

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD
CATÓLICA DEL PERÚ**

FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES



La gramática del MuSIASEM como
herramienta de representación para el
análisis de la sostenibilidad del sistema
alimentario en el Perú.

Tesis para obtener el título profesional de Licenciado en Economía
que presenta:

Miguel Angel Morales Capuñay

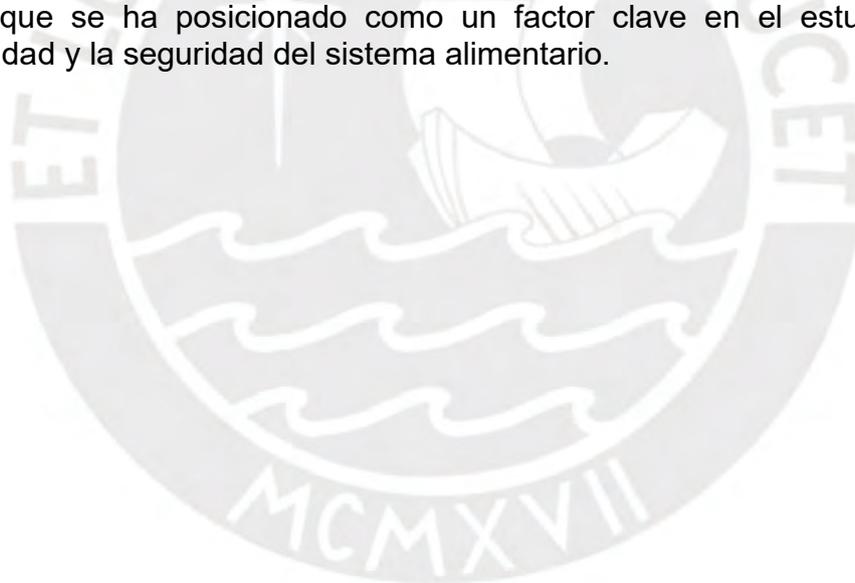
Asesor:

Jose Carlos Silva Macher

Lima, 2022

Resumen:

Los estragos producidos como consecuencia de la actividad humana en el funcionamiento del ecosistema se han convertido en prioridad en los últimos años. Un ámbito clave en el que se ha puesto mayor énfasis es el sistema alimentario. Debido a que este proporciona los alimentos necesarios para las sociedades, pero, al mismo tiempo, involucra una de las actividades que mayor impacto ambiental ocasiona, la agricultura. Adicionalmente, el crecimiento demográfico mundial, los problemas del cambio climático y el aumento de la demanda de alimentos supondrán una serie de retos para los tomadores de políticas con respecto a la sostenibilidad del sistema. Por ello, se hace fundamental comprender el comportamiento del sistema alimentario a través de las distintas escalas y niveles en las que interactúa. Este documento de tesis propone el MuSIASEM como una herramienta analítica capaz de mejorar nuestra comprensión del sistema alimentario, porque integra coherentemente variables sociales, económicas y ambientales; manteniendo, en todo momento, la pertinencia de escala y nivel. El MuSIASEM proporciona una caracterización del estado del sistema (modo diagnóstico) y una exploración de los futuros limitantes biofísicos (modo anticipación). Para demostrar su potencial analítico se implementó en el sistema alimentario del Perú. Los resultados indican un alto grado de dependencia de las importaciones en el grupo de alimentos del tipo cereales que se ha posicionado como un factor clave en el estudio de la sostenibilidad y la seguridad del sistema alimentario.



Índice

1. Introducción.....	2
Pregunta de investigación:.....	5
2. Metodología.....	7
2.1. Marco teórico del MuSIASEM.....	7
2.2. Área de estudio.....	9
2.3. Elaboración de la gramática de los alimentos.....	9
2.4. Fuentes y tratamientos de la información.....	13
2.5 Limitaciones.....	18
3. Resultados.....	18
3.1. Modo diagnóstico.....	18
3.1.1 Perspectiva interna:.....	18
3.1.2 Perspectiva Interfaz:.....	22
3.1.3 Perspectiva externa.....	29
a) Producción local versus importaciones.....	29
b) Exportaciones.....	35
3.2 Modo simulación.....	38
4. Discusión.....	39
4.1 Sobre la metodología.....	39
4.2 Sobre el caso del Perú.....	40
5. Conclusiones:.....	46
6. Bibliografía.....	48
7. Anexos:.....	53

Figuras:

Figura 1: Gramática de los alimentos.....	13
Figura 2: Resultados de la visión interna.	19
Figura 3: Porcentaje de Energía Endosomática y Proteína por producto.....	20
Figura 4: Consumo calórico aparente Perú vs Consumo calórico Dieta sostenible... ..	21
Figura 5: Usos Finales del Maíz y Trigo 2015	22
Figura 6: Producción, Importación e índices de autosuficiencia.....	24
Figura 7: Índices de autosuficiencia de productos del grupo cereales.....	24
Figura 8: Principal uso final, Producción e importación de maíz y trigo	26
Figura 9: Importación de Trigo y Maíz por país de procedencia	27
Figura 10: Relación entre demanda de Pienso y Maíz	28
Figura 11: Suministro Interno y Índices de autosuficiencia animal.	29
Figura 12: Producción e importación en equivalente primario.....	30
<i>Figura 13: Requerimientos de Tierra (hectáreas), Año 2015.....</i>	<i>31</i>
Figura 14: Requerimiento de mano de obra (horas de trabajo), Año 2015	32
Figura 15: Requerimiento de agua azul y verde en metro cúbicos, Año 2015.....	34
Figura 16: Requerimiento de Fertilizantes por Nutrientes (Kg) Año 2015	35
Figura 17: Exportaciones por grupos de alimentos, tierra y horas de trabajo.....	37
Figura 18: Escenarios Futuros	39



Tablas:

Tabla 1:Definición de variables utilizadas en la investigación	12
Tabla 2: Procedimiento para el uso de las cantidades en la producción local.....	16
Tabla 3: Procedimiento para el uso de las cantidades en las importaciones	16
Tabla 4: Fuentes de información.....	17
Tabla 5 :Formato de tabla de balances alimentarios.....	53
Tabla 6: Porcentaje de importación de trigo por países.....	55
Tabla 7: Porcentaje de importación de maíz por países.....	56



Anexos:

Anexo 1: Composición de tabla de balances alimentarios. 53
Anexo 2: Porcentaje de Importación trigo y maíz de principales países..... 55
Anexo 3: Situación población rural (Porcentaje de población total)..... 57



1. Introducción

Los estragos producidos como consecuencia de la actividad humana en el funcionamiento del ecosistema se han convertido en prioridad en los más importantes organismos internacionales y locales. Poniéndose de manifiesto que la gestión inadecuada del medio ambiente y los recursos naturales da lugar a pérdidas económicas considerables. Por ejemplo, el Banco Mundial (2019) estimó que estas pérdidas están alrededor de los 80 mil millones de dólares al año. Un ámbito clave en el que se ha puesto mayor énfasis es el sistema alimentario, debido a que este proporciona los alimentos que requiere una sociedad para su continuidad, pero, al mismo tiempo, es la que involucra una de las actividades económicas con mayor impacto ambiental. En este sentido, la agricultura es la responsable del 80% de la deforestación mundial, el 70% de la pérdida de biodiversidad terrestre, el 70% del consumo de agua dulce y el 29% de los gases de efecto invernadero, además de causar que alrededor del 52% de la tierra agrícola este degradada (WWF, 2020). Estos deterioros son evidencia de como la agricultura es un importante impulsor del cambio climático, a su vez, el cambio climático añadirá más estrés a los sistemas terrestres y agravará los riesgos ya existentes (ibíd).

Por otro lado, la Organización de las Naciones Unidas ha señalado que la población mundial pasará de 7.7 mil millones de personas en 2020 a 9.7 mil millones de personas en 2050 (ONU, 2019a). Este aumento poblacional incrementará la demanda mundial de productos agrícolas en un 50% más sobre los niveles actuales, intensificando, así, la presión sobre los recursos naturales (FAO, 2017). Además, el aumento de la riqueza en los países en vías de desarrollo tiene como resultado una transición en curso de los hábitos alimentarios a nivel global, la cual reemplaza el consumo de alimentos de origen vegetal por los de origen animal (Bennett, 1941). Ambas tendencias seguirán añadiendo mayor presión a los ecosistemas y posibles conflictos por el aumento de la demanda mundial de alimentos. No menos importante es la competencia de recursos demandados entre los sectores económicos (CEPAL, 2016; ONU, 2019b; WWF, 2012). Por ejemplo, la competencia por el agua entre el sector minero y el sector agrícola en el Perú.

En el Perú, la expansión del área agrícola es la primera causa de deforestación y es el mayor causante de emisiones de efecto invernadero en el territorio (MINAM, 2000). También, las malas prácticas en los sistemas de producción agrícolas están causando daños en los recursos naturales y en los beneficios que los ecosistemas afectados proporcionan, generando problemas de: desertificación, deforestación, salinización, pérdida de tierras agrícolas, pérdida de bosques primarios, toxicidad de la vegetación, agotamiento de las fuentes de agua, desaparición de la alta diversidad biológica del país y de especies silvestres (MINAM, 2015).

La agricultura peruana es descrita como ineficiente y de baja productividad por factores sociales y estructurales, mostrando una heterogeneidad productiva significativa a lo largo de las regiones. Por ejemplo, la producción agrícola en las zonas de la sierra y la selva son de baja productividad y están orientados a la subsistencia, mal integrados en el mercado y proveen medios de subsistencia insuficientes para los agricultores (Banco Mundial, 2017). Según el censo agropecuario del INEI (2012), el 80% de las unidades agrícolas tienen menos de cinco hectáreas con los niveles de ingresos de los hogares productores bajo y las tasas de pobreza en áreas rurales altas. Estos sistemas de producción agrícola siguen siendo vulnerables a los eventos climáticos extremos asociados al fenómeno de El Niño, la Niña y al cambio climático en el largo plazo. También, la infraestructura existente para abastecer no es del todo eficiente y puede llevar a un desfase respecto a la demanda creciente, afectando, de manera adversa, la calidad y la accesibilidad de los alimentos (Banco Mundial, 2017).

Desde la perspectiva de la demanda alimentaria, la FAO (2020) explica que el problema en la seguridad alimentaria ya ha estado poniéndose a prueba en los últimos años, por el rápido crecimiento demográfico, la urbanización y los cambios en los hábitos de consumo. En el caso del Perú, se estima que antes de la pandemia ya habían 3.5 millones de personas con problemas en seguridad alimentaria a nivel nacional (GRADE, 2020). En la actualidad, en medio de la pandemia del COVID-19 y sin contar con la información difícil de recopilar en las zonas rurales, duramente golpeadas por la paralización económica, es bastante probable que este valor se haya incrementado notablemente.

A pesar de la importancia del sistema alimentario como un elemento indispensable para la estabilidad social, en el Perú esta actividad ha recibido poca atención de los gobernantes en comparación de las actividades extractivas. Tal vez, esto se deba a su poca aportación al PBI nacional, por ejemplo, en 2018 la contribución del sector agropecuario fue apenas del 5.3 % (INEI, 2012). Para ese mismo año, la agricultura empleaba al 26% de la Población Económicamente Activa (PEA) Nacional, lo cual es equivalente a aproximadamente cuatro millones de trabajadores y al 65.5% de la PEA del área rural (MINAGRI, 2020). Sin embargo, es uno de los sectores con menor productividad de mano de obra debido al bajo nivel educativo de la fuerza laboral en el ámbito rural. En este sentido, el argumento a sustentar es que la agricultura debe ser vista como un componente de un sistema más complejo: “el sistema alimentario”, el cual cuenta con múltiples actores (tomadores de decisiones, consumidores, distribuidores, agricultores locales y extranjeros) y vínculos (dentro del país y con otros países, y en especial con el ecosistema local y global) que tienen un aporte a la sociedad mucho mayor que un valor meramente económico que se ira explicando a lo largo del documento. Esta falta de reconocimiento se puede apreciar en las bajas inversiones al sector en comparación a otros como el extractivo. Estas se han caracterizado en contribuir al sector agroexportador de gran escala, con beneficios tributarios y tratados de libre comercio. Sin embargo, el sector social, pequeño de la agricultura familiar, ha sido abandonado sin políticas efectivas y con un ministerio sin soporte lo que ha desencadenado en conflictos sociales y protestas agrarias. A pesar de que la agricultura familiar es un sector desfavorecido, se vio su importancia en la actual crisis de Covid-19 mediante el abastecimiento de alimentos en los mercados. Durante dicha crisis sanitaria, nuestros agricultores familiares han seguido produciendo los alimentos esenciales, inclusive a un ritmo mayor. A diferencia del sector agroexportador que no tiene mucha repercusión en el abastecimiento local. Gracias a ello no hubo problemas de desabastecimiento y subida de precios de alimentos. Si se logra reconocer el verdadero aporte del sistema alimentario y su relación con la agricultura familiar se podrán cambiar las percepciones de los actores de políticas públicas.

El Ministerio del Ambiente del Perú (MINAM, 2011) menciona que el país dispone de un importante capital natural que es la base de la actividad económica; pero, en la actualidad, la toma de decisiones para su aprovechamiento por parte de las autoridades responde a iniciativas desarticuladas y poco objetivas como consecuencia de la falta de indicadores que informen sobre la cantidad y el estado en el que se encuentra. Para ello, es prioritario generar información útil mediante la realización de estudios de inventario, evaluación y valoración de los recursos naturales, diversidad biológica y los servicios ambientales (ibíd). Si se logra reconocer el verdadero aporte del sistema alimentario se podrán cambiar las percepciones de los actores de políticas públicas respecto a las prioridades en las estrategias de desarrollo.

En el sistema alimentario se puede observar una serie de características y dimensiones de estudio que lo vuelve un sistema complejo: la naturaleza jerárquica que posee, es decir, los eventos que ocurren dentro del sistema se desarrollan en diferentes niveles y dimensiones de análisis. Por ejemplo:

- El aporte nutricional en los pobladores
- La interacción del sistema alimentario local con otros sistemas alimentarios externos (mediante las exportaciones e importaciones), denotando el grado de autosuficiencia alimentaria,
- La relación con el mercado laboral proporcionando millones de puestos de trabajo a múltiples actores,
- La interacción entre los sistemas de producción económica y el ecosistema local, entre otras.

Pregunta de investigación:

Pregunta Guía

¿Puede la gramática del MuSIASEM y sus indicadores biofísicos contribuir con un diálogo mejor informado para el entendimiento y la gestión de los sistemas alimentarios en el Perú?

Ante lo expuesto, el objetivo del presente trabajo es el de elaborar un sistema de contabilidad biofísica que sea complementario al ámbito económico y que permita el diseño de indicadores que mejore la información para la toma de

decisiones. Para este propósito se analizará como caso de estudio el sistema alimentario del Perú. El enfoque metodológico a utilizar será el Análisis Integrado Multi-Escala del Metabolismo de la Sociedad y el Ecosistema (MuSIASEM, por sus siglas en inglés), porque permite representar los sistemas complejos a través de indicadores sociales, ambientales y económicos, manteniendo la noción de escala y niveles jerárquicos.

El MuSIASEM corresponde a los análisis del tipo nexos, es decir, un análisis capaz de entender las interacciones complejas entre el agua, la energía y los alimentos (FAO, 2014b, 2014a). En este contexto el nexo entre agua-energía-alimentos surge como un concepto útil para describir la naturaleza compleja e interrelacionada de los sistemas de recursos, para conseguir diferentes objetivos sociales económicos y ambientales (FAO, 2014a). Con el análisis de este tipo se tendrá la capacidad de relacionar los distintos aspectos que conciernen a los sistemas alimentarios y proveer una representación del funcionamiento del sistema. Además, se obtendrá información relevante para el diseño de políticas, donde se podrá identificar los agentes que serán afectados por alguna decisión. Finalmente, las relaciones e interacciones no solo serán vistas dentro del sistema local sino también con otros sistemas externos, permitiendo así un mayor análisis. Dicha información permitirá implementar políticas adecuadas y normas ambientales a fin de contribuir a la toma de decisiones acertadas a nivel nacional, regional y local.

En el ámbito de los alimentos, esta metodología ha sido aplicada por Cadillo-Benalcazar et al. (2020) para realizar un diagnóstico del sistema alimentario de la Unión Europea (UE28), teniendo como uno de sus resultados la externalización por parte de la UE28 de productos de bajo valor económico a países en vías de desarrollo que afectan su ecosistema. Mientras que Renner et al. (2020) realiza un ejercicio de anticipación para la UE28 utilizando como base el diagnóstico, demostrando la inviabilidad de la autosuficiencia alimentaria para esta zona.

