cubierta para proteger el suelo.

La agricultura de conservación se encuentra bastante extendida ya que los/as agricultores/as pueden adoptarla con relativa facilidad y rapidez, obteniendo un gran espectro de beneficios, como, por ejemplo, la capacidad de retención del agua y de los

nutrientes. La mayoría de granjeros que utilizan este sistema de cultivo minimizan sus costes, obtienen mejores cosechas y, por lo tanto, incrementan su rentabilidad.

En relación a la capacidad de secuestro de carbono, la agricultura de conservación absorbe una cantidad de carbono relativamente baja (una media de media tonelada por acre de tierra), pero debido a la gran preponderancia de cultivos anuales en el mundo (aproximadamente un 89 por ciento del total) su potencial es enorme (únicamente se practica en un 10 por ciento de esa superficie), pudiendo transformar este segmento dominante de la agricultura desde un emisor neto de gases de efecto invernadero hacia un sector de emisiones netas negativas. Además, al tornar la tierra mucho más resiliente a los eventos extremos climáticos, como largas sequías o intensas lluvias, es doblemente valioso en un mundo que está calentando.

Sin embargo, la agricultura de conservación, al encontrarse dentro de las prácticas que eliminan el arado del suelo, es criticada, en especial en los países de occidente, por necesitar para su eficiente aplicación un uso excesivo de herbicidas y de cultivos genéticamente modificados. Otros, defienden que, en ese caso, ya no se trata de agricultura de conservación, arguyendo que, en la mayor parte de África, el herbicida no es usado por los/as agricultores/as en plantaciones en las que el uso del arado ha sido eliminado.

El mayor reto al que se enfrenta es al espacio temporal entre los costes de inversión iniciales y las ganancias que se terminan obteniendo. Esta condición es especialmente dañina para los pequeños propietarios y aquellos agricultores que alquilan la tierra y que por ende tienen menos incentivos a invertir a largo plazo. Mediante programas educativos, de equipamiento y de apoyo financiero, millones de granjeros/as podrían sumarse a este sistema, hacerse con los beneficios y conseguir convertir las plantaciones en almacenes de carbono.

3.2.7. Compostaje.

Una tierra fértil se compone de una mezcla de rocas fragmentadas procedentes de la erosión, materia orgánica en descomposición y una gran comunidad, lo que origina que en una cuchara de tierra saludable existan más microbios que personas habitando el planeta tierra. Estos microorganismos presentes en la tierra, juegan un doble papel: en primer lugar, ayudan a descomponer la materia orgánica procedente de animales y plantas sin vida, devolviendo nutrientes esenciales a los ciclos naturales de un ecosistema; y, en

segundo lugar, intercambian dichos nutrientes con las raíces de las plantas a cambio de carbohidratos que estas liberan y que sirven de alimento para las bacterias y los hongos.

Como todas las criaturas vivas, los humanos crean desperdicios sólidos, siendo únicamente la mitad de ellos orgánicos o biodegradables, es decir, que se descomponen en varios días o meses. Durante milenios, estos residuos orgánicos tan útiles retornaban a la naturaleza, sin embargo, a día de hoy, una gran proporción termina en vertederos, donde se pudre debido a la falta de oxígeno, produciendo gas metano. A pesar de que muchos vertederos poseen alguna forma de administrar dicho metano, resulta mucho más efectivo utilizar estos residuos biodegradables para formar el compost, reduciendo emisiones, ya que el proceso natural del compostaje evita las emisiones de metano mediante un sistema apropiado de ventilación, sin el cual, los beneficios del compost disminuyen.

Con indiferencia de la escala de aplicación del compostaje, ya sea en el jardín de un particular como en una plantación comercial, el proceso básico es estándar: garantizar una humedad, aire y calor adecuados. Practicado de forma adecuada, bacterias, protozoos y hongos prosperan en la materia orgánica rica en carbono, alimentándose de sus componentes, y convirtiendo el compost es un valioso fertilizante, reteniendo el agua y los nutrientes de la materia original y pudiendo ayudar en el almacenamiento del carbono en la tierra.