En el Perú, esta metodología ha sido aplicada por Silva (2016) en el análisis de los conflictos ambientales, específicamente, explorando las relaciones entre energía-agua-minería. Además, el autor combinó esta metodología con un enfoque orientado a la representación triádica de la valoración ambiental

propuesto por (K. N. Farrell, 2007). Previamente, Silva (2015) utilizó el MuSIASEM para analizar las interacciones entre la actividad económica humana y los flujos de entrada de electricidad en la actividad minera en el Perú. Dentro de sus hallazgos mostró que el sector minero posee una tasa metabólica eléctrica extremadamente alta que podría poner en peligro la disponibilidad de suministros de energía primaria de alta calidad para el resto de la sociedad.

En Latinoamérica, Farrell y Silva (2017) presentan este enfoque metodológico para el análisis económico ecológico del enlace ferroviario propuesto entre Perú y Brasil que atravesaría la Sierra del Divisor de la Amazonia occidental. Los autores ofrecen una alternativa a los análisis basados en la valoración monetaria y contribuyen al avance del trabajo relacionado con el tratamiento de los sistemas complejos y las cuestiones económicas. Los resultados sugieren que existen consecuencias negativas sustanciales para la conservación de los bosques, tanto en la región del Perú como en la de Brasil y, también, en los medios de vida de los pobladores locales.

El documento seguirá la siguiente estructura: en la sección 2 se explica la metodología utilizada definiendo en el marco teórico del MuSIASEM y explicando sus fundamentos teóricos e introduciendo el concepto de “gramática”. La sección 3 presenta los resultados mediante tres perspectivas: la externa, la interna y la interfaz. La sección 4 presenta la discusión y finalmente las conclusiones.

2. Metodología

2.1. Marco teórico del MuSIASEM

El MuSIASEM es un enfoque innovador de contabilidad biofísica que integra información cuantitativa generada por distintos tipos de modelos no convencionales basados en diferentes dimensiones y escalas de análisis (Giampietro et al., 2013), incorporando los conceptos de flujos y fondos según los criterios de la Bioeconomía de Georgescu-Roegen (1971), la teoría de análisis relacional (Rosen, 1977), las gramáticas multipropósito y el análisis de los bucles impredicativos (tipo paradoja huevo-gallina) (Giampietro, 2011) y los fundamentos ecológicos de Odum (2000, 2007). A través del uso de estos conceptos proporciona un marco analítico para la integración de variables

económicas, ecológicas, demográficas y sociales que pueden estar definidas en diferentes dimensiones de análisis y en diferentes niveles y escalas. De este modo capta información sobre dominios descriptivos no equivalentes para la elaboración de una representación capaz de producir indicadores pertinentes para el análisis de la sustentabilidad.

Para esta representación se utiliza el modelo de flujos y fondos de Georgescu-Roegen (1971), el cual surgió de su insatisfacción con la teoría de la producción neoclásica basada en el modelo económico de insumo-producto. Este autor explica que la producción no puede describirse solo mediante existencias de equipos (stock) o mediante flujos de insumos y productos. En cambio, él identifica la naturaleza como la fuente de los factores de producción y hace uso de la segunda ley de la termodinámica, la ley de la entropía, explicando que durante el proceso económico la materia y la energía se transforman de estados disponibles para fines humanos a estados no disponibles para fines humanos debido al principio de la degradación. Esta transformación constituye un proceso unidireccional e irreversible. Es decir, los recursos naturales de baja entropía ingresan a la economía y son transformados en bienes a lo largo del proceso, convirtiéndolos en productos y residuos que son de alta entropía. Finalmente, estos elementos de alta entropía se acumulan al final del proceso logrando que la entropía del sistema aumente constantemente (Ibíd.)

Este modelo permite representar los procesos socioeconómicos de producción y consumo de bienes y servicios en términos biofísicos mediante la clasificación en dos tipos de elementos (Giampietro et al., 2013):

- 1) Los elementos de Fondo que expresan lo que el sistema es, es decir, hace referencia a los elementos que durante el periodo de análisis no sufren cambios, manteniendo sus propiedades de agentes transformadores. Por ejemplo, las personas, la tierra ricardiana, el capital, etc.
- 2) Los elementos de Flujo que expresan lo que el sistema hace, es decir, hace referencia a los elementos que sufren una modificación durante el periodo de análisis y que son necesarios para los elementos de fondo sigan reproduciéndose. Por ejemplo, los alimentos, el agua, la energía, etc.

El MuSIASEM tienen dos utilidades: como herramienta de diagnóstico o para la simulación de escenarios. Como herramienta de diagnóstico sirve para caracterizar el patrón metabólico existente del sistema socio económico. En cambio, en el modo de simulación permite evaluar la *factibilidad*, la *viabilidad* y la *deseabilidad* de los escenarios propuestos. Entendiéndose la factibilidad como la compatibilidad del sistema con las restricciones biofísicas, son procesos que no están bajo el control humano (Biósfera). La factibilidad en la seguridad de los sistemas alimentarios depende plenamente de la mantención y sostenibilidad de los ecosistemas. Por ejemplo, intenta responder preguntas como: ¿Cuál es la disponibilidad de los suelos para la agricultura?, ¿Cuál es el requerimiento de agua para la producción de alimentos?, etc. Respecto a la viabilidad de los escenarios propuestos, observando la congruencia entre el requerimiento y el suministro de flujos que son procesos bajo el control humano (Tecnósfera). Esta verificación se puede realizar a diferentes escalas, mediante la caracterización de los compartimientos del sistema de análisis basados en la relación entre los elementos de flujo con respecto a los elementos de fondo (Giampietro et al., 2013). Por ejemplo: cantidad de agua por hectárea, cantidad de fertilizantes por hectárea, cantidad de alimentos producidos por hora de trabajo, la rentabilidad financiera, etc. Finalmente, la deseabilidad que analiza la compatibilidad con los valores normativos e instituciones de los actores sociales involucrados.

2.2. Área de estudio

El área de estudio es el Perú y el año de referencia para el análisis es el 2015. La elección de este año se debe a que no se vio afectada por ningún fenómeno meteorológico, ni alguna crisis económica o social. Esta afirmación se basa en el análisis que se realizó sobre el desempeño agrícola en la última década. Además, la significativa cantidad de datos requerido por el MuSIASEM, por el momento, no hace viable un análisis diacrónico.

2.3. Elaboración de la gramática de los alimentos

Al analizar los sistemas complejos, la descripción no es tan simple, debido a que tiene distintos significados e identidades en diferentes escalas. Por consiguiente, cuando lo hacemos adoptamos una perspectiva predeterminada en donde se

abordan las características del observador y del sistema observado operando en un contexto determinado, hecho que marcará la conducción de la discusión de los resultados (Giampietro et al., 2006). Esto implica que el proceso de representación empieza un paso atrás definiendo qué es flujo y qué es fondo, usando la teoría de Georgescu-Roegen. Si tenemos un problema complejo de sostenibilidad como es el caso del sistema alimentario, tendremos una serie de agentes (políticos, agricultores, biólogos, empresarios, etc.) que observan el problema desde diferentes perspectivas y escalas, con lo cual cada uno tendrá sus propios intereses que son legítimos pero que pueden llegar a ser divergentes. Al definir términos de flujo y fondo la representación permite trabajar a pesar de las distintas escalas y complejidad del sistema.

A pesar de la complejidad del asunto y que no se puede llegar a una verdad universal acerca de la realidad del sistema, esto no implica que no se deban tomar decisiones políticas. Al contrario, cuando se pretende mostrar evidencia científica para guiar políticas se tienen que tomar en consideración que perspectiva se está considerando, en qué escala y para qué propósito (MAGIC Nexus Project, 2016). Es así, como esta metodología se puede utilizar para pasar de una determinada definición de un problema de sostenibilidad (una percepción semántica definida como relevante por un narrador/agente) a una estructuración factible de ser cuantificada (una representación formal) (Giampietro, 2011). La “Gramática” es utilizada para manejar las relaciones entre estas categorías semánticas (Kovacic & Giampietro, 2015). El analista es quien define las categorías seleccionadas y realiza las interacciones entre estas categorías en un paso previo a la evaluación, comprobando la idoneidad de la representación como un proceso iterativo (Giampietro, 2011). Usualmente el término gramática es usado en lingüística, el cual viene a ser el conjunto de reglas dedicadas a definir las bases y la organización del habla a modo de lograr un vínculo eficaz de las aseveraciones (Giampietro, 2011). Al igual que los sistemas alimentarios el lenguaje es un sistema complejo que presenta una serie de elementos que por sí solos no son entendibles (Fonemas, silabas, palabras). Pero correctamente articulados pueden llegar a transmitir un mensaje y significado adecuado. Por ello el uso del término gramática para el estudio de este sistema complejo.

La metodología de MuSIASEM realiza una caracterización biofísica de la sociedad, estableciendo vínculos entre el desempeño socio económico y la presión ambiental resultante. La sociedad en estudio es descrita en términos de subcompartimientos que desempeñan una función para la continuidad de esta. Por ejemplo, la sociedad es subdividida en el sector consumo y el sector productivo, posteriormente, esta última es dividida en los sectores económicos. Cada uno de estos compartimientos y subcompartimientos llevan a cabo un intercambio de materia y energía para su mantenimiento y su reproducción. La descripción de este intercambio será el que defina el denominado patrón metabólico. Para mejorar la comprensión de esta dinámica, el MuSIASEM introduce tres perspectivas o visiones: la interna, la externa y la interfaz (Giampietro, 2011).

La perspectiva interna proporciona una comprensión del propósito de los alimentos necesarios con respecto a: el suministro de nutrientes a la población (el consumo final del sector doméstico), de piensos, de semillas y de otros usos finales. Esta perspectiva prioriza la cantidad y calidad de los alimentos requeridos para realizar las necesidades humanas para la subsistencia. Este enfoque es distinto al enfoque monetario (crematístico) por ejemplo el análisis de una canasta básica de alimentos. Para la perspectiva externa, el MuSIASEM incorpora el concepto de “procesador metabólico”. Este permite obtener un perfil de elementos de entradas y salidas asociadas con un proceso productivo. Esta perspectiva considera las características del proceso económico de agricultura, con una mirada de metabolismo social, porque valora las relaciones entre flujos y fondos (de tecnósfera y biósfera). De este modo, los procesadores establecen una relación entre información cuantitativa referida a diferentes niveles jerárquicos y diferentes dimensiones de análisis. Este perfil refleja el comportamiento que se describe en términos de: (i) consumo de un perfil de insumos; (ii) expresión de un perfil de producción útil; (iii) generación de productos no deseados (emisiones / residuos) (Cadillo-Benalcazar et al., 2020b). Para el caso de la producción agrícola, la estructura previa estaría dada por los siguientes elementos (i) (agua, pesticidas , fertilizantes); (ii) (Productos agrícolas como maíz, arroz, trigo, etc.); y (iii) (emisiones de CO₂, contaminación de agua) (Cadillo-Benalcazar et al., 2020a) (véase la Tabla 1).

Tabla 1: Definición de variables utilizadas en la investigación

Elementos	Tipo	Unidad
Actividad Humana	Fondo	Horas de trabajo
Suelo	Fondo	Hectáreas
Alimentos	Flujo	Toneladas / kilocalorías
Fertilizantes	Flujo	Kilogramos de Fertilizante
Agua	Flujo	Metros cúbicos

Elaboración propia

Finalmente, la interfaz integra la relación entre las dos perspectivas previamente descritas. Es decir, que describe el emparejamiento entre lo que se requiere y lo que se abastece. Este punto es importante en términos de seguridad alimentaria¹, porque permite identificar el origen de los productos, destacando así la autosuficiencia alimentaria y la vulnerabilidad a factores externos.

En la Figura 1, se presenta la *Gramática* de los alimentos para nuestro estudio:

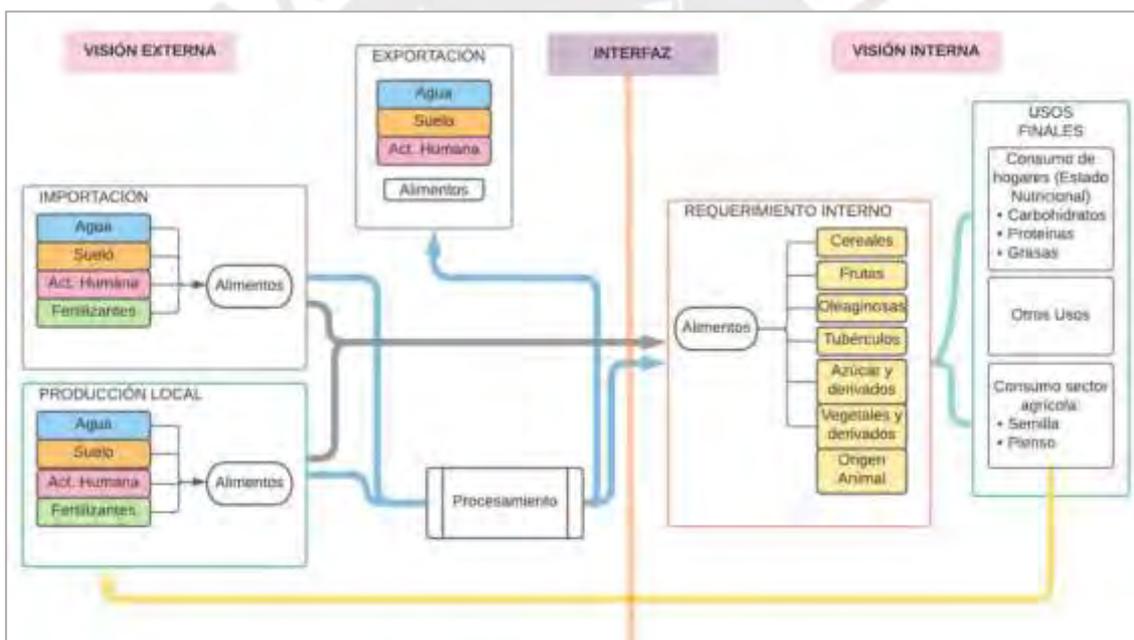
En el lado izquierdo se muestra la visión externa, donde se hace referencia a los requerimientos de agua, suelo, energía, actividad humana y fertilizantes necesarios para la elaboración de los alimentos. Estos requerimientos están separados en dos grupos, producción local e importación. Los resultados del análisis de esta visión/perspectiva refleja la presión ambiental generada por el proceso productivo. Para el caso de los productos de origen local esta presión es absorbida por los ecosistemas nacionales y para las importaciones esta presión es externalizada a los ecosistemas de otros países. Dada esta situación, cuando los “procesadores” elaborados que corresponden a la actividad productiva del Perú son aplicados a los productos importados, los resultados pueden ser interpretados como el ahorro biofísico. Es decir, los recursos naturales que el Perú evita utilizar para esa producción.

¹ La **seguridad alimentaria** hace referencia a la accesibilidad suficiente y estable de alimentos, Existe seguridad alimentaria cuando todas las personas, en todo momento, tienen acceso físico y económico a alimentos suficientes, inocuos y nutritivos que satisfagan sus necesidades dietéticas y preferencias alimentarias para una vida activa y saludable (World Food Summit, 1996).

En el lado derecho está la visión interna en la cual se evalúa el uso de alimentos por los distintos sectores/compartimientos: En el caso del sector consumo, se tiene la dieta de la población con base en el aporte de energía y nutrientes, en cambio, en el sector productivo se muestra el consumo de otros sectores, por ejemplo, el del mismo sector agrícola que requiere alimentos para su normal funcionamiento. Tales como, leche para los terneros, semillas, huevos para la producción de pollos, etc.

Finalmente, para entender el vínculo de estas dos visiones se analiza la interfaz (el requerimiento interno del país). Para ello se presentan los índices de autosuficiencia alimentario los cuales son claves para la discusión de la seguridad alimentaria.

Figura 1: Gramática de los alimentos.



Elaboración propia basada en la gramática de alimentos de Cadillo-Benalcazar (2015) y Cadillo-Benalcazar et al. (2020)

2.4. Fuentes y tratamientos de la información

La principal base de datos que se utilizó son las Hojas de Balance Alimentario (FBS por su siglas en inglés) de Perú para el año 2015 de la FAO (2020b) (véase el Anexo 1 para mayor información). Como se menciona en la sección 2.3 se necesita información respecto a la producción, importación y el consumo de alimentos, esta base de datos cumple estos requisitos y permite trabajar la visión

interna y la externa. Las hojas de balance de alimentos (FAO, n.d.; FAO, 2001) proporcionan la siguiente información:

1. La producción local, las exportaciones, las importaciones y la variación de stock de los principales alimentos.
2. El destino final de los alimentos a escala nacional según: el uso para piensos, semillas, procesamiento, desperdicios, etc.
3. El consumo aparente per cápita por alimento medido en términos de kilogramos por persona al año y por contenido energético expresados en kcal por persona al año, etc.