En la actualidad, gestionar los residuos orgánicos producidos en las ciudades no es tarea fácil, como en el reciclaje, un sistema de recogida de residuos orgánicos para la producción de compost requiere esfuerzos para educar a la población, desarrollar la infraestructura necesaria para la recogida, transporte y procesamiento de los residuos, además de implementar estrategias de recogida especializadas. Sin embargo, y a pesar de los ambiciosos retos que plantea, grandes metrópolis son capaces de recuperar estos desechos en su totalidad para su aprovechamiento. En 2009, se aprobó en San Francisco una ley que obliga a la ciudad a utilizar todos los residuos orgánicos para la producción de compost. En Seattle utilizan contenedores especiales para los residuos orgánicos, y multan a aquellos/as ciudadanos/as que no obedecen la normativa. En Dinamarca, Copenhague, no se ha enviado residuos orgánicos a vertederos desde hace más de 25 años, consiguiendo una triple victoria: ahorro en costes, producción de compost y mitigación de emisiones de carbono.

3.2.8. Sistemas de irrigación.

La agricultura, consume en la actualidad el 70 por ciento del total de agua dulce disponible en el mundo, y la irrigación es esencial para producir un 40 por ciento de toda la comida en el planeta. Debido a esta condición, la irrigación puede provocar tanto el agotamiento del agua presente en la superficie como la presente en los acuíferos, causando tensiones por el control de los recursos hídricos restantes entre ciudades, granjas y negocios. Además, el bombeo y la distribución del agua requiere de enormes cantidades de energía, produciendo emisiones contaminantes en el proceso.

El sistema de irrigación convencional es el de “de inundación” que consiste en sumergir los campos y continúa siendo predominante en muchas partes del mundo. Sin embargo, durante la primera mitad del siglo 20, surgieron nuevos métodos de irrigación más precisos y eficientes, ayudando a los/as agricultores/as a reducir costes, a la par que se reduce el impacto ambiental. Existen dos sistemas principales: por goteo y mediante rociadores. El primero, en su implementación consigue una efectividad del 90 por ciento, mientras que mediante el segundo se obtiene una precisión del 70 por ciento. Esto se traduce en un valor productivo maximizado por cada gota de agua empleada para la irrigación.

Los beneficios de utilizar métodos eficientes de regadío son numerosos: se disminuye la demanda de energía, reduciendo las emisiones contaminantes; las cosechas son más abundantes; los costes disminuyen; la erosión del suelo es menor; al poseer menor humedad, los campos son menos propensos a sufrir plagas; la demanda del agua se disminuye, protegiendo ríos, lagos y acuíferos, además de reducir las disputas entre los agentes interesados en su explotación; y por último, la irrigación por goteo puede practicarse en emplazamientos muy diversos.

Sin embargo, un sistema de regadío más preciso y más eficiente requiere una mayor infraestructura, no se trata únicamente de inundar los campos abriendo las compuertas de las acequias. Esto se traduce en mayores gastos iniciales y en un incremento en los costes de mantenimiento.

Las cosechas necesitan de cantidades variables de agua dependiendo de la fase de crecimiento en la que se encuentran y es por ello que los agricultores utilizan “programas de irrigación”, mediante los cuales pueden monitorizar las necesidades hídricas de los cultivos, en aras de una mayor eficiencia. La práctica de la “irrigación deficiente” es

similar en su aplicación: determinados cultivos poseen una mayor resistencia a las sequías en determinadas épocas del año, por lo que los agricultores pueden recortar el empleo del agua, además, se ha demostrado que este método de estrés hídrico puede mejorar la calidad de las cosechas.

La utilización de sensores es otra práctica dirigida a un uso eficiente y efectivo del agua, permitiendo a los/as agricultores/as reducir el trabajo de reconocimiento de necesidades hídricas de las plantaciones. Los sensores monitorizan la humedad de la tierra y controlan los sistemas de irrigación de forma automática.

En la actualidad, la superficie de cultivos que utilizan un sistema de irrigación por goteo u otros “microsistemas de regadío” se ha multiplicado por 6 en los últimos 20 años, desde apenas 4 millones de acres hasta casi 26 millones en 2019, aunque únicamente representa menos de un 4 por ciento del total.

Esta tecnología posee una única gran barrera para su expansión: el coste de adquisición y de instalación. Esta condición sitúa estos sistemas de regadío fuera del alcance de la gran mayoría de pequeños/as propietarios/as, a pesar de los grandes avances que se están produciendo en la oferta de sistemas de irrigación a bajo coste. Resulta también necesario comenzar a subvencionar y a otorgar préstamos a propietarios que pretendan implementar esta tecnología. Además, se necesita adquirir los conocimientos necesarios para una correcta implementación y mantenimiento para una utilización óptima.

3.2.9. Pastoreo de rotación.

El pastoreo de rotación imita el comportamiento de las manadas de herbívoros en su estado natural: los herbívoros salvajes, se agrupan como método de protección frente a los depredadores; se alimentan de hierba perenne y caduca; fertilizan con sus heces y orina a medida que pastan, entremezclando la tierra con sus pezuñas; y no vuelven al mismo pasto en un año una vez se han alimentado.

Tal y como ya ha sido mencionado con anterioridad, los herbívoros rumiantes como las vacas, las cabras o las ovejas, fermentan la celulosa procedente de la hierba en su sistema digestivo (fermentación entérica), descomponiéndola mediante microbios que producen metano durante dicho proceso, y es precisamente esta relación entre la vaca y el forraje la que determina la salud y la productividad de los hatos ganaderos y del mismo pasto.

Cuando los pastos se sobreexplotan, las reservas de nutrientes presentes en las raíces desaparecen rápidamente. Esto se conoce como sobrepastoreo, y en la actualidad, se

practica en una superficie de tierra mayor al billón de acres. Además, y en contraposición a lo que tradicionalmente se pensaba, la tierra no se recupera del sobrepastoreo por el simple hecho de retirar los animales. Si los herbívoros, salvajes o domesticados, son retirados, la tierra se deteriora, produciendo un daño muy parecido al que se origina con la sobreexplotación, la salud de la tierra disminuye y se libera el carbono presente en la tierra.

Existen 3 técnicas básicas de rotación: con la primera técnica, se deben de mezclar en el mismo campo varias especies de herbívoros, a la vez que se disminuyen el número de animales por acre, evitando así el sobrepastoreo; en la segunda, se utiliza un sistema rotacional que sistemáticamente mueve los animales de unos pastos a otros, permitiendo el descanso de los cercados que se encuentran exhaustos; y en la última técnica, los animales son colocados en prados con mucha menor superficie, rotando continuamente de un prado a otro, y permitiendo descansar a los campos en función del clima local.

Estudios reflejan una gran cantidad de impactos provenientes de estas tres técnicas. Con relación a las ratios de secuestro de CO₂, se obtiene un resultado similar al de la agricultura de conservación, ya que la tierra utilizada para el pastoreo es superior al 70 por ciento del total de la tierra utilizada para prácticas agrícolas, por lo que, si se aplican estas técnicas a gran escala (es posible ya que permiten su aplicación en áreas geográficas muy diversas), su impacto puede ser enorme, a pesar de que su ratio de absorción de carbono por acre son relativamente bajos.

Los beneficios son numerosos: los/as granjeros/as que emplean estos sistemas testifican que la vegetación perenne que había sido eliminada, ha vuelto a sus campos; en las granjas donde se emplea una intensa rotación cada uno o dos días, afirman un incremento superior al 200 por cien en la capacidad de los pastos de albergar animales; los pastos originales se reestablecen por sí solos, evitando a los granjeros la siembra, ahorrando en costes y en tiempo de trabajo; el arado se erradica, disminuyendo los gastos de combustible y equipamiento; además, el comportamiento de los rebaños cambia, gracias a una mayor permisividad de movimiento; se incrementan los azúcares y proteínas de los pastos.

La experimentación del sistema de rotación del ganado continua en ascenso a nivel global, y comienzan a aparecer redes de comunicación entre granjeros/as, ya sea a distancia o cara a cara, para compartir sus experiencias, ya que existen muchas técnicas dentro de este sistema que únicamente han sido probadas en determinadas granjas y es por ello que

únicamente pueden ser transmitidas por el/la granjero/a en cuestión. En líneas generales, los resultados suelen ser óptimos cuando el pastoreo es intenso y rápido, dejando más tiempo de descanso a la tierra. La proteína y los azúcares del forraje mejoran, incrementando la salud microbiológica de las plantas y consiguiendo la proliferación de los hongos micorrizas, que secretan un compuesto pegajoso llamado la glomalina. Gracias a esta sustancia, la tierra se comienza a adherir en minúsculos gránulos, lo que generan una tierra fina, fácilmente desmenuzable y que deja espacios libres por los que puede fluir el agua. Los practicantes de estas técnicas afirman que, sus suelos son capaces de absorber entre 8 y 14 pulgadas de lluvia, mientras que, empleando las técnicas convencionales, el suelo se erosiona con una única pulgada de agua de lluvia.