Posteriormente a la descarga del balance de alimentos se procedió a una estandarización con los códigos de Food Commodity List (FCL por su siglas en inglés) (FAO, 2020a). Esta conversión se realiza para tener una consistencia y comparabilidad de la información con bases de datos disponibles adicionales. Entre ellas, la base de datos referidas al rendimiento por tipo de cultivo, el consumo de agua. Además, que mejora la operatividad al momento de aplicar los distintos factores de conversión.

La FBS brinda información sobre el consumo aparente en términos de energía, grasas y proteínas (véase **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). El consumo aparente es una estimación de lo que consume una población en un tiempo de un año, denominado así porque no refleja el alimento ingerido, sino un promedio de la disponibilidad de alimentos por persona. No obstante, su utilidad recae en su vínculo con los sistemas de producción a una escala de país.

Los costos de producción agrícola recopilados de los organismos gubernamentales del Perú serán la fuente de información para obtener la actividad humana. En estos se registra la cantidad de jornales utilizados en el proceso que incluye: Preparación, siembra, labores y cosecha en una hectárea. Tomando como supuesto que una jornada laboral es de 8 horas, se podrá estimar la cantidad de horas destinadas al proceso agrícola para la elaboración de una tonelada de producto. También se extrae de estos costos, la información sobre el uso de fertilizantes y pesticidas. Los fertilizantes se estandarizan en toneladas de Nitrógeno, Fosfato y Potasio para que puedan ser comparables con bases de datos proporcionadas por FAOSTAT (FAO, 2020b). Debido a la

heterogeneidad de características de los distintos ecosistemas del país, se tomaron costos de producción representativos en la mayoría de los casos, por ejemplo, las regiones que aportan la mayor producción.

Con respecto al agua se utilizará la base de datos de Water Footprint (Hoekstra & Mekonnen, 2010). Esta base de datos hace una clasificación entre agua azul, verde y gris. El agua azul se refiere al agua proveniente de aguas superficiales y subterráneas a lo largo de la cadena de suministro de un producto y el agua verde se refiere a los recursos hídricos provenientes de agua de lluvia. El agua gris es la cantidad de agua dulce necesaria para asimilar los contaminantes y cumplir con los estándares específicos de calidad del agua. Para propósitos del trabajo se utilizó solo las dos primeras.

A continuación, se presenta un ejemplo de cómo construir un procesador utilizando el caso del trigo en la producción local. Los requerimientos de agua, fertilizantes, rendimiento de tierra y actividad humana se convierten en función a una tonelada de producto, obteniendo un vector:

$$\left[\frac{m^3}{ton}, \frac{ha}{ton}, \frac{kg(fertilizante)}{ton}, \frac{hor}{ton} \right]$$

Posteriormente, se multiplica la cantidad en toneladas de la producción total por todos los elementos para obtener los requerimientos totales para el país. Por lo tanto, se obtienen para el siguiente caso que para producir las 215 mil toneladas de trigo se utilizó:

$$\left[\begin{array}{l} 752,726,673 \text{ m}^3 \text{ de agua verde} \\ 5,076 \text{ m}^3 \text{ de agua azul} \\ 138,45 \text{ hectáreas} \\ 33,034 \text{ toneladas de N} \\ 19,189 \text{ toneladas de P205} \\ 6,313 \text{ toneladas de K20} \\ 27,690,128 \text{ horas de trabajo} \end{array} \right]$$

Para la aplicación de los “Procesadores” se realizó una distinción entre productos primarios y derivados. El balance de alimentos presenta ambos tipos de productos, por ello, lo que se realiza es una conversión de los productos derivados a productos primarios. De este modo, se pudo trabajar coherentemente para evitar la doble contabilidad y determinar con mayor precisión la presión ambiental (FAO, 2000).

En el caso de los productos de origen local, solo se consideran los productos primarios ya que al considerar los productos derivados se estaría incurriendo en una doble contabilidad. A modo de ejemplo, en la Tabla 2 se presentan dos productos, caña de azúcar y azúcar no centrifugada. Debido a que son producciones locales, se entiende que la azúcar no centrifugada de código (158) con 1.1 Millones de toneladas provienen de la caña de azúcar (156) con 10.2 Millones.

Tabla 2: Procedimiento para el uso de las cantidades en la producción local

Código FCL	Nombre Producto	Producción	Tipo	Observación
156	Caña de azúcar	10.2M	Primario	Si se considera para la producción local
158	Azúcar no centrifugada	1.1M	Derivado	No se considera para la producción local

Elaboración propia

En el caso de los productos importados, se realiza una transformación de los productos derivados a primarios utilizando un factor de conversión (FAO, n.d.). En la Tabla 3 se muestra un ejemplo con el aceite de soya.

Tabla 3: Procedimiento para el uso de las cantidades en las importaciones

Código FCL	Nombre Producto	Importación	Tipo	Factor de conversión	Valor	Observación
236	Soya	335,000	Primario	1	335,000	Sí se considera para la importación
237	Aceite de Soya	395,000	Derivado	0.18	2,194,444	Sí se considera para la importación
236	Soya	-	-	-	2,529,444	Valor final a considerarse

Elaboración propia

Haciendo uso de los procesadores estamos caracterizando la presión ambiental ejercida sobre el sistema ecológico nacional y permite caracterizar la externalización de la presión ambiental mediante la importación de productos.

En este sentido, al importar un producto existen tres formas para caracterizar la presión ambiental:

1. Aplicando los procesadores de los distintos países importadores.
2. Aplicando los procesadores del país que tiene el mayor porcentaje de importación a nuestro país
3. Aplicando el procesador de los productos peruanos en el producto importado.

Para fines del trabajo se utilizará la tercera. Esta forma permite calcular los ahorros biofísicos por los cuales el Perú está siendo beneficiado debido a la importación. Otra manera de interpretarlo es que al utilizar los procesadores locales en productos importados podemos calcular la cantidad de requerimientos que se necesitarían en caso el producto se quisiera producir localmente.

En la Tabla 4 se presenta un resumen de las fuentes de información utilizadas en el estudio.

Tabla 4: Fuentes de información

<i>DATOS</i>	<i>Fuente:</i>
Producción, importaciones, exportaciones Suministro interno y consumo de alimentos.	Hoja de Balances Alimentario del 2015 (FAO, 2001),(FAO, 2020b)
Agrupación de grupos de alimentos según FCL (Food Commodity List)	(FAO, 2020a)
Factores de conversión técnica para productos agrícolas.	(FAO, 2000)
Datos para armar los procesadores:	(i) Rendimiento de los cultivos (FAO, 2020b) (ii) Agua azul y Agua verde (Mekonnen & Hoekstra, 2011) (iii) Fertilizante/Pesticidas (FAO, 2020b) (MINAGRI, 2020) (iv) Actividad Humana (MINAGRI, 2020)

2.5 Limitaciones

Debido a las restricciones tomadas por el Gobierno Peruano para hacer frente al COVID-19 se restringió la movilidad de la población. Por este motivo, no se pudo realizar recopilación de información más exacta visitando lugares estratégicos en el ámbito agrario. Por lo tanto, la mayoría de la información se obtuvo de fuentes en línea, informes estadísticos del gobierno central y de los gobiernos regionales. Por ejemplo, con respecto a los costos de producción de los principales cultivos, se consiguió información de diferentes gobiernos regionales, teniendo en muchos casos múltiples costos de producción para un mismo producto. Por lo tanto, se realizó una elección de los costos de producción de aquellas zonas que tuvieron mayor aporte a la producción nacional. Cuando no se encontró alguna información para el año de referencia se utilizó el año más próximo disponible. Finalmente, en casos donde fue imposible la recopilación de un dato se realizó algunos supuestos. Por ejemplo, para los casos donde no se consiguió el costo de producción de algún producto por ser poco común, se utilizó el costo de producción de un producto perteneciente al mismo grupo o mediante el promedio de otros productos.

3. Resultados

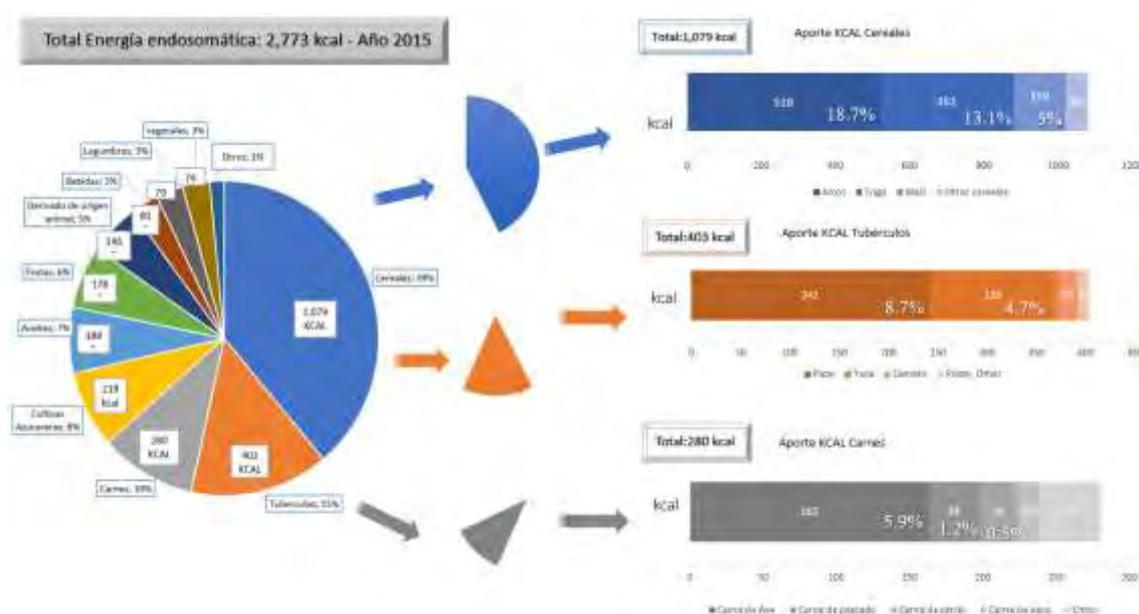
3.1. Modo diagnóstico

3.1.1 Perspectiva interna:

Según el análisis realizado, se determinó que, en 2015, el Perú con un consumo calórico aparente de 2,773 kcal/persona/día se encontraba en el séptimo lugar de Latinoamérica. Superado por países como Argentina (3,278 kcal/persona/día) y Brasil (3,242 kcal/persona/día) que están en los primeros lugares del ranking y por encima de Venezuela (2,405 kcal/persona/día) y Bolivia (2,329 kcal/persona/día) que están al otro extremo del ranking. El consumo calórico también es conocido como consumo de energía endosomática, es decir la energía necesaria para el correcto funcionamiento del metabolismo humano (alimentos). Por otro lado la energía exosomática es la generada usando energía fuera del cuerpo humano (Energía comercial)(Giampietro, 2011).

Al desglosar el consumo diario por grupo alimentario (véase la Figura 2) se observa que los cereales es el grupo con mayor aporte calórico (39%), seguido de los tubérculos (15%), las carnes (10%), los productos azucareros (8%), aceites (7%), frutas (6%) y el resto (15%).

Figura 2: Resultados de la visión interna.



Fuente: (FAO, 2020b). Elaboración propia

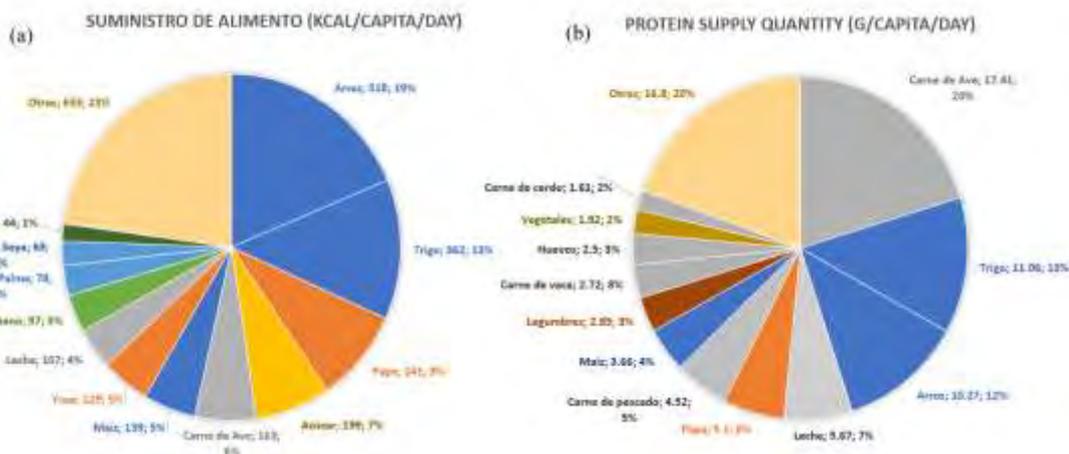
Al descender al siguiente nivel para analizar los cereales, se observa que los alimentos hegemónicos son: el arroz que aporta el 18.7%, el trigo con el 13.1% y el maíz con el 5% del total. En cambio, en la categoría de raíces y tubérculos, la papa aporta el 8.7%, la yuca el 4.7% y otros tubérculos el 1%. Una característica de la dieta del Perú es el bajo aporte calórico proveniente de alimentos cárnicos (los cuales solo contribuyeron con el 10 % del total) en comparación con otros países del continente, tales como Argentina (18.6%) y Chile (14.8%).

Entre los productos cárnicos, la carne aviar es la que mayor aporte calórico proporciona entre los peruanos (5.9%), esto representa un consumo de 34.94 kg/persona/año. Cantidad muy por debajo de países como Argentina y Chile que tuvieron en el 2015 un consumo de 44.6 kg/persona/año y 37.95 kg/persona/año. Con respecto al aporte de proteína, en la Figura 3b se observa que la carne de pollo presenta un aporte del 20% a la dieta del total de proteína siendo el producto con aporte más alto.

El alto precio de la carne de res en el Perú en comparación a la carne aviar, hace que su consumo aun sea bajo. Por ello, solo proporciona el 0.5% de la energía calórica de la dieta peruana. Esto significa que, en 2015, el consumo de carne de res del peruano

fue de 4.7 kg/persona/año, muy por debajo de países como Argentina (54.3 kg/persona/año) y Chile (21.9 kg/persona/año) (FAO, 2020b).

Figura 3: Porcentaje de Energía Endosomática y Proteína por producto



Fuente: (FAO, 2020b). Elaboración propia

Diferentes entidades internacionales (EAT-Lancet, 2018; OMS, 2015a, 2018) y locales (MINSA, 2019) promueven en sus políticas las dietas saludables y sostenibles. Estas dietas son patrones alimentarios que promueven todas las dimensiones de la salud, el bienestar de las personas y la protección del medio ambiente. Es así que tienen una baja presión e impacto ambiental, son accesibles, asequibles, seguras y equitativas, culturalmente aceptables y apoyan la preservación de la biodiversidad y la salud del planeta (FAO & OMS, 2020).

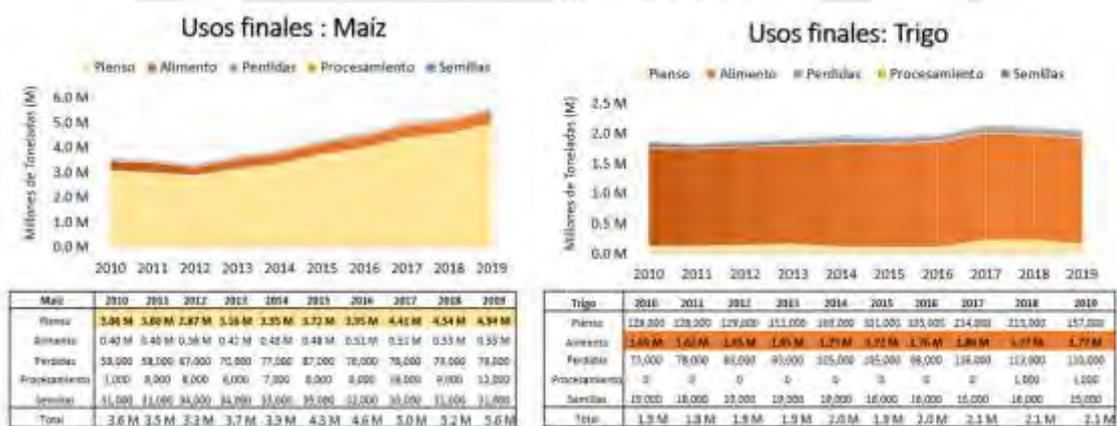
En la Figura 4 se compara el consumo calórico aparente con el consumo calórico de una dieta saludable según EAT-Lancet (2018) de 2500kcal/día. Aunque esta comparación puede tener limitaciones metodológicas, el ejercicio es válido para demostrar el interés que existe entre los organismos internacionales por vincular el consumo con la presión e impacto que se ejerce sobre el ecosistema. Hecho que da más soporte al trabajo de esta tesis.

Existen una serie de trabajos sobre los impactos ambientales de las dietas y en su mayoría se concluye que una dieta rica en alimentos de origen vegetal y con pocos alimentos de origen animal brindan beneficios para la salud y también para el medio ambiente. Las dietas saludables tienen una ingesta calórica óptima y consisten principalmente en una diversidad de alimentos de origen vegetal, bajas cantidades de alimentos de origen animal, uso de grasas insaturadas en lugar

El análisis previo se realizó en el sector hogares, para el caso del consumo de alimentos en los otros sectores económicos se aprecia que el maíz toma una mayor relevancia. Por ejemplo, en el ámbito agropecuario, el maíz tiene una mayor demanda como insumo para la alimentación animal. En la Figura 5 se presenta dos gráficos donde se muestra el uso dado a los dos productos en la última década. Se observa que, para el año 2015, el maíz tiene un total de 4.3 millones de toneladas de suministro interno. El uso destinado al pienso alimenticio es de 3.72 millones de toneladas que equivalen al 86% del total. Estas magnitudes se mantienen a lo largo de los años y van en aumento. El cereal forrajero más utilizado en los alimentos para las aves de corral en todo el mundo es el maíz, ello se debe principalmente a que su fuente de energía es el almidón, el cual resulta altamente digestible para las aves de corral (Farrell, 2013).

En contraste, el trigo, para el año de referencia 2015, tiene un total de 1.9 millones de toneladas de suministro interno de las cuales se destinan 1.72 millones para alimentación. El trigo tiene una mayor importancia en el ámbito alimentario de hogares donde presenta 90.1% del suministro interno.

Figura 5: Usos Finales del Maíz y Trigo 2015



Fuente: (FAO, 2020b). Elaboración propia

3.1.2 Perspectiva Interfaz:

En la subsección anterior se describió los usos de los diferentes sectores para mantener su funcionalidad. Esto nos lleva a preguntarnos ¿De dónde provienen los alimentos? ¿Qué nivel de autosuficiencia alimentaria hay en el Perú? Para responder estas preguntas la interfaz permite evaluar estas dos visiones. El

análisis de la relación entre el sistema interno y externo nos lleva a considerar los índices de autosuficiencia (SSR por sus siglas: Self Sufficiency Rate) de los grupos de alimentos. El índice de autosuficiencia indica la magnitud de la producción en relación con la utilización interna.

Para poder analizar la dependencia externa de los productos consumidos en el país se procede a calcular el índice de autosuficiencia mediante la siguiente fórmula.

$$SSR = \frac{Producción}{Producción+Importación+Variación\ de\ Stock-Exportación} \times 100$$

El denominador de la fórmula puede ser interpretado como suministro interno (Domestic Supply Quantity en inglés).

La Figura 6a muestra las magnitudes de producción e importación, mientras, la Figura 6b el índice de autosuficiencia (SSR por sus siglas en inglés). Este último identifica los grupos de alimentos donde hay una dependencia alta de las importaciones en relación con el suministro interno. Los resultados señalan seis grupos con índices de autosuficiencia inferiores al 100%: las oleaginosas (47%), los cereales (64%), los aceites de origen animal y vegetal (79%), las legumbres (81%), alimentos de origen animal (86%) y las especias (87%). Sin embargo, se hizo énfasis en el grupo de cereales debido a su magnitud en términos biofísicos y a su demanda para el consumo de la población. En el contexto de la seguridad alimentaria, el SSR indica en qué medida un país depende de sus propios recursos de producción, es decir, cuanto mayor es el índice, mayor es la autosuficiencia. Por lo tanto, solo el 64% de los cereales se produce localmente.

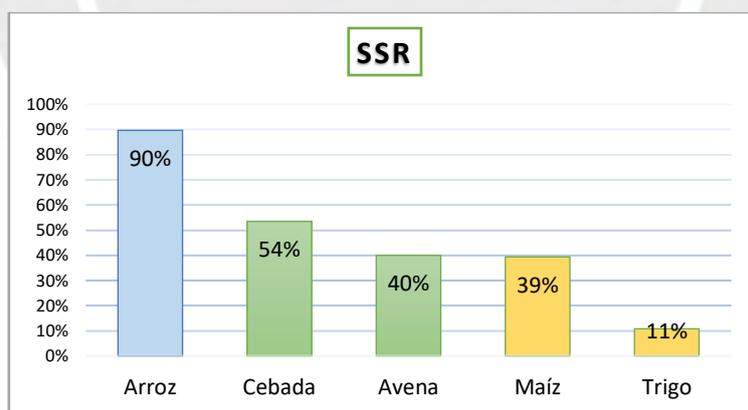
Figura 6: Producción, Importación e índices de autosuficiencia.



Fuente: (FAO, 2020b). Elaboración propia

En la Figura 7 se desagrega los índices de autosuficiencia del grupo de los cereales para identificar con más detalle los productos que causan este bajo índice. De este modo se observa que todos los productos presentan niveles inferiores a 100%, siendo el arroz el de mayor índice con 90%, seguido del trigo con 39% y el maíz con 11%.

Figura 7: Índices de autosuficiencia de productos del grupo cereales.



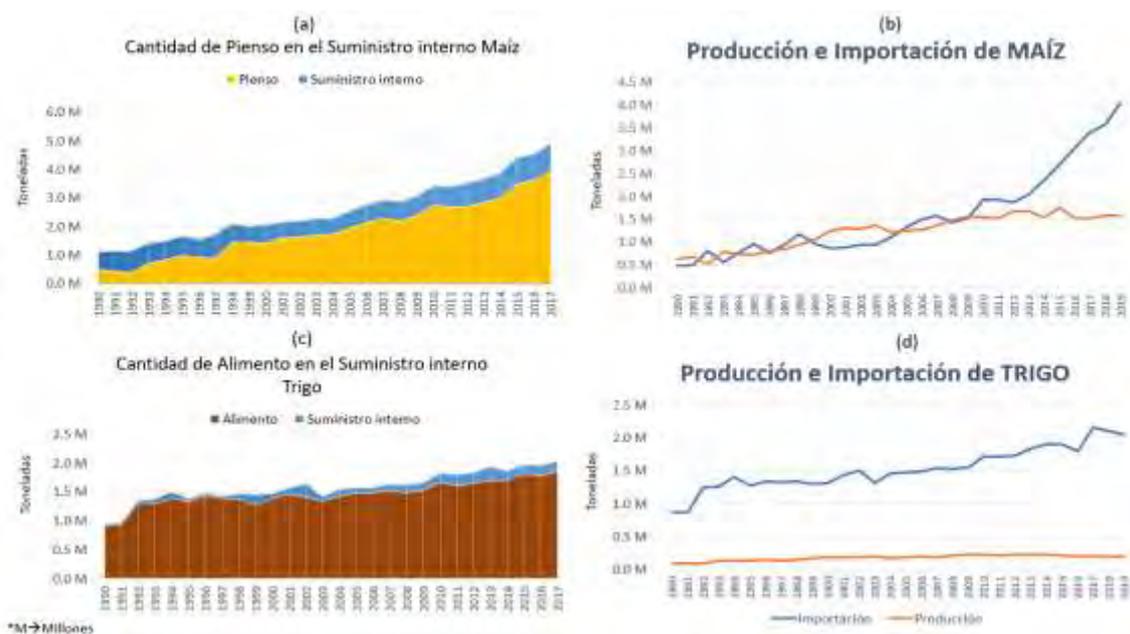
Fuente: (FAO, 2020b).Elaboración propia

Centrándonos en el maíz se observa en la Figura 5 y Figura 8 que el principal uso corresponde al pienso animal, hecho que también se había descrito en la visión interna. La Figura 8a muestra que a lo largo del tiempo es el consumo de pienso animal el que ha marcado la tendencia creciente en el suministro interno. Tanto así que ha pasado de aproximadamente 1 millón de toneladas en 1990 a

borderar los 5 millones de toneladas en 2017. En la Figura 8b se observa que durante el periodo 1990-2019, la producción local se ha incrementado, pero que desde el 2008 se ha mantenido alrededor de los 1.5 millones de toneladas. Mientras, la importación ha tenido un aumento muy marcado, pasando de 0.6 millones en 1990 a 3.5 millones de toneladas en 2019, es decir, en un lapso de 29 años tuvo una tasa de crecimiento anual de 6%. Evidentemente, esta tendencia genera una mayor dependencia de la producción extranjera. Lo interesante de esta dependencia es que este marcado por la demanda de la producción de pienso animal, lo cual hace que en términos de recursos naturales la alimentación sea más ineficiente. Por ejemplo, producir un kilo de pollo requiere aproximadamente 2.6 kg de maíz (Pimentel & Pimentel, 1982).

En el caso del trigo, la parte inferior de la Figura 8c muestra que el principal uso es para alimento humano (elaboración de fideos, harinas, panes, postres y otros similares). También ha tenido una tendencia creciente, aunque no tan pronunciada como el maíz, pasando de casi 1 millón de toneladas en 1990 a alrededor de los 2 millones en 2017. En Figura 8d se observa que la producción local de trigo se ha estancado en alrededor de 200 mil de toneladas desde 1990 y no parece que exista una tendencia a aumentar. Por el contrario, las importaciones han tenido un aumento considerable, pasando de 0.9 toneladas 1990 a 2.1 toneladas en 2019.

Figura 8: Principal uso final, Producción e importación de maíz y trigo



Fuente: (FAO, 2020b). Elaboración propia

Este incremento en la demanda de trigo y maíz es muy probable que estén relacionadas a un aumento poblacional y a un mayor consumo de los productos relacionados. Según la FAO (2020b), el incremento de la población peruana se incrementó de 22 millones de personas en 1990 a 32 millones en 2018. Mientras, el consumo per cápita del trigo y sus derivados pasó de 54 kg/persona/año en 1961 a 56 kg/persona/año en 2013, en cambio el consumo de carne aviar pasó de 2 kg/persona/año en 1961 a 34 kg/persona/año. En definitiva, en el análisis de seguridad alimentaria, la importación de piensos basados en maíz y trigo para la alimentación se puede sugerir un estado latente de vulnerabilidad a factores externos.

En el contexto internacional, los países de bajos ingresos importan cada año más alimentos, con lo que aumenta su exposición a los mercados mundiales. Las subvenciones y el proteccionismo de los países desarrollados son considerables y condicionan a la producción nacional de los países en desarrollo (FAO, 2003). Esto sucede con los dos cereales analizados. Por ejemplo, en la Figura 9 se observa que el Perú importa trigo y maíz de países en donde se subvenciona el cultivo de cereales. Tales como Canadá (Hedley, 2015; Kooten, Van, 2018) y Estados Unidos de América (U.S. Grains, 2020; USDA, 2015). En el ¡Error! No

se encuentra el origen de la referencia. se presentan los porcentajes de la importación por principales países.

Figura 9: Importación de Trigo y Maíz por país de procedencia



Fuente: (FAO, 2020b).Elaboración propia

Siguiendo con la *Figura 9*, en la década de los noventa el mayor porcentaje de trigo importado provino de Argentina y Estados Unidos con alrededor de 40 % cada uno. En la década posterior, la distribución fue aproximadamente en terceras partes entre Estados Unidos de América, Canadá y Argentina. Finalmente, en los últimos años, Canadá ha tomado el mayor protagonismo en las importaciones de trigo, llegando a alcanzar hasta un 60% del total de las importaciones desde el año 2014 hasta la actualidad. Este aumento se debe en parte al crecimiento de la producción desde la temporada 2010 con 23 millones de toneladas hasta la cifra récord de producción en el 2013 de 38 millones de toneladas de trigo (FAO, 2020b).

En el caso del maíz, en las décadas de los noventa y de principio de siglo, Argentina era el principal país de donde se importaba más de 50 % del total. A partir del 2014 se da un cambio de las proporciones y Estados Unidos de América pasa a convertirse en el principal país de donde proviene el maíz importado, alcanzando hasta un 88%. Participación que se mantiene hasta el día de hoy. También es importante resaltar que desde el 2014 la importación de este alimento se ha más que duplicado, pasando de 1.7 millones de toneladas en 2014 a 3.5 millones de toneladas en 2018. Durante la temporada 2013-2014, Estados Unidos batió récord en la producción de maíz llegando a alcanzar 361 millones de toneladas, permitiendo así llegar a más mercados mundiales y competir con mejores precios (U.S. Grains, 2015).

Finalmente, el análisis de la interfaz para productos de origen animal se conecta con la demanda de maíz y su relación con la elaboración de pienso animal. En la Figura 10 se muestra que la cantidad total de pienso suministrado al país es de 4.8 millones de toneladas. De esta cantidad, el grupo cereales aporta 3.9 millones de toneladas que corresponden al 89 % del total. Al desglosar este grupo se aprecia que el maíz es el alimento con mayor participación (3.7 millones de toneladas). A continuación, se relacionará este producto con la producción de alimentos de origen animal.

Figura 10: Relación entre demanda de Pienso y Maíz



Fuente: (FAO, 2020b) Elaboración propia

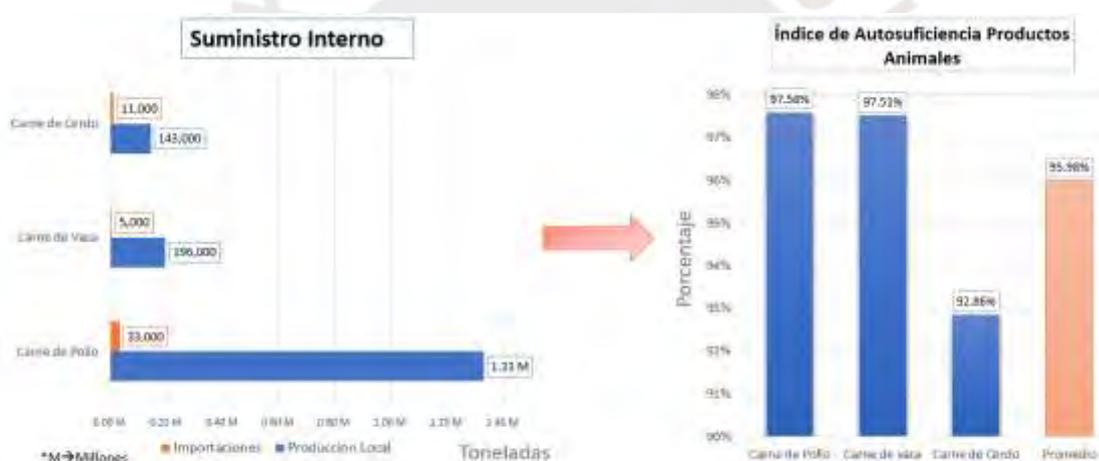
La producción mundial de huevos y carne de aves de corral ha experimentado un aumento considerable y constante en los últimos años, tendencia que, al parecer, continuará en el futuro. Debido al rápido crecimiento económico, la urbanización y el aumento de los ingresos de los hogares impulsarán la demanda de proteínas de origen animal (Farrell, 2013). Por lo tanto, es muy probable que un mayor incremento de la producción de aves de corral tenga lugar en los países en desarrollo.

A pesar de que el aporte de la carne de pollo en kilocalorías es bajo (5.9% del aporte total) (véase Figura 3a) su aporte en proteínas (véase Figura 3b) es muy alto con 20% del aporte total, siendo el producto con mayor aporte en la dieta. Esta tendencia puede suponer una vulnerabilidad en la seguridad alimentaria en el país debido a que, tal como se mostró anteriormente, el principal insumo que se utiliza para la producción de carne de pollo es el maíz, el cual

mayoritariamente es importado. Por lo tanto, se hace indispensable adoptar medidas prospectivas adecuadas.

Analizando las ratios de autosuficiencia de algunos productos de origen animal podemos encontrar características interesantes y complejas. En la *Figura 11* se observa que el índice promedio de autosuficiencia para las carnes es de 95.9% lo que indicaría que el requerimiento de carne por la población es abastecido principalmente por la producción local. Al desagregar el tipo de carne por animal de origen se tiene que solamente el 7% de carne de cerdo abastecido es importado, y el porcentaje baja a 2.6% y 2.5% para la carne de res y aviar respectivamente. Esto se debe a los altos costos de transporte en los procesos logísticos de cadena de frío (OPS & OMS, n.d.).

Figura 11: Suministro Interno e Índices de autosuficiencia animal.



Fuente: (FAO, 2020b). Elaboración propia

3.1.3 Perspectiva externa

a) Producción local versus importaciones

La perspectiva externa describe la interacción entre los procesos del sistema bajo control humano y el sistema ecológico. En la Figura 12 se presentan los principales grupos de alimentos con sus valores de producción e importación en términos de su producto equivalente primario, es decir, se realizó la transformación de los productos derivados en sus respectivos productos primarios. De ahí las diferencias con los valores de la Figura 6, por ejemplo, en el grupo de oleaginosas y el grupo de cultivos azucareros.