Los/as practicantes/as describen aumentos significativos en sus retornos debido a una productividad muy superior, también relacionado con una disminución en los costes por uso de herbicidas, pesticidas, fertilizantes, de combustible diesel y en los costes por contratación de veterinarios. También describen cómo la vida ha vuelto a sus tierras – bandadas de pájaros, zorros... y una gran cantidad de insectos polinizadores como abejas o mariposas.

4. CONCLUSIONES.

La agricultura sostenible se presenta como una de las herramientas más eficaces y prometedoras para la lucha contra el cambio climático por varias razones: en primer lugar, afirmo que podría convertirse en una herramienta eficaz a escala global debido a que no solo es un sector que podría ser capaz de reducir sus emisiones, sino que además, podría transformarse en un sumidero de emisiones antropogénicas de CO₂, devolviendo enormes cantidad de carbono a su repositorio original; en segundo lugar, declaro que es un sector que llama al optimismo y que se presenta como prometedor, principalmente porque el futuro de las actividades agrícolas se encuentra estrechamente ligado a la evolución del calentamiento global, además debe ser capaz de resolver la difícil disyuntiva que dimana de una población mundial en aumento, unas tierras de cultivo que difícilmente pueden ser extendidas en mayor medida y un escaso presupuesto de emisiones restantes de carbono; en tercer lugar, y en el caso de que el raciocinio no fuese protagonista en las decisiones y en los comportamientos de los agentes que forman el sector, agricultores y agricultoras de todo el mundo continuarían estando interesados ya que la agricultura sostenible es capaz de reportar beneficios a todos los niveles en una

plantación; en cuarto lugar, la agricultura sostenible puede convertirse en la palanca que ayude al tercer mundo a emanciparse del yugo del Norte, convirtiendo a múltiples comunidades en autosuficientes, siendo capaces además de generar excedentes para su comercio.

Sin embargo, la agricultura sostenible también debe hacer frente a una gran barrera que dificulta su progresión hacia la condición de sector completamente descarbonizado y respetuoso con el medio ambiente. Sin perjuicio del hecho de que las prácticas agrícolas sostenibles son capaces de reportar beneficios en gran cantidad de dimensiones, el espacio temporal existente entre la inversión inicial de capital y trabajo, y la llegada de los beneficios se incrementa, por lo que muchos pequeños/as propietarios/as no disponen de los recursos necesarios para afrontar este escenario y optan por la vía de la agricultura convencional, por lo que resulta esencial que estos agricultores/as reciban incentivos y subvenciones para lograr facilitarles la transición hacia prácticas orgánicas.

Además, existen otros factores que no debemos dejar de lado, que no han sido mencionados durante el trabajo pero que creo que deben ser destacados por su trascendencia en el asunto tratado en el presente trabajo: en primer lugar, abruma la cantidad de plástico que se emplea en el envasado de los productos alimentarios y que sin duda alguna está contaminando el entorno natural, es por ello que se debe encontrar también una solución a este problema; en segundo lugar, nosotros, los/as consumidores/as, debemos darnos cuenta del enorme poder que poseemos cada vez que nos dirigimos a hacer la compra, cada vez que decidimos adquirir un producto, estamos validando y apoyando a la empresa y al grupo empresarial en cuestión, una decisión que se asemeja mucho a votar en una elecciones pero en vez de cada 4 años, prácticamente cada día. Sin embargo, este hecho continúa siendo una barrera al cambio, ya que a mi parecer seguimos estando ampliamente desinformados y ello nos impide consumir de forma responsable con el medio ambiente, a la par que apoyando a los productores locales de alimento. Si bien es cierto que estos productos responsables requieren de un mayor esfuerzo económico para determinados grupos de consumidores, deben de incentivarse mediante una mayor inversión verde por parte de los gobiernos, consiguiendo reducir los precios de estos productos; en último lugar, añadir que, los sectores de ganadería y productos lácteos continúan anclados a la insostenibilidad, a la pérdida de biodiversidad y al maltrato animal y se plantea difícil que esto cambie.

En este trabajo he encontrado una principal limitación que ha sido la falta de información realmente consensuada, ya que se trata de un sector que se encuentra aún en sus fases iniciales de desarrollo, y claramente hace falta una mayor investigación acerca de los pros y los contras de las prácticas agrícolas sostenibles. Sin embargo, este trabajo cumple su función divulgativa y sensibilizadora acerca de las alternativas existentes a la agricultura tradicional y de los desafíos que plantea del calentamiento global al sector.

La humanidad enfrenta un futuro incierto. Si bien es verídico que parece que el desafío climático esta comenzando a calar en el imaginativo colectivo, lo hace de manera demasiado lenta, teniendo en cuenta las enormes transformaciones paradigmáticas que deben realizarse para evitar superar el grado y medio de aumento medio en las temperaturas globales. Está en nuestras manos el futuro de todo el planeta y de las formas de vida que lo componen, y hasta que no seamos conscientes de ello, no podremos comenzar a remar todos en la misma dirección, algo que la reciente pandemia del Covid-19 nos ha demostrado que, en nuestro tiempo, es más que posible unirnos contra un enemigo común.

5. BIBLIOGRAFÍA

- JUNTA DE ANDALUCÍA (2015): *El cambio climático en el sector agrario*. [En línea]. Página web de la Junta de Andalucía, consejería de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Sostenible. [Fecha de consulta 28/6/2020] Disponible en: <<https://www.juntadeandalucia.es/organismos/agriculturaganaderiapescaydesarrollosostenible/areas/agricultura/agricultura-y-cambio-climatico/paginas/la-agricultura-y-el-cambio-climatico.html>>
- AEMA (2015): *La agricultura y el cambio climático*. [En línea]. Página web de la Agencia Europea de Medio Ambiente [Fecha de consulta 28/6/2020]. Disponible en: <<https://www.eea.europa.eu/es/senales/senales-2015/articulos/la-agricultura-y-el-cambio-climatico>>
- CCGM (2017): *Metano*. [Fecha de consulta 28/6/2020] Disponible en: <<https://cambioclimaticoglobal.com/metano>>
- PRTR (2007a): *CH4 (Metano)*. Página web del Ministerio para la Transición Ecológica y el reto demográfico, PRTR España. [Fecha de consulta 28/6/2020]. Disponible en: <<http://www.prtr-es.es/Metano-776112007.html>>
- PRTR (2007b): *N2O (Óxido nitroso)*. Página web del Ministerio para la Transición Ecológica y el reto demográfico, PRTR España. [Fecha de consulta

28/6/2020]. Disponible en: <<http://www.prtr-es.es/n2o-oxido-nitroso%2C15592%2C11%2C2007.html>>

- HAWKEN, P. (2017): *Drawdown: the most comprehensive plan ever proposed to reverse global warming / edited by Paul Hawken*. Editorial: Penguin Books. [Consulta continuada desde 20/3/2020 hasta 29/6/2020]. Enlace página web: <<https://www.drawdown.org/the-book>>
- RUBIO, P. y URBANO, C. (2007): *Investigación aplicada al desarrollo de territorios rurales frágiles*, Sección: *Agricultura Sostenible*. Editores: Universidad de Zaragoza, Pressas Universitarias Zaragoza. Páginas 495-564.

6. ANEXO 1

Figura 6.1 Ranking de prácticas sostenibles en función a su potencial de reducción de emisiones para 2050.

Ranking	Solución	Reducción total de CO2 en la atmósfera en GT	Coste neto (en billones de dólares estadounidenses)	Ahorros netos (en billones de dólares americanos)
1	<i>Sistemas Silvopastoriles</i>	31.19	\$41.59	\$699.37
2	<i>Agricultura regenerativa</i>	23.15	\$57.22	\$1928.10
3	<i>Agricultura de conservación</i>	17.35	\$37.53	\$2119.07
4	<i>Intercalado arbóreo</i>	17.20	\$146.99	\$22.10
5	<i>Pastoreo de rotación</i>	16.34	\$50.48	\$735.27
6	<i>Restauración de tierras de cultivo</i>	14.08	\$72.16	\$166.28

7	<i>Cultivo de arroz mejorado</i>	11.34	N/C	\$519.06
8	<i>Agroforestería</i>	9.28	\$26.76	\$709.75
9	<i>Sistema de cultivo de arroz intensificado</i>	3.13	N/C	\$677.83
10	<i>Compostaje</i>	2.28	-\$63.72	-\$60.82
11	<i>Sistemas de irrigación</i>	1.33	\$216.6	\$429.67

Fuente: (HAWKEN, P. 2017)