Los grupos con mayor producción local son: los cultivos azucareros (10.2 millones de toneladas), tubérculos (6.5 millones de toneladas), frutas (6.0 millones de toneladas) y cereales (5.5 millones de toneladas). En cambio, los grupos con mayor importación son: los cereales (5.15 millones de toneladas), los oleaginosos (2.59 millones de toneladas) y los cultivos azucareros (3.95 millones de toneladas) que representan el 97% de las importaciones totales expresados en productos primarios. Según esta perspectiva, la cantidad total de producción local es casi tres veces más que la importación total.

Figura 12: Producción e importación en equivalente primario.



Fuente: FAO (2020b). Elaboración propia

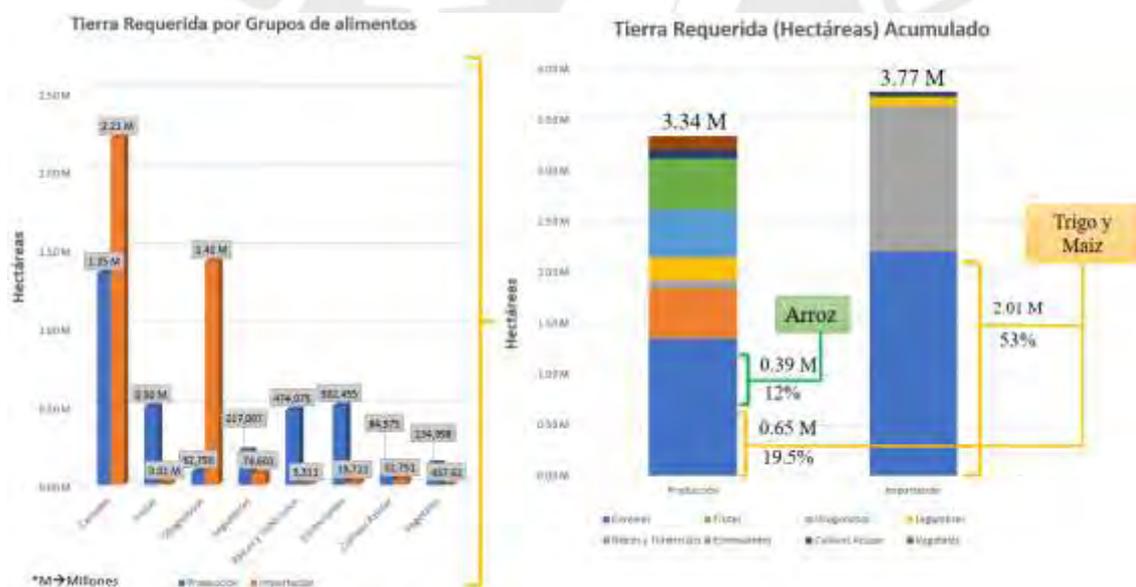
La agricultura utiliza una serie de insumos para la producción de cultivos, tales como: el suelo, la mano de obra, el agua y el uso de productos sintéticos (pesticidas y fertilizantes). El impacto de esta actividad estará dado por el tipo de sistema de producción utilizado, el cambio de uso de suelo que ocasione y por la expansión de la frontera agrícola. A continuación, se detalla los distintos requerimientos para la producción de los alimentos según la producción e importación de la Figura 12.

En la Figura 13 se muestra los requerimientos de tierra según grupos de productos. En la producción local, los grupos con mayor requerimiento de tierra son: los cereales con 1.35 millones de hectáreas, frutas con 500 mil hectáreas, estimulantes con 502 mil hectáreas y tubérculos con 474 mil hectáreas. El arroz es el producto de los cereales producidos localmente con un requerimiento de

390 mil hectáreas. El trigo y el maíz en conjunto requieren de 600 mil hectáreas. Los grupos con mayor requerimiento de tierra en las importaciones son: los cereales con 2.21 millones de hectáreas y oleaginosas con 1.42 millones. Comparativamente, el requerimiento de tierra de la importación de oleaginosas es casi 17 veces el requerimiento local. En el grupo cereales la importación es 1.6 veces la producción local. Teniendo en conjunto los cereales maíz y trigo un requerimiento de 2.01 millones de hectáreas que equivalen el 53% del total de importaciones.

El requerimiento total de los productos importados es 3.77 millones de hectáreas el cual supera a el requerimiento de la producción local con 3.34 millones de hectáreas, siendo influenciada en casi su totalidad por el grupo cereales y oleaginosas ya que representan más del 95% del requerimiento de tierra de las importaciones totales.

Figura 13: Requerimientos de Tierra (hectáreas), Año 2015



Fuente: Elaboración propia en base a FAO (2020b) y fuentes de información de Tabla 4

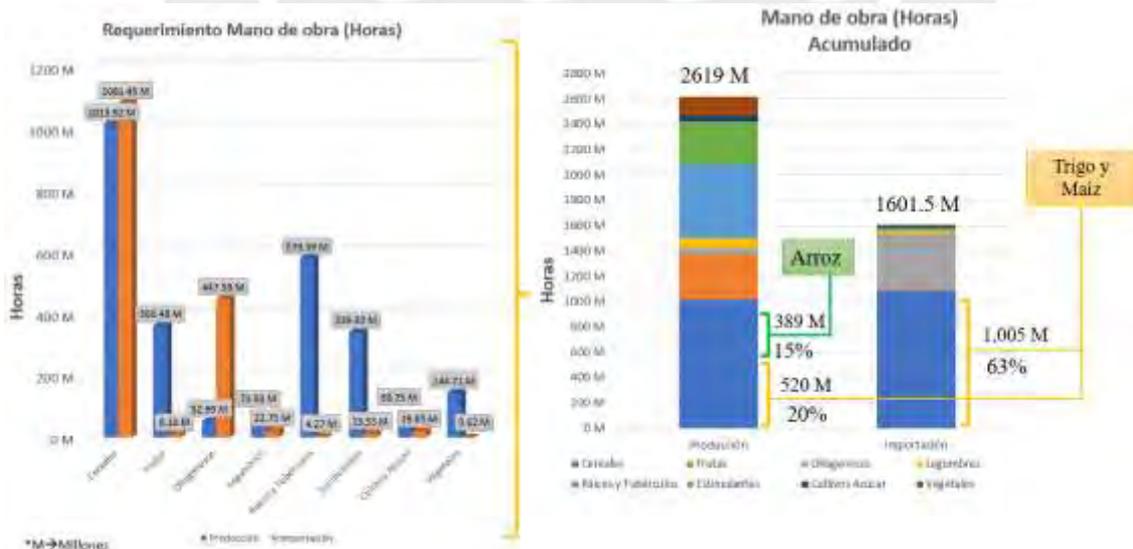
En la Figura 14a se observa la mano de obra necesaria para la elaboración de los productos agrícolas. Los grupos con mayor requerimiento de mano de obra en la producción local son: los cereales con 1,014 millones de horas de trabajo, las raíces y tubérculos con 579 millones y frutas con 360 millones. Dentro del grupo de cereales, los dos principales productos agrícolas que tienen mayor requerimiento de mano de obra son: el maíz (493 millones de horas de trabajo) y el arroz con (389 millones de horas de trabajo). Haciendo énfasis en los dos

productos trigo y maíz en conjunto suman 520 millones de horas siendo el 20% del total de requerimiento de horas totales en la producción local. El arroz representa el 15% del total de requerimiento de horas totales.

En cambio, en el grupo de raíces y tubérculos, el producto de mayor requerimiento es la papa con 429 millones de horas de trabajo. Finalmente, el grupo de oleaginosas los productos que requieren mayor mano de obra son la palma aceitera con 26 millones de horas de trabajo y el olivo con 15 millones de horas de trabajo.

Con respecto a la importación, En la Figura 14b se observa que el requerimiento total de los productos importados es 1,601 millones de horas. Los dos grupos con mayor requerimiento son los cereales con 1,081 millones de horas de trabajo y oleaginosas con 447 millones de horas de trabajo (alrededor del 95% del requerimiento de importaciones totales). En ambos casos, el requerimiento de mano de obra es superior al de la producción local. Esto se debe al maíz con 761 millones de horas de trabajo y el trigo con 243 millones de horas de trabajo. Estos dos productos equivalen al 63% del requerimiento de horas de trabajo total de la importación.

Figura 14: Requerimiento de mano de obra (horas de trabajo), Año 2015



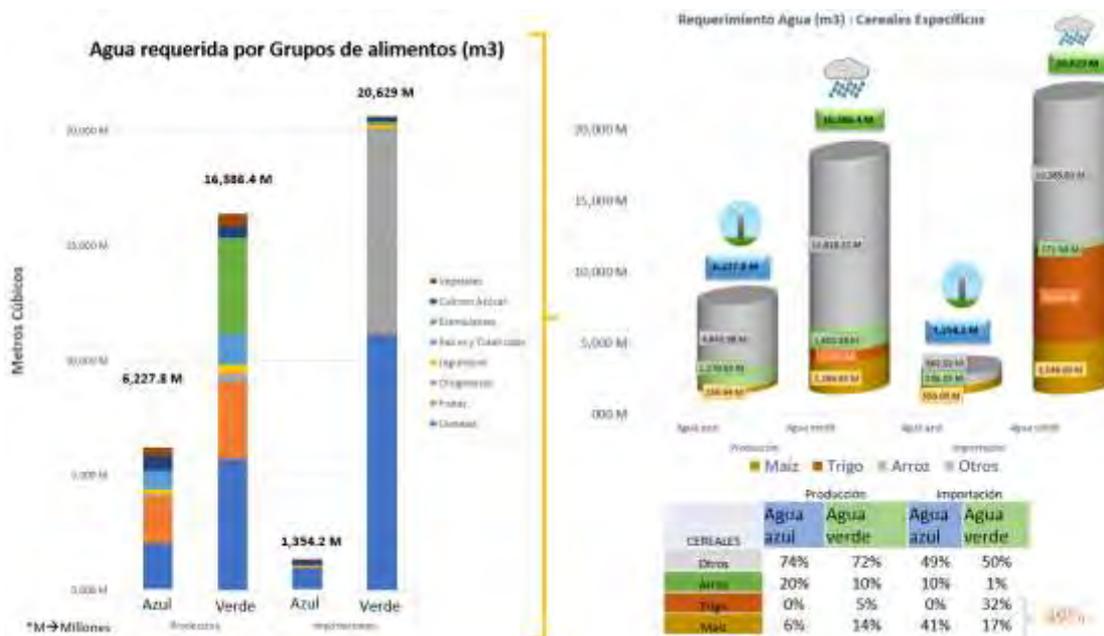
Fuente: Elaboración propia en base a FAO (2020b) y fuentes de información de Tabla 4

En la Figura 15 se observan los requerimientos de agua según el tipo de agua: el agua azul, proveniente de aguas superficiales y subterráneas, y el agua verde proveniente de agua de lluvia. Con respecto a los requerimientos por tipo de

agua a nivel local se estimaron $16.3 \times 10^9 \text{ m}^3$ de agua verde y $6.2 \times 10^9 \text{ m}^3$ de agua azul. El sistema local es altamente dependiente del agua de las precipitaciones. Entre los grupos con mayor requerimiento de agua verde fueron: los cereales con $5 \times 10^9 \text{ m}^3$, los estimulantes con $4.1 \times 10^9 \text{ m}^3$ y las frutas con $3.3 \times 10^9 \text{ m}^3$. Esta información es relevante porque permite tener una noción sobre la dependencia de factores que no están dentro del control humano. En la actualidad, el problema de la sequía está afectando a los agricultores de diversas partes del Perú. En cambio, el agua azul que, si está bajo el control humano, también tiene un requerimiento importante: en los cereales y las frutas se estima un requerimiento de $2 \times 10^9 \text{ m}^3$, las raíces y tubérculos con $0.8 \times 10^9 \text{ m}^3$ y los cultivos azucareros con $0.6 \times 10^9 \text{ m}^3$. Este tipo de información es relevante para la planificación agrícola del país, porque permite analizar la compatibilidad entre los requerimientos de agua para la agricultura, las demás actividades económicas, el consumo humano y el ecosistema que también requiere este recurso para su normal funcionamiento.

El hecho de importar alimentos también implica un ahorro de agua que no se extrae de las fuentes del Perú. En este sentido, el ahorro por importar alimentos representa un volumen de $20 \times 10^9 \text{ m}^3$ de agua verde y $1,3 \times 10^9 \text{ m}^3$ de agua azul. Con respecto al agua verde el requerimiento de agua es afectado por dos grandes grupos, el de los cereales con $11 \times 10^9 \text{ m}^3$ y oleaginosas con $8 \times 10^9 \text{ m}^3$. Mientras, en el agua azul, los dos grupos que abarcan casi la totalidad del requerimiento son el grupo de los cereales con $1 \times 10^9 \text{ m}^3$ y cultivos azucareros con $0.2 \times 10^9 \text{ m}^3$. Identificando los productos específicos que más requerimiento de agua tendrían en el caso de ser producidos en el Perú, son el trigo con $6.6 \times 10^9 \text{ m}^3$, el maíz con $3.5 \times 10^9 \text{ m}^3$ estos dos productos equivalen al 49% del total.

Figura 15: Requerimiento de agua azul y verde en metro cúbicos, Año 2015



Fuente: Elaboración propia en base a FAO (2020b) y fuentes de información de Tabla 4

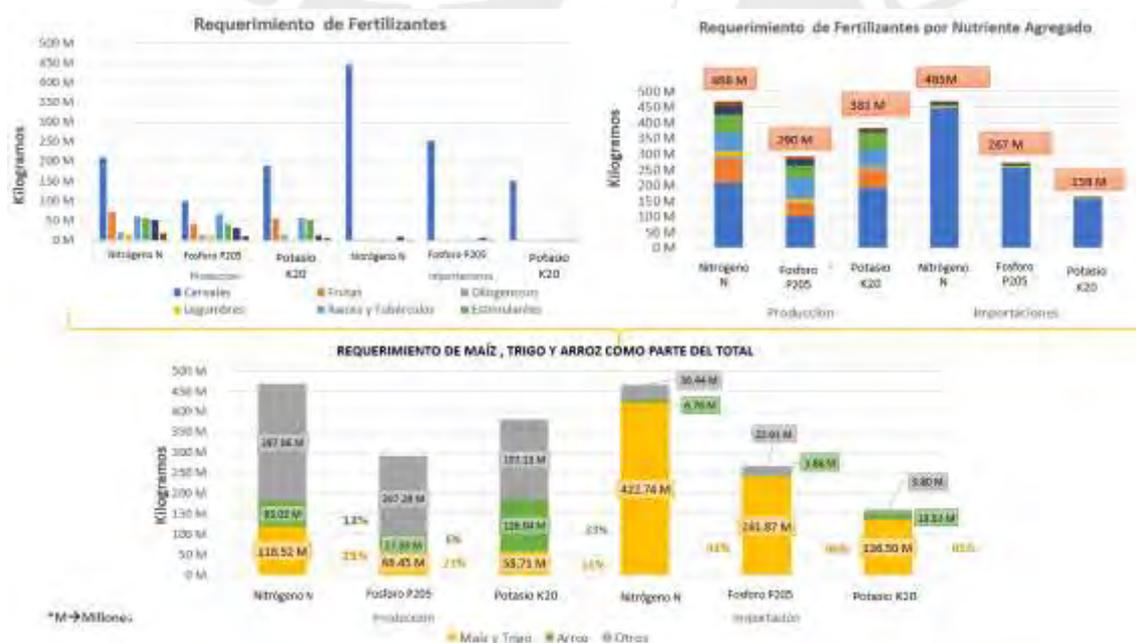
En la Figura 16a se muestra el uso de fertilizantes por tipo de nutrientes en kilogramos. Se observa claramente que el requerimiento de fertilizantes en el grupo de cereales es el más alto, tanto para la producción local e importaciones. En la producción local, el grupo de cereales tiene un requerimiento de 209×10^6 kg de nitrógeno, 99×10^6 kg de fosfato y 190×10^6 kg de potasio. Los dos productos específicos que tienen estos altos requerimientos son: el maíz con 85×10^6 kg de Nitrógeno, 47.2×10^6 kg de fosfato y 52.4×10^6 kg de potasio; y el arroz con 63×10^6 kg de nitrógeno, 17×10^6 kg de fosfato, 126×10^6 kg de potasio. Los siguientes grupos son frutas y raíces y tubérculos que a diferencia del anterior tiene requerimientos de nutrientes de fertilizantes muy inferiores a los de los cereales. Por ejemplo, en el caso de las frutas el requerimiento de nitrógeno es de 72×10^6 kg, fosfato 40×10^6 kg y potasio 57×10^6 kg. Se puede observar como el requerimiento por el grupo cereales es de tres a cuatro veces más alto que el del resto de grupos.

A pesar de que en términos de producción primaria la cantidad de alimentos importados es menos de la mitad que la producción primaria local, la relación entre el requerimiento de fertilizantes entre la producción y la importación es de

1.3 veces. Tal como se observa en la Figura 16b, el mayor demandante son los cereales en la importación (446×10^6 kg de nitrógeno, 252×10^6 kg de fosfato y 150×10^6 kg de potasio). El más alto requerimiento corresponde al maíz (132×10^6 kg de nitrógeno, 73×10^6 kg de fosfato, 80×10^6 kg potasio) y al trigo (290×10^6 kg de nitrógeno, 168×10^6 kg de fosfato y 55×10^6 kg de potasio). Si observamos el porcentaje del total al que equivalen estos dos productos en conjunto tenemos que son el 91% del total de nitrógeno, el 90% del total de fosfato y el 85% del total de potasio.

Por lo tanto, la presión que es liberada a otros sistemas externos productos de los fertilizantes son considerables y nos brinda una idea de lo difícil y complejo que sería reducir las importaciones mediante la producción local. La importación en el grupo de cereales representa una importante liberación de esta presión sobre los agroecosistemas locales.

Figura 16: Requerimiento de Fertilizantes por Nutrientes (Kg) Año 2015



Fuente: Elaboración propia en base a FAO (2020b) y fuentes de información de Tabla 4

b) Exportaciones

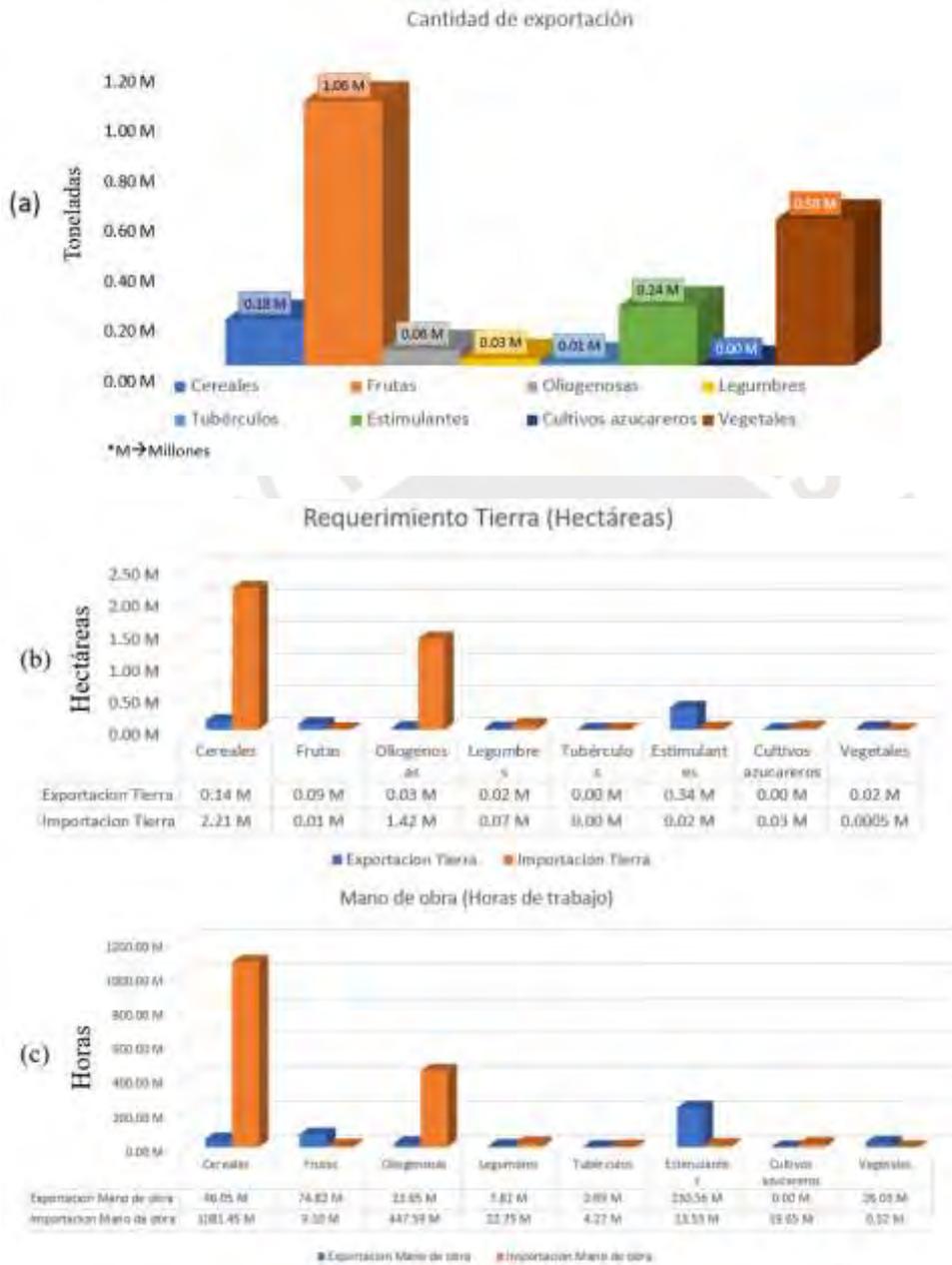
En la Figura 17a se muestran las cantidades exportadas por grupos de productos. Se identifican 3 grupos principales: frutas con 1.06 millones de toneladas, vegetales con 580 mil toneladas y estimulantes con 240 mil toneladas.

Dentro del grupo de las frutas, los productos específicos más exportados son: las uvas (310 mil toneladas), las bananas (190 mil toneladas), un mix de frutas entre las que destacan las fresas, bayas, arándanos, palta, etc. (400 mil toneladas), otras frutas con 160 mil toneladas. En vegetales los principales productos son: las cebollas (160 mil toneladas), un mix de vegetales en donde se encuentran los espárragos, rábano y nabos variados (370 mil toneladas) y otros con 47 mil toneladas. En estimulantes, los principales productos son: el café (180 mil toneladas) y el cacao (60 mil toneladas).

En la parte b y c del gráfico 18 se muestra los requerimientos de uso de tierra y de mano de obra de los grupos con mayor cantidad de productos exportados. El cálculo de estos elementos nos permiten encontrar los requerimientos que los sistemas externos ahorran en la importación de productos de origen peruano. El grupo estimulantes es el que mayor requerimiento tiene en dos elementos muy altos, la mano de obra y el requerimiento de tierra. El café requiere de 264 mil hectáreas y el cacao 78 mil hectáreas. Por el lado de la mano de obra el café requiere de 173 millones de horas de trabajo y la cocoa 56 millones de horas de trabajo.

Sin embargo, al comparar las relaciones entre exportación e importación de otros grupos como el de cereales y oleaginosas podemos observar la gran dependencia de sistemas externos. Ya que la relación exportación – importación en cereales es mucho mayor no solo en relación exportación-importación sino en magnitud de requerimientos, tanto en mano de obra y en tierra.

Figura 17: Exportaciones por grupos de alimentos, tierra y horas de trabajo



Fuente: Elaboración propia en base a FAO (2020b) y fuentes de información de Tabla 4

3.2 Modo simulación

Tal como se comentó en la Metodología, el MuSIASEM también permite desarrollar escenarios. Como ejemplo, se plantean tres escenarios futuros orientados a evaluar la demanda de carne de pollo. En la Figura 18 se formulan la situación actual y los tres escenarios. En la situación actual (Año de Referencia 2015), la población es de 30.7 millones de personas que tienen un consumo promedio de carne de pollo de 34 kg/persona/año, tomando en consideración que para producir un 1 kg de carne de pollo se requieren 2.6 kg de maíz y que el rendimiento de este insumo es de 3.4 toneladas/ha. Entonces, se requieren aproximadamente 792 mil hectáreas.

Analizando los posibles escenarios:

En el “caso N°1” se consideró el crecimiento poblacional para el 2030 y manteniendo el mismo consumo. Según las proyecciones del INEI(2001), la población para ese año será de 35 millones de personas. Realizando el mismo cálculo de la situación actual resulta que se requieren 910 mil hectáreas, esto es, en 10 años será necesario incrementar 117 mil hectáreas que equivale a un aumento de 15%. Téngase como dato que se considera un *ceteris paribus* en el resto de las variables.

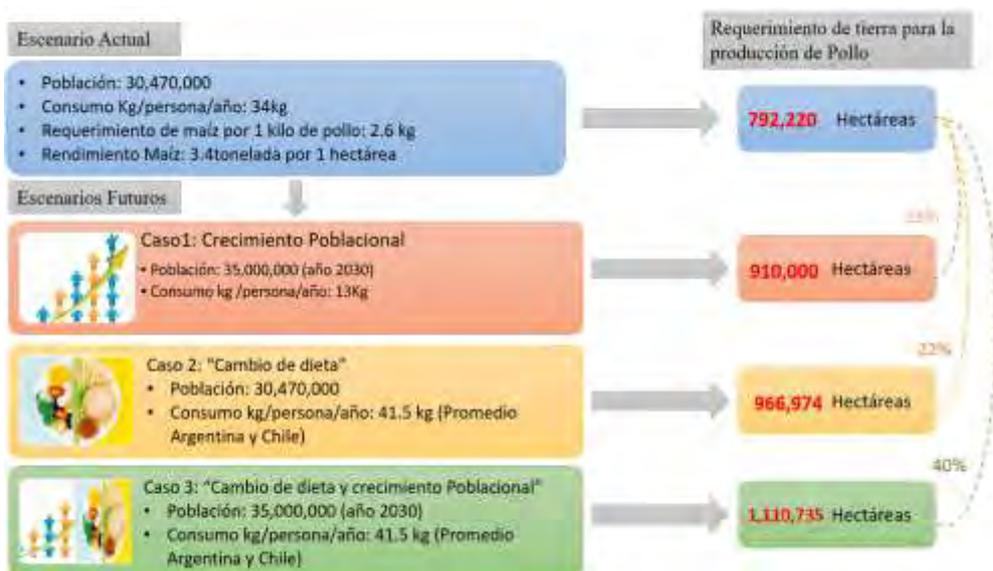
En el “caso N°2” se consideró un cambio de dieta aplicando el consumo de dos países cercanos, Chile y Argentina que tienen un consumo de 41.5 kg/persona/año promedio, manteniendo la población constante. Los resultados indican un requerimiento de 966 mil hectáreas para el cultivo de maíz que significaría un aumento de 22% el requerimiento del escenario actual.

Finalmente, para el “caso N°3” se utiliza ambos supuestos: el cambio de dieta y el crecimiento poblacional. Por lo tanto, para una población de 35 millones de habitantes y un aumento del consumo a 41.5 kg de pollo. El requerimiento sería de 1,110,735 mil hectáreas para el cultivo de maíz que significa un aumento de 318 mil hectáreas al requerimiento del escenario actual.

Aunque este ejercicio solo incluyó el elemento tierra, también se puede aplicar a los demás insumos (labor, agua, fertilizantes, etc.), teniendo así una imagen panorámica de la situación. Incluso, el sistema de contabilidad del MuSIASEM

permite cambiar otras variables, tales como mejoras en el rendimiento, implementación de maquinarias, etc.

Figura 18: Escenarios Futuros



Fuente: Elaboración propia en base a FAO (2020b) y fuentes de información de Tabla 4

4. Discusión

4.1 Sobre la metodología

Los resultados ilustran el tipo de información que se puede capturar con la metodología del MuSIASEM, generando múltiple información integrada en diferentes escalas y dimensiones. Una ventaja del manejo de información utilizando la gramática de los alimentos es que, a diferencia de la información presentada en los balances alimentarios, se hace un análisis de la sostenibilidad del sistema alimentario del Perú. Los balances brindan información importante sobre las características del país con respecto a su producción e importación, requerimiento interno y usos finales, sin embargo, usando esta información dentro de la metodología de contabilidad MuSIASEM, se pueden identificar características de los distintos sistemas de producción de los productos agrícolas. Se puede identificar los requerimientos de recursos naturales, humanos y la presión e impacto que el sistema objeto de estudio ejerce sobre el sistema socioecológico local y externos.

Otra ventaja del MuSIASEM es que permite trabajar con posibles escenarios futuros contrastando así lo que se desea y lo que se puede hacer. La contabilidad biofísica genera descripciones del estado del sistema, por lo que proporciona los elementos necesarios para explorar las posibles consecuencias de las acciones de política que se puedan tomar. Es así como, el MuSIASEM se puede utilizar para complementar el análisis económico al verificar las narrativas propuestas en términos de su factibilidad y viabilidad biofísica.

La versatilidad del MuSIASEM es que permite establecer información de diferentes dominios descriptivos: Por ejemplo, los orientados a la nutrición, kg alimento/persona/año, energía calórica/persona/año. Aunque en este estudio no se realizó, también se puede desagregar esta información por criterios geográficos, sociales y económicos. Los orientados a evaluar la autosuficiencia que definen el grado de dependencia del comercio exterior, los orientados a evaluar la presión ambiental, tales como la tierra/hectárea, agua/hectárea, fertilizante/hectárea y, los orientados a evaluar la capacidad del sistema, por ejemplo, horas de trabajo/hectárea, etc. En definitiva, permite identificar variables extensivas e intensivas que en conjunto proporcionan marco idóneo para la toma de decisiones.

4.2 Sobre el caso del Perú

Según FAO (2020d) la demanda mundial de productos agrícolas crecerá un 15 por ciento en la próxima década. Las perspectivas prevén que las mejoras de los rendimientos y una mayor intensidad de producción, impulsadas por la innovación tecnológica, permitirán una mayor producción, aun cuando el uso de las tierras agrícolas a nivel mundial permanezca constante. Por otro lado, investigaciones sugieren que la demanda futura de alimentos no podrá ser suplida por la producción (Ray et al., 2013; Tilman et al., 2011), siendo un posible foco de conflictos entre países que necesitan garantizar su estabilidad socioeconómica. ¿cuál será la situación del Perú en el futuro?

En todo el mundo, se prevé que el uso de cereales para la alimentación aumente en 150 millones de toneladas durante el período 2020-2029, esto significa un incremento del 13 %, sobre todo debido al arroz y el trigo. El principal motivo de esta alza proyectado en el uso de alimentos básicos es el crecimiento

demográfico. En el caso del Perú, el INEI proyecta que la población en el Perú para 2029 sería de 35 millones de habitantes y para el 2050 llegaría a los 40 millones. Como se vio en los resultados, los productos del grupo cereales son los que menos autosuficiencia tienen y los que más se requerirán en un futuro. Si la demanda interna llevara a incentivar la producción local de cereales, hemos visto gracias a los procesadores, que obtener los requerimientos necesarios podrían ser limitantes. Por ejemplos: de mano de obra, tierra necesaria, agua necesaria, etc.

Los cereales siguen siendo con gran diferencia la fuente de alimentos más importante del mundo, tanto para el consumo humano directo como, de una manera indirecta, para los insumos de la producción pecuaria. Por tanto, lo que suceda en el sector de los cereales será crucial para el análisis del sistema alimentario peruano. Como vimos en los resultados, la importación de los cereales está en aumento y la dependencia para la estabilidad de nuestro sistema es muy alta, el Perú aumenta sus requerimientos tanto como los demás países. La pregunta es ¿En qué situación estará en el Perú ante un escenario en que los recursos sean limitados y la demanda internacional sea cada vez mayor? Tal como se pretende demostrar en este estudio, tomar decisiones políticas implica no solo guiarse de unos pocos indicadores económicos, sino también de indicadores biofísicos. Por ejemplo, aunque en la mayoría de los grupos alimentarios el nivel de autosuficiencia sea considerado alto, no siempre refleja la realidad. Por ejemplo, la producción de alimentos requiere de insumos sintéticos (fertilizantes y pesticidas), los cuales no se producen en el país. Incluso alguno de ellos será cada vez más limitado. Por ejemplo, la roca fosfórica que se utiliza para producir fertilizantes es un recurso no renovable y las reservas se concentran en Marruecos y China. Cooper et al. (2011) señalan que Marruecos con el 77% de las reservas mundiales tendrá para el 2100 mucha influencia sobre el control de los precios, debido a la mayor demanda y escasez de oferta.

De la misma manera, mejorar la autosuficiencia alimentaria implicará, tal como se ha visto en los resultados, incrementar la mano de obra, la cual está en estos momentos abandonadas por el gobierno. La alternativa podría ser tecnificar la producción. No obstante, eso implicaría aumentar la inversión energética en la producción (combustibles), que al largo plazo tampoco es una alternativa, porque

encarecería los precios y empeoraría la accesibilidad a los alimentos de los más pobres.

La característica principal de los grandes países exportadores es la especialización en algún producto determinado. Sin embargo, muchas veces los logros mundiales en la producción en algunas regiones se han asociado con la degradación de los recursos hídricos y de la tierra, y el deterioro de los bienes y servicios de los ecosistemas relacionados. Además en el contexto local como es el caso de Perú, un país en vías de desarrollo, las políticas agrícolas han beneficiado principalmente a los agricultores con grandes tierras productivas y fácil acceso al agua, pasando por alto a la mayoría de los pequeños productores, que todavía están atrapados en la pobreza y con alta vulnerabilidad a la incertidumbre medioambiental (FAO, 2011).

¿Cuál es la situación de los pequeños agricultores del cual depende la seguridad del sistema alimentario? Según estadísticas de INEI, el crecimiento económico ha permitido que un gran número de peruanos dejen los niveles de pobreza. En el Anexo 3 se muestra una serie de gráficos que indican como la pobreza ha disminuido notablemente en los últimos años. Adicionalmente, se puede apreciar como esto va acompañado de una disminución de la población rural, que migran a las ciudades por un mejor bienestar económico. Como resultado, la pobreza en el Perú continúa afectando mayoritariamente a la población rural. Al igual que con los niveles más altos de pobreza, los indicadores de desarrollo humano son más bajos en las zonas rurales; por ejemplo, los índices de mortalidad infantil y desnutrición infantil son alrededor del doble de los que se registran en zonas urbanas, y los resultados educativos son significativamente más bajos (Banco Mundial, 2017). En los resultados con respecto al uso de mano de obra se observan las dificultades que implicaría un aumento del requerimiento de mano de obra, no solo para el caso de la mejora de autosuficiencia sino también en el caso que aumente la demanda de algún grupo de alimentos. Por lo tanto, evaluar anticipadamente los problemas que podrían existir debido a la disminución de la población rural (Anexo 3) y la necesidad de producir más alimentos podría ser un buen indicador para la toma de políticas de apoyo y estructuración del sector agrícola. Una característica interesante en los países en vías en desarrollo es que sigue la tendencia de los países desarrollados,

donde la agricultura tienen menos participación en el PBI y el empleo. Esto se puede observar en el gráfico del Anexo 3, donde el sector agrícola solo da un aporte de menos del 10% a la totalidad del PBI nacional.

En Perú existen una serie de programas de protección social en las áreas rurales, por ejemplo; Programa Juntos, Programa de empleo Juvenil, Programa de Educación en Áreas Rurales (PEAR), Análisis del Programa Integral de Nutrición (PIN), etc., sin embargo, los programas de protección social por sí solos no pueden reducir la pobreza y el hambre de manera adecuada. La agricultura y la protección social se encuentran vinculadas con los medios de vida rurales. Las familias pobres y en situación de inseguridad alimentaria dependerán fundamentalmente de la agricultura para sus medios de vida y suponen una gran proporción de los beneficiarios de los programas de protección social. Una mayor conexión entre la agricultura y las políticas de protección social puede ayudar a proteger el bienestar de los agricultores pobres en pequeña escala, ayudándolos a gestionar los riesgos con mayor eficacia y a mejorar la productividad agrícola, lo que conducirá a unos medios de vida más sostenibles y a un progreso que permita salir de la pobreza y el hambre. Complementario a esto las políticas agrícolas, como las subvenciones a los insumos y al crédito pueden también beneficiar a los hogares pobres y mejorar la productividad (FAO, 2015).

Con respecto al análisis de los sistemas alimentarios como se pudo ver en los resultados, se ha podido identificar grupos de productos que presentan características de vulnerabilidad a los factores externos. El grupo cereales es el caso que más impacto tiene en los requerimientos encontrados en los procesadores. El presente artículo no busca promover o incentivar la autosuficiencia total de los grupos sino de entender la naturaleza de sistema peruano y de otros sistemas con los que tenemos una íntegra relación. Por ejemplo, la liberación de presión al nuestro sistema mediante las importaciones se puede ver claramente en los fertilizantes, el requerimiento de mano de obra, el uso de agua y el requerimiento de tierra.

La producción de cereales es intensiva en el uso de fertilizantes, utilizando 200 millones de kg de fertilizantes del tipo nitrogenado a nivel local, y consiguiendo un ahorro de 465 millones de kg de fertilizante. En muchos casos la aplicación de pesticidas por la necesidad de proteger cultivos lleva a malos usos donde se

aplican indiscriminadamente, sin una guía adecuada, sin tomar en cuenta la toxicidad del producto y llevan a la contaminar por residuos químicos los cultivos con consecuencia en el suelo, aire y agua (Castillo et al., 2020; Delgado-Zegarra et al., 2018). La contaminación de las aguas subterráneas por los productos y residuos agroquímicos es uno de los problemas más importante en la agricultura. Esta contaminación se produce cuando éstos se utilizan en mayor cantidad de la que pueden absorber los cultivos, o cuando se eliminan por acción del agua o del viento antes de que puedan ser absorbidos permitiendo que los excesos de nitrógeno pueden infiltrarse en las aguas subterráneas. Ocurre algo similar con Insecticidas, herbicidas y fungicidas lo que al aplicarse intensamente provoca la contaminación del agua y además debido a los tóxicos que contienen afectan al ser humano y a muchas formas de vida silvestre al punto de que también reducen la biodiversidad, destruyendo hierbas e insectos los cuales son alimentos para distintos a pájaros y otros animales. Por lo tanto, con respecto al uso de estos elementos se requieren mejores mecanismos de regulación de su uso por las múltiples consecuencias que tiene a la salud de los consumidores, los agricultores, y la biodiversidad. En definitiva, se hace importante realizar planes adecuados que permitan formar y educar a los trabajadores para un correcto uso y así dañar lo menos posible el ambiente.

Con respecto al requerimiento de agua este también muestra un comportamiento muy interesante. Los productos locales tienen un requerimiento de agua verde o agua de lluvia mayor al de agua azul o superficiales y subterráneas. Este requerimiento muy alto de agua de lluvia pone en dependencia al sector agrícola de este fenómeno meteorológico que, debido al cambio climático, puede presentar cambios en los patrones de ocurrencia. Como se vio en la Figura 15 se requerían $16 \times 10^3 \text{ m}^3$ de agua verde para poder producir localmente los productos importados. Lo que significa que se requeriría el doble de agua de lluvia para poder lograr una autosuficiencia en el grupo de cereales. En el Perú a lo largo de los años han existido sequías que han afectado distintos cultivos con pérdidas económicas muy altas y creando situación de crisis en las poblaciones vulnerables rurales (SENAMHI, 2019). ¿Sería viable depender de un recurso del que no tenemos control?

Para este caso como hemos podido identificar la principal vulnerabilidad sería la extrema dependencia del agua de la lluvia, una recomendación sería utilizar una planificación pertinente para el uso del agua que involucre, por ejemplo, promover métodos de irrigación, construcción de presas para poder acumular el agua de la lluvia en diferentes zonas y utilizarlas en épocas de sequía. Otra medida para enfrentar este problema sería la agricultura de regadío, sin embargo, el coste de la agricultura de regadío es muy alto, debido a que requiere la creación de infraestructura adecuada para cada tipo de cultivo y sus necesidades. Los sistemas más utilizados para los métodos de regadío son los canales, los pozos, las tuberías, etc. Estas medidas no son tarea fácil, ya que requieren de largas inversiones y planeamientos para su utilización y distribución eficaz. Por lo tanto, si se quiere generar un impacto en la población rural las políticas deben estar orientadas a permitir la mejora de la productividad de los pequeños agricultores.

La producción agrícola está limitada por factores ambientales, como las condiciones climáticas, la disponibilidad de suelo, de agua, y por factores sociales, como la mano de obra, productividad local, tecnología. ¿Será posible que estos elementos aumenten su disponibilidad al ritmo de la demanda de alimentos por la población? En los tres escenarios vistos en los resultados, se mostró la vulnerabilidad indirecta del consumo de pollo. Los resultados indican que para los distintos escenarios que podrían darse en los próximos años se necesitaría duplicar y hasta triplicar el uso de tierra.

5. Conclusiones:

En el sistema estudiado, gracias al análisis desde múltiples dimensiones, se identificó una serie de problemas en el sistema alimentario con dificultades y vulnerabilidades para su funcionamiento. Por lo tanto, la identificación de la naturaleza del sistema permite orientar distintas políticas para el manejo correcto de su funcionamiento y para poder garantizar el suministro de alimento correcto, la protección de las poblaciones vulnerables y la mantención del ambiente de tal forma que pueda ser viable el funcionamiento.

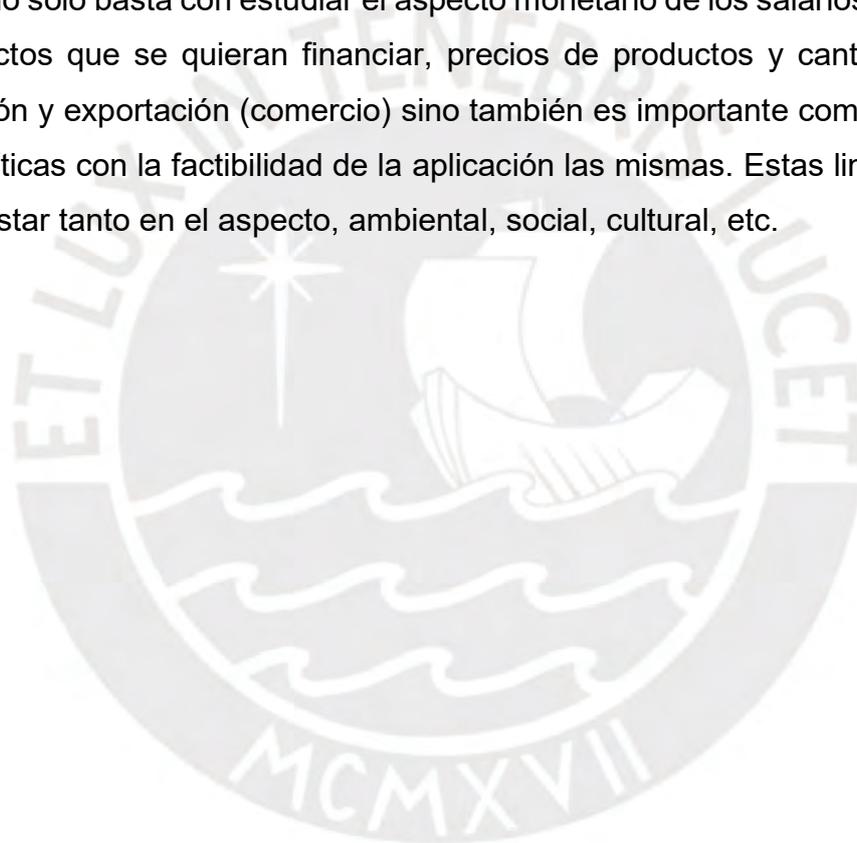
La dependencia en el grupo cereales de las importaciones ha aumentado en los últimos años y se ha posicionado como un factor clave en el estudio de la sostenibilidad y la seguridad del sistema alimentario. Este trabajo demuestra como el uso de la herramienta del MuSIASEM permite evitar el análisis de un sistema basado en el uso de herramientas e indicadores reduccionistas y limitadas que no son capaces de manejar el análisis de sistemas complejos de manera completa e integral. Esta forma de concebir los sistemas para que sean estudiados como parte y todo al mismo tiempo es el concepto de percepción holística que la metodología permite. Esta percepción logra un análisis capaz de tratar el problema desde múltiples perspectivas y con resultados orientados a mejorar y ayudar al grupo de agentes que lo necesite.

En el estudio se mostró que es posible integrar tres perspectivas gracias al uso de la gramática de los alimentos permitiendo así el análisis de: la perspectiva interna mostrando la calidad de las dietas y los distintos usos finales de los productos, la perspectiva externa donde se observó la presión ambiental generada en los sistemas y la perspectiva de interfaz con el análisis de la autosuficiencia de los alimentos. Estas tres perspectivas tienen relación con la situación del sistema social, económico, y ecológico al momento de tomar políticas para el sector.

Por lo tanto, uno de los fines de este trabajo es motivar la implementación de este tipo de metodologías por entidades gubernamentales, debido a su flexibilidad como sistema de contabilidad biofísica y su utilidad. Pero ello requiere la recopilación de datos adecuados para que se puede hacer una aproximación más específica, por ejemplo, para regiones, ciudades, etc.

Finalmente, la visión que tiene el uso de MuSIASEM desde la economía ecológica no es alejarse de la económica convencional y de los modelos económicos, al contrario, esta visión permite un trabajo conjunto aprovechando los múltiples aportes de los modelos económicos y también de la gramática de MuSIASEM. De este modo, se obtiene información más pertinente para la toma de decisiones y la elaboración de políticas más cercana a la realidad biofísica.

Cuando se analiza un sistema económico solo desde el punto de vista económico monetario no se abordan la mayoría de estos temas limitantes. Por dar un ejemplo, si se quisiera aplicar una política de desarrollo de empleo agrícola no solo basta con estudiar el aspecto monetario de los salarios, elección de productos que se quieran financiar, precios de productos y cantidades de importación y exportación (comercio) sino también es importante complementar estas políticas con la factibilidad de la aplicación las mismas. Estas limitaciones pueden estar tanto en el aspecto, ambiental, social, cultural, etc.



6. Bibliografía

- Banco Mundial. (2017). Tomando impulso en la agricultura peruana: Oportunidades para aumentar la productividad y mejorar la competitividad del sector. *Práctica Global de Agricultura Práctica Global de Medio Ambiente, Primera ed*(2017), 224.
- Banco Mundial. (2019, September). *Medio ambiente*.
<https://www.bancomundial.org/es/topic/environment/overview>
- Bennett, M. K. (1941). *International Contrasts in Food Consumption*. 31(3), 365–376.
- Cabezas-Zabala, C. C., Hernández-Torres, B. C., & Vargas-Zárate, M. (2016). Sugars added in food: Health effects and global regulation. *Revista Facultad de Medicina*, 64(2), 319–329.
<https://doi.org/10.15446/revfacmed.v64n2.52143>
- Cadillo-Benalcazar, J. J. (2015). *El uso de la gramática del MuSIASEM para el análisis cuantitativo de la sostenibilidad de los sistemas alimentarios*.
- Cadillo-Benalcazar, J. J., Renner, A., & Giampietro, M. (2020). A multiscale integrated analysis of the factors characterizing the sustainability of food systems in Europe. *Journal of Environmental Management*, 271(March).
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110944>
- Castillo, B., Ruiz, ;, Jose O, Manrique, ;, Manuel A L, Pozo, & Carlos. (2020). Contamination by agricultural pesticides in crop fields in Cañete Contenido. *Issn*, 41(10).
- CEPAL. (2016). *La extracción mundial de materiales se triplicó en cuatro décadas y agudiza el cambio climático y la contaminación atmosférica*.
<https://www.cepal.org/es/comunicados/la-extraccion-mundial-materiales-se-triplico-cuatro-decadas-agudiza-cambio-climatico-la>
- Cooper, J., Lombardi, R., Boardman, D., & Carliell-Marquet, C. (2011). The future distribution and production of global phosphate rock reserves. *Resources, Conservation and Recycling*, 57, 78–86.
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2011.09.009>
- Delgado-Zegarra, J., Alvarez-Risco, A., & Yáñez, J. A. (2018). Indiscriminate use of pesticides and lack of sanitary control in the domestic market in Peru. *Revista Panamericana de Salud Publica/Pan American Journal of Public Health*, 42, 1–6. <https://doi.org/10.26633/RPSP.2018.3>
- EAT-Lancet. (2018). *Dietas saludables a partir de sistemas alimentarios sostenibles Alimentos Planeta Salud*. 32.
<https://doi.org/10.4060/ca6640es%0ALas>
- FAO. (n.d.). *APPLICATIONS AND USES FOR FOOD BALANCE SHEETS DATA*. Retrieved November 1, 2020, from <http://www.fao.org/3/x9892e/X9892e04.htm>
- FAO. (2000). *Technical Conversion Factors for Agricultural Commodities*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

- <http://www.fao.org/economic/the-statistics-division-ess/methodology/methodology-systems/technical-conversion-factors-for-agricultural-commodities/en/>
- FAO. (2001). Food balance sheets. *World Health Organization Regional Publications - European Series*, 34, 39–48.
- FAO. (2003). *La autosuficiencia de los países en desarrollo y las subvenciones que distorsionan el comercio*. 5–6. <http://www.fao.org/3/a-y4852s.pdf>
- FAO. (2011). The state of the world's land and water resources for food and agriculture (SOLAW) - Managing systems at risk. In *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. <http://www.fao.org/3/i1688e/i1688e03.pdf>
- FAO. (2014a). *El nexa Agua-Energía-Alimentos*. 28. <http://www.bivica.org/upload/agua-energia-alimentos-nexo.pdf>
- FAO. (2014b). *The Water-Energy-Food Nexus: A new approach in support of food security and sustainable agriculture*. https://doi.org/10.1007/978-981-13-3492-4_9
- FAO. (2015). El estado mundial de la agricultura y la alimentación. La protección social y la agricultura: romper el ciclo de la pobreza rural. In *Fao (Food and Agriculture Organization of the United Nations)*. <http://www.fao.org/3/a-i4910s.pdf>
- FAO. (2017). The future of food and agriculture: trends and challenges. In *The future of food and agriculture: trends and challenges* (Vol. 4, Issue 4). www.fao.org/publications%0Ahttp://www.fao.org/3/a-i6583e.pdf%0Ahttp://siteresources.worldbank.org/INTARD/825826-1111044795683/20424536/Ag_ed_Africa.pdf%0Awww.fao.org/cfs%0Ahttp://www.jstor.org/stable/4356839%0Ahttps://ediss.uni-goettingen.de/bitstream/han
- FAO. (2020a). *ESS Website ESS : FAOSTAT commodity list*. <http://www.fao.org/economic/ess/ess-standards/commodity/es/>
- FAO. (2020b). *FAOSTAT data*. <http://www.fao.org/faostat/en/#data>
- FAO. (2020c). *Sistemas alimentarios*. <http://www.fao.org/food-systems/es/>
- FAO. (2020d). *OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2020-2029*. OECD. <https://doi.org/10.1787/a0848ac0-es>
- FAO & OMS. (2020). Dietas saludables sostenibles. In *Dietas saludables sostenibles*. <https://doi.org/10.4060/ca6640es>
- Farrell, D. (2013). Función de las aves de corral en la nutrición humana. *Fao*, 1–2. <http://www.fao.org/3/a-al714s.pdf>
- Farrell, K. N. (2007). Living with living systems: The co-evolution of values and valuation. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 14(1), 14–26. <https://doi.org/10.1080/13504500709469704>
- Farrell, K. N., & Silva-Macher, J. C. (2017). Exploring Futures for Amazonia's Sierra del Divisor: An Environmental Valuation Triadics Approach to

- Analyzing Ecological Economic Decision Choices in the Context of Major Shifts in Boundary Conditions. *Ecological Economics*, 141, 166–179. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.04.015>
- Georgescu-Roegen, N. (1971). *LA LEY DE LA ENTROPÍA Y EL PROCESO ECONÓMICO*. http://www.elsarbresdefahrenheit.net/documentos/obras/2401/ficheros/La_ley_de_la_Entropia_y_el_proceso_econ_mico_red.pdf
- Giampietro, M. (2011). The Metabolic Pattern of Societies. In *The Metabolic Pattern of Societies*. <https://doi.org/10.4324/9780203635926>
- Giampietro, M., Allen, T. F. H., & Mayumi, K. (2006). The epistemological predicament associated with purposive quantitative analysis. *Ecological Complexity*, 3(4), 307–327. <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2007.02.005>
- Giampietro, M., Richard J. Aspinall, Sandra G.F. Bukkens, Benalcazar, J. C., Diaz-Maurin, F., Alessandro Flammini, Gomiero, T., Zora Kovacic, Madrid, C., Ramos-Martin, J., & Serrano-Tovar, T. (2013). *An Innovative Accounting Framework for the Food-Energy-Water Nexus*. <http://www.fao.org/docrep/019/i3468e/i3468e.pdf>
- GRADE. (2020). *De la pandemia a la crisis de alimentos en Perú*. <https://www.grade.org.pe/novedades/de-la-pandemia-a-la-crisis-de-alimentos-en-peru-por-eduardo-zegarria-via-ojo-publico/>
- Hedley, D. D. (2015). The Evolution of Agricultural Support Policy in Canada. *CAES Fellows Paper 2015-1*, 1–38.
- Hoekstra, A. Y., & Mekonnen, M. M. (2010). The Green, Blue and Grey Water Footprint of Crops and Derived Crop Products. Volume 1 : Main Report. *Value of Water Research Report Series No. 47*, 1(16), 80. <http://wfn.project-platforms.com/Reports/Report47-WaterFootprintCrops-Vol1.pdf>
- INEI. (2001). *PERU: ESTIMACIONES Y PROYECCIONES DE POBLACIÓN, 1950-2050 URBANA*. 1950–2050.
- INEI. (2012). *PERÚ Instituto Nacional de Estadística e Informática*. <http://inei.inei.gob.pe/microdatos/>
- Kooten, Van, G. C. (2018). Farm Programs and Agricultural Support in Canada. In *Department of Economics*.
- MAGIC Nexus Project. (2016). *MAGIC-NEXUS Project*. <https://magic-nexus.eu/videos>
- Mekonnen, M. M., & Hoekstra, A. Y. (2011). The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. *Hydrology and Earth System Sciences*, 15(5), 1577–1600. <https://doi.org/10.5194/hess-15-1577-2011>
- MINAGRI. (2020). *Costos de Producción de Principales Cultivos | Sistema Integrado de Estadísticas Agrarias*. <http://siea.minagri.gob.pe/siea/?q=costos-de-produccion/costos-de-produccion-de-principales-cultivos>

- MINAM. (2000). Capítulo 4: Causas de la deforestación. *Mapa de Deforestación de La Amazonía Peruana 2000*, 79–103.
- MINAM. (2015). *Problemas en la agricultura Peruana*. <https://www.minagri.gob.pe/portal/22-sector-agrario/vision-general/190-problemas-en-la-agricultura-peruana>
- Ministerio de agricultura y riego - MINAGRI. (2020). *Problemas en la agricultura Peruana*. <https://www.minagri.gob.pe/portal/22-sector-agrario/vision-general/190-problemas-en-la-agricultura-peruana?start=3>
- MINSA. (2019). *Guías alimentarias para la Población Peruana*. www.minsa.gob.pe
- Odum. (2000). *Modeling for all Scales: An introduction to System Simulation*.
- Odum, H. T. (2007). *Environment, Power, and Society for the Twenty-First Century*. Columbia University Press. <https://doi.org/10.7312/odum12886>
- OMS. (2015a). Nutrición. WHO. <http://www.who.int/topics/nutrition/es/>
- OMS. (2015b). OMS | *Ingesta de azúcares para adultos y niños*. http://www.who.int/nutrition/publications/guidelines/sugars_intake/es/
- OMS. (2016). *La OMS recomienda aplicar medidas en todo el mundo para reducir el consumo de bebidas azucaradas y sus consecuencias para la salud*. <https://www.who.int/es/news/item/11-10-2016-who-urges-global-action-to-curtailed-consumption-and-health-impacts-of-sugary-drinks>
- OMS. (2018, August 31). *Alimentación sana*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/healthy-diet>
- ONU. (2019a). *Growing at a slower pace, world population is expected to reach 9.7 billion in 2050 and could peak at nearly 11 billion around 2100*. <https://www.un.org/development/desa/en/news/population/world-population-prospects-2019.html>
- ONU. (2019b). *La ONU pide un replanteamiento económico urgente por el aumento acelerado de la explotación de recursos*. <https://www.unenvironment.org/es/noticias-y-reportajes/comunicado-de-prensa/la-onu-pide-un-replanteamiento-economico-urgente-por-el>
- OPS, & OMS. (n.d.). *Cadena de frío*. Retrieved December 10, 2020, from <https://www.paho.org/es/inmunización/cadena-frio>
- Pimentel, D., & Pimentel, M. (1982). Food, Energy and Society. In *The Journal of Applied Ecology* (Vol. 19, Issue 1). <https://doi.org/10.2307/2403018>
- Ray, D. K., Mueller, N. D., West, P. C., & Foley, J. A. (2013). Yield Trends Are Insufficient to Double Global Crop Production by 2050. *PLoS ONE*, 8(6), 66428. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0066428>
- Renner, A., Cadillo-Benalcazar, J. J., Benini, L., & Giampietro, M. (2020). Environmental pressure of the European agricultural system: Anticipating the biophysical consequences of internalization. *Ecosystem Services*, 46(May 2019). <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2020.101195>

- Rosen. (1977). *Complexity and System Descriptions*.
- SENAMHI. (2019). *Caracterización espacio temporal de la sequía en los departamentos altoandinos del Perú (1981-2018)*.
- Silva. (2015). A Metabolic Profile of Peru: An Application of Multi-Scale Integrated Analysis of Societal and Ecosystem Metabolism (MuSIASEM) to the Mining Sector's Exosomatic Energy Flows. *Journal of Industrial Ecology*.
- Silva Macher, J. C. (2016). Studies of social metabolism at the commodity frontiers of Peru. In *TDX (Tesis Doctorals en Xarxa)*.
<http://www.tdx.cat/handle/10803/400656>
- Tilman, D., Balzer, C., Hill, J., & Befort, B. L. (2011). *Global food demand and the sustainable intensification of agriculture*. 108(50), 20260–20264.
<https://doi.org/10.1073/pnas.1116437108>
- U.S. Grains. (2015). *Maíz de Estados Unidos - The U.S. Sustainability Alliance*.
<https://thesustainabilityalliance.us/es/maiz-de-estados-unidos/>
- U.S. Grains. (2020). *Maíz - América Latina*. <https://grains.org/Ita/buying-selling/maiz/>
- USDA. (2015). *Programas de la Agencia de Servicios Agrícolas*.
https://www.accu-chek.com.mx/mx/vida/%0Ahttp://www.who.int/hiv/FS_Prevention_Nov05_sp.pdf?ua=1
- World Food Summit. (1996). *World Food Summit - Final Report - Part 1*.
<http://www.fao.org/3/w3548e/w3548e00.htm>
- WWF. (2012). *El aumento del consumo y el incremento en el uso de recursos por una población creciente ponen una presión insostenible para nuestro planeta*. <https://wwf.panda.org/?unewsid=204748>
- WWF. (2020). Living planet report. In *A Banson Production,*
<http://www.ecoguinea.org/papers-development.html>

7. Anexos:

Anexo 1: Composición de tabla de balances alimentarios.

En la siguiente tabla se presenta la estructura de la hoja de balance de alimentos.

Tabla 5 : Formato de tabla de balances alimentarios.

POBLACION(MILLONES)											AÑO PROMEDIO				
Producto	Producción / Production		Comercio / Trade		Cambios en las existencias	Suministro interno	Utilización interna / Domestic utilization					Suministros por persona / Per capita consumption			
	Producción	Importaciones	Exportaciones	Stock Variation			Pienso	Semillas	Elaboración para Alimentación	Otro uso	Desperdicios	Alimentación	Suministro de alimento (kg/capita/yr)	Suministro de proteína (g/capita/day)	Suministro de grasa (g/capita/day)
Commodity	Production	Imports	Exports	Stock Variation	Domestic supply quantity	Feed	Seed	Processing	Other use	Waste	Food	Food supply quantity (kg/capita/yr)	Food supply (kg/capita/day)	Protein supply quantity (g/capita/day)	Fat supply quantity (g/capita/day)

Elaboración propia

Fuente:(FAO, 2020b)

Donde:

- Producción: Los datos de producción se refieren a lo producido durante el período de referencia. Incluyen toda la producción nacional.
- Importaciones y exportaciones: Las importaciones comprenden todas las entradas del producto en el país, Las exportaciones comprenden todas las salidas del producto del país.
- Cambios en las existencias: Estas cifras se refieren a las variaciones de las existencias durante el período de referencia entre la producción y la venta al por menor.
- Piensos: corresponden a los alimentos producidos en el país o importados suministrados al ganado durante el período de referencia.
- Semillas: Este grupo de datos incluye las cantidades de producto utilizadas durante el período de referencia con fines de reproducción, tales como semillas, caña de azúcar plantada, huevos para incubación.
- Elaboración: Elaboraciones para alimentación: comprenden las cantidades de producto utilizadas para la manufactura de productos elaborados que no se pueden convertir en sus productos primarios y Elaboraciones para usos no alimentarios: incluyen por ejemplo el aceite para jabón.

- Desperdicios: Esta columna comprende todos los desperdicios que ocurren entre el momento en que se registra la producción y la venta al por menor. Incluyen los desperdicios que se originan durante la elaboración, el almacenamiento y el transporte.
- Alimentación: Esta columna de la hoja de balance registra las cantidades de productos disponibles para el consumo humano durante el período de referencia
- Suministro por persona: comprende una estimación del suministro de alimentos por persona disponibles para el consumo humano durante el período de referencia en términos de: a) cantidad y b) valor calórico y contenido de proteínas y grasas.



Anexo 2: Porcentaje de Importación trigo y maíz de principales países.

Tabla 6: Porcentaje de importación de trigo por países.

Año	Argentina	Canadá	Estados Unidos de América	Rusia
1990	53%	6%	41%	0%
1991	74%	22%	4%	0%
1992	50%	9%	41%	0%
1993	65%	13%	22%	0%
1994	49%	13%	37%	0%
1995	50%	10%	40%	0%
1996	12%	18%	70%	0%
1997	28%	49%	24%	0%
1998	25%	39%	36%	0%
1999	18%	26%	56%	0%
2000	36%	40%	24%	0%
2001	35%	26%	39%	0%
2002	36%	23%	40%	0%
2003	16%	15%	60%	10%
2004	14%	24%	62%	0%
2005	36%	24%	40%	0%
2006	40%	48%	12%	0%
2007	32%	28%	40%	0%
2008	47%	21%	27%	5%
2009	25%	40%	25%	9%
2010	6%	46%	46%	2%
2011	6%	31%	56%	6%
2012	45%	32%	15%	8%
2013	9%	41%	36%	14%
2014	0%	68%	19%	13%
2015	0%	73%	21%	5%
2016	0%	70%	21%	8%
2017	11%	62%	21%	6%
2018	19%	67%	8%	6%

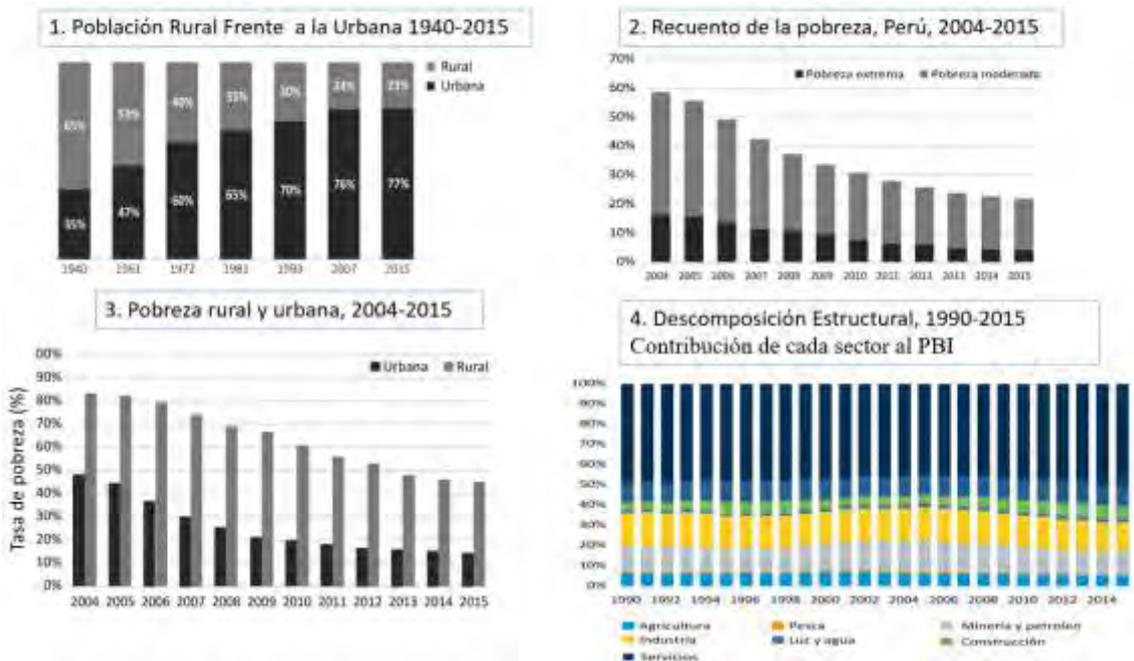
Fuente: Matriz de comercio FAOSTAT

Tabla 7: Porcentaje de importación de maíz por países.

Año	Argentina	Brasil	Estados Unidos de América
1990	24%	0%	76%
1991	62%	0%	38%
1992	65%	0%	35%
1993	78%	0%	22%
1994	69%	0%	31%
1995	40%	0%	60%
1996	47%	0%	53%
1997	78%	6%	16%
1998	69%	0%	31%
1999	36%	0%	64%
2000	67%	0%	33%
2001	74%	0%	26%
2002	79%	0%	21%
2003	97%	0%	3%
2004	78%	0%	22%
2005	84%	0%	16%
2006	72%	0%	28%
2007	72%	0%	27%
2008	80%	4%	16%
2009	53%	4%	43%
2010	61%	3%	36%
2011	87%	9%	4%
2012	85%	15%	0%
2013	79%	8%	13%
2014	26%	0%	74%
2015	14%	1%	84%
2016	5%	0%	95%
2017	3%	0%	96%
2018	6%	0%	93%

Fuente: Matriz de comercio FAOSTAT

Anexo 3: Situación población rural (Porcentaje de población total)



Fuente: Banco Mundial (2017)